

MÁRCIO EMILIO CASTELLÓN DIAZ

Evolução e Aplicação de Modelos Matemáticos  
para o Cálculo da Distância Média de Arraste  
em Florestas Nativas de *Pinus* spp.

Dissertação submetida à consideração da  
Comissão Examinadora, como requisito  
parcial para a obtenção do 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

1984

MÁRCIO EMILIO CASTELLÓN DIAZ

EVOLUÇÃO E APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS  
PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE  
EM FLORESTAS NATIVAS DE *Pinus* spp.

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial para a obtenção do 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

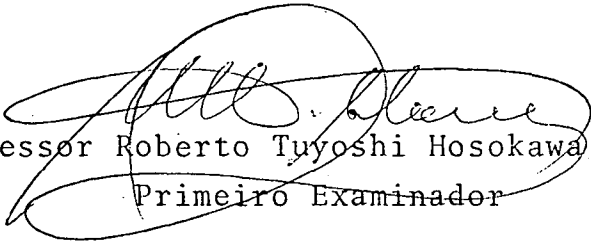
1984

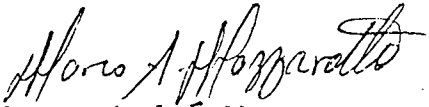


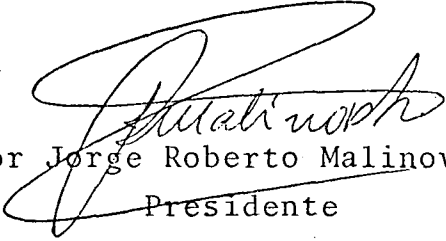
## PARECER

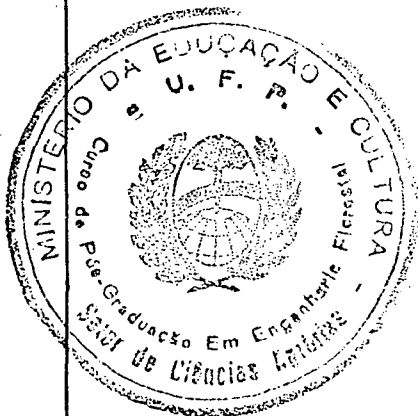
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato *Marcio Emilio Castellón Díaz*, sob o título "EVOLUÇÃO E APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE EM FLORESTA NATIVA DE *Pinus spp*" 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 *SILVICULTURA*, 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, 19 de julho de 1984

  
Professor Roberto Tsyoshi Hosokawa, DR.  
Primeiro Examinador

  
Professor Marco André Mazzarotto, M.Sc  
Segundo Examinador

  
Professor Jorge Roberto Malinovski, DR.  
Presidente



À minha mãe,

meu pai e

minha irmã

À minha mulher Juana Maria e aos meus filhos

Marcio Emilio e Omar Enrique

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Deixo agora de lado o mundo difícil das ciências para, de dentro de minha alma, tentar dizer em palavras o que o meu eu interior desde há muito sente: a minha eterna gratidão ao povo brasileiro.

Não é um simples agradecimento porque obtive algo de presente e portanto, alegre, alegre, eu agradeço. Não. Este agradecimento é de um ser que teve a graça de Deus de ser recebido, tratado e aceito por um povo, que não me conhecendo, deu-me o que mais um jovem ambicioso na conquista do saber, almeja: ser um cientista!

Se não sou ainda o cientista que um dia me propus na vida, sou, pelo menos, a estrutura de um, e devo isto, exclusivamente ao povo brasileiro.

Deus abençoe esta nação. Deus guarde esta gente tão sentimental e hospitaleira.

Obrigado, "meu" Brasil.

Desejo expressar meu eterno agradecimento ao Prof. Dr. Jorge Roberto Malinovski, M.Sc. Celso Carnieri, Prof. Dr. Attilio Antonio Disperati, pela certa orientação e valiosas sugestões apresentadas durante a realização desta pesquisa.

Aos professores do curso, pela colaboração, direta ou indireta, na elaboração deste esforço.

Aos funcionários e colegas da Escola de Florestas, pela ajuda recebida.

À Ines Rotta, pela datilografia do texto, correção e montagem do trabalho.

À Martha Vicenta Doblado Andara que dividiu e me apoiou na concretização deste trabalho.

À minha família, pela compreensão e estímulo transmitidos durante a ausência do meu lar.

## SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS .....	ix
	LISTA DE TABELAS .....	xi
	RESUMO .....	xiii
I	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
1.1	JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA .....	2
1.2	OBJETIVOS .....	4
II	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	6
2.1	IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL	6
2.2	FATORES QUE INFLUEM NO PLANEJAMENTO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL.	6
2.2.1	Fatores climáticos .....	11
2.2.2	Fatores biológicos e florestais .....	12
2.2.2.1	Volume das árvores .....	12
2.2.2.2	Povoamento .....	14
2.2.2.3	Fatores do solo e do terreno .....	15
2.2.2.4	Fatores sócio-econômicos .....	16
2.2.2.5	Fatores técnicos .....	18
2.3	MÉTODOS CONVENCIONAIS PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE .....	20
III	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> .....	61
3.1	LOCALIZAÇÃO E ESCOLHA DO LOCAL EM ESTUDO .....	61
3.2	TOPOGRAFIA, ACESSIBILIDADE DO LOCAL EM ESTUDO .....	66
3.3	DESCRIÇÃO DO MÉTODO CONVENCIONAL PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE ATRAVÉS DO MODELO DONNELLY.....	66

3.3.1	Restrições do modelo DONNELLY .....	76
IV	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	77
4.1	DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MODELOS PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE .....	77
4.2	DESCRIÇÃO DETALHADA DOS MODELOS .....	78
4.3	CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE ..	78
4.3.1	Modelo CARNIERI I .....	82
4.3.1.1	Restrições do modelo CARNIERI I .....	85
4.3.2	Modelo CARNIERI II .....	86
4.3.2.1	Restrições do modelo CARNIERI II .....	89
4.3.3	Modelo CASTELLÓN-DONNELLY .....	90
4.3.3.1	Restrições do modelo CASTELLÓN-DONNELLY .....	92
4.4	APLICAÇÃO PRÁTICA DOS MODELOS .....	93
4.5	SEQUÊNCIA INICIAL BÁSICA .....	94
4.6	APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO CARNIERI I .....	98
4.6.1	Discussão dos resultados do modelo CARNIERI I .....	101
4.7	APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO CARNIERI II .....	101
4.7.1	Discussão dos resultados do modelo CARNIERI II .....	103
4.8	APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY .....	104
4.8.1	Discussão dos resultados do modelo CASTELLÓN-DONNELLY.....	106
4.9	APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO DONNELLY .....	107
4.9.1	Discussão dos resultados do modelo DONNELLY .....	110
4.10	CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE EM FIGURAS DE GEOMETRIA CONHECIDA .....	112
V	<u>CONCLUSÕES</u> .....	116
VI	<u>RECOMENDAÇÕES</u> .....	120
	SUMMARY .....	123
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	125
	ANEXOS 1 - RESULTADO DAS ANÁLISES DO CÁLCULO DAS	



COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE E DAS APLICAÇÕES DOS MODELOS CARNIERI I, CARNIERI II, CASTELLÓN-DONNELLY E DONNELLY, NA REGIÃO "LA GERMANIA" .....	128
2 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA APLI- CAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY E AS EXPRESSÕES MATEMÁTICAS DE MAZZAROTTO PA- RA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE AR- RASTE EM FIGURAS DE FORMATO RETANGULAR E QUADRADO .....	154
3 - INSTRUÇÕES E LISTAGEM DE PROGRAMAS DA ANÁ- LISE PARA O CÁLCULO DAS COORDENADAS CAR- TESIANAS DO CENTRÓIDE PARA OS MODELOS CAR- NIERI I, CARNIERI II, CASTELLÓN-DONNELLY E DONNELLY, REALIZADOS COM UMA HP-41CV .	157
4 - ÁBACO CORRESPONDENTE AO CÁLCULO DO CUSTO DO ARRASTE EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE ES- TRADAS, VOLUME A EXTRAIR E FATOR DE FOR- MA "K" .....	171
5 - NÚMERO DE PONTOS NECESSÁRIOS PARA ESTI- MAR A DISTÂNCIA MAIS PRÓXIMA EM LINHA RETA A UMA ESTRADA, EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA ÁREA DE CORTE E DA MÉDIA ARITMÉTICA DAS DISTÂNCIAS MEDIDAS .....	173
BIOGRAFIA DO AUTOR .....	175

## LISTA DE FIGURAS

1 -	RELAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE ESTRADAS E A DENSIDADE DE ESTRADAS .....	29
2 -	VARIAÇÃO DAS DESPESAS DE EXTRAÇÃO CONFORME A DENSIDADE DAS ESTRADAS .....	31
3 -	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	35
4 -	DENSIDADE DAS ESTRADAS m/ha .....	41
5 -	DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS, EM FUNÇÃO DOS CUSTOS DE ESTRADAS "WK" E CUSTOS DE ARRASTE "RK" .....	45
6 -	OS PRINCIPAIS ELEMENTOS DE PRODUÇÃO DA ÁREA .....	47
7 -	ESQUEMA DA REDE VIÁRIA DAS PARCELAS .....	55
8 -	ABERTURA DE CORTE (CLAREIRAS) OBTIDA POR LEVANTAMENTO GEODÉSICO, APÓS IMPLANTAÇÃO DA REDE NAS PARCELAS ...	57
9 -	MAPA PLANI-ALTIMÉTRICO DA REGIÃO "LA GERMANIA" .....	62
10 -	ÁREA "LA GERMANIA", DIVIDIDA EM COMPARTIMENTOS DE MANEJO E EXPLORAÇÃO .....	65
11 -	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO DONNELLY .....	69
12 -	RESUMO DA APLICAÇÃO DA ANÁLISE PARA O CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE .....	81
13 -	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI I .....	83
14 -	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI II .....	88
15 -	APLICAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY .....	90
16 -	APLICAÇÃO GRÁFICA DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO COMPARTIMENTO L-356 .....	96

17 -	COMPARTIMENTO L-356 EVIDENCIANDO A LOCALIZAÇÃO DO CENTRÓIDE .....	98
18 -	APLICAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI I .....	99
19 -	APLICAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI II .....	102
20 -	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DO PERÍMETRO, SEGUNDO O MODE- LO DONNELLY .....	107
21 -	ÁREA DE CORTE EVIDENCIANDO OS CENTRÓIDES DOS RESPEC- TIVOS COMPARTIMENTOS, OBJETO DO ESTUDO .....	111

## LISTA DE TABELAS

1 -	VALORIZAÇÃO DO FATOR "K" .....	40
2 -	VALORES DE "K" EM FUNÇÃO DE "R" .....	42
3 -	RESULTADOS DO INVENTÁRIO FLORESTAL .....	63
4 -	RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS COORDENADAS DOS CENTRÓI- DES, ÁREAS E PERÍMETROS DOS COMPARTIMENTOS OBJETOS DO ESTUDO .....	94
5 -	COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTI- MENTO L-356 SEGUNDO A METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE .....	97
6 -	COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTI- MENTO L-356 NA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I .....	100
7 -	COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTI- MENTO L-356 NA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II .....	103
8 -	COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTI- MENTO L-356, SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY ...	105
9 -	COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTI- MENTO L-356, SEGUNDO O MODELO DONNELLY .....	108
10 -	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS, NA APLICAÇÃO DOS MODELOS PROPOSTOS, NA REGIÃO "LA GERMANIA" .....	110

## RESUMO

O presente trabalho consiste na introdução de novos conceitos para o cálculo, em termos geométricos, da distância média de arraste, sem considerar fatores e coeficientes normalmente utilizados na metodologia tradicional que envolve o referido cálculo.

São apresentados três modelos matemáticos que evoluíram da concepção matemática de um modelo considerado como convencional de uso quase desconhecido.

Os novos modelos matemáticos para o cálculo da distância média de arraste são aplicáveis para áreas estratificadas ou divididas em compartimentos segundo os critérios mais relevantes nos custos, independentemente do formato regular ou irregular da figura resultante.

Adicionado ao exposto anteriormente, é considerado a introdução de uma análise que determina, nos mesmos termos geométricos, o cálculo do ponto no qual as distâncias internas de arraste são otimizadas, isto é, a localização ideal do pátio de estocagem expresso em coordenadas cartesianas do centróide, aplicável para figuras de formato regular ou irregular.

Por definição, os três novos modelos matemáticos, para o cálculo da distância média de arraste, baseiam-se nas características do sistema de eixos cartesianos, nas propriedades geométricas das figuras tendo como ponto de referência para sua aplicação, as coordenadas cartesianas do centróide.

A utilização de tais modelos é demonstrada e considerada viável nas florestas nativas de *Pinus* spp. com notáveis vantagens com respeito aos métodos até agora conhecidos. Sua aplicação é simples, flexível e acessível, não requer conhecimentos profundos de matemática e sua utilização pode ser facilmente determinada através do uso de uma calculadora de bolso programável.

Equações para o cálculo da distância média de arraste foram aplicadas para setores circulares e para figuras circulares, comumente utilizadas no sistema de extração por cabos aéreos.

## I INTRODUÇÃO

A extração da madeira é uma atividade muito custosa que requer elevados recursos financeiros para efetua-la, principalmente nas florestas localizadas em zonas de topografia muito acidentada.

Muitas vezes as florestas economicamente aproveitáveis se encontram em zonas de difícil acesso e penetração, e para que a empresa florestal tenha êxito em seu empreendimento faz-se necessário uma minuciosa e adequada planificação de todas as tarefas exploratórias.

Tendo em vista que o arraste das toras é uma das etapas da exploração que tem um grande porcentual no custo total, pode-se dizer que esta atividade é uma das operações florestais mais importantes, assim, é necessário conhecer e aplicar as técnicas adequadas, tanto no planejamento como na execução desta atividade.

Porém, quando fala-se em planificação do arraste de toras, esbarra-se na pouca literatura à respeito. E um dos fatores mais importantes neste contexto é o cálculo da "distância média de arraste", que deve ser determinado de maneira consistente e confiável. Sendo que os atuais métodos para este cálculo não acompanharam a evolução tecnológica e as circunstâncias das florestas nativas hoje existentes; desta forma o que se encontra hoje são métodos empíricos e subjetivos que se baseiam em condições uniformes da floresta a explorar.

A distância ótima de extração está diretamente relacionada

com os meios de produção florestal e principalmente com a área dos compartimentos, em função de seu perímetro. Dado que o formato natural dos talhões ou compartimentos são normalmente irregulares, torna-se difícil o cálculo da "distância média de arraste" através dos métodos convencionais, o que influi sempre de maneira negativa nos custos totais de exploração.

"Se bem que a resolução do problema adquire distintas formas, segundo o seu input; o critério base pode resumir-se dizendo que: a extração é em essência um problema de transporte no qual devem combinar-se as diferentes alternativas, de maneira que se possa obter as máximas vantagens, isto é: obter-se custo mínimo de extração." (DE LA MAZA<sup>6</sup>, p. 205)

### 1.1 JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

Na atual planificação de áreas florestais a serem utilizadas, o cálculo da distância média de arraste se encontra ligado ao cálculo de figuras de geometria conhecidas ou em função das diversas redes de caminhos, ou ainda, à velocidades do meio de transporte, apresentando desta forma, resultados duvidosos e questionáveis, devido a não possuírem uma base sólida e confiável, pelo enorme número de fatores de influência, muitos dos quais não podendo ser controlados pelo homem.

À respeito, DE LA MAZA<sup>6</sup> reporta que a época do ano em que realiza-se a exploração tem uma notável influência nos custos. Esta influência será variável segundo a zona de aproveitamento. Os fatores climáticos e do terreno podem ser aspectos desfavoráveis, podendo tornar impossíveis as atividades da exploração, dependendo do momento em que se aborde o trabalho.

Segundo MACHADO<sup>20</sup>, o terreno e as condições climáticas afetam a exploração da madeira de modo muito diversificado. Um ponto pouco considerado, mas na prática é muito importante, é o in-



dice médio de pluviosidade da região.

Além dos problemas ambientais que influem na Exploração Florestal existem dificuldades no planejamento das operações de extração, especificamente no cálculo da distância média de arraste, quando as condições topográficas são irregulares.

O que, segundo MACHADO<sup>20</sup> estabelece, que "considerando-se que o declínio é acentuado, haverá necessidade de se aliviar o greide, aumentando-se a distância média de extração." O que se traduz num custo adicional não previsto no planejamento.

Quanto ao cálculo da distância média de arraste, os autores da bibliografia consultada abordam o tema sem chegar à um critério comum ou à uma solução satisfatória para ser aplicável na maioria dos casos, os quais são apresentados dia à dia nas explorações das florestas.

O problema da distância média de arraste poderá ser solucionado usando técnicas de Cálculo Integral, neste caso, "as equações que definem os contornos da área deverão ser perfeitamente definidas, matematicamente falando." (SUDDARTH e HERRICK, citados por DONNELLY<sup>8</sup>)

Tomando como exemplo as florestas naturais de Honduras, na atualidade, devido à utilização de técnicas de Exploração Florestal inadequadas no passado, a atividade diária da exploração é mais difícil do que anteriormente mencionado, devido ao fato que as florestas nativas de *pinus* spp. economicamente aproveitáveis, encontram-se compostas de talhões de diferentes idades e densidades; além disso, os compartimentos ou módulos de exploração são de forma irregular, o que produz maior dificuldade no cálculo da distância média de arraste, e também nos cálculos de custos de extração e transporte.

O cálculo da distância média de arraste é apresentado em forma de métodos por diferentes autores, os quais definem a aplicação destes métodos com diferentes graus de restrições na sua

metodologia.

## 1.2 OBJETIVOS

A presente dissertação tem os seguintes objetivos:

- a) Apresentar a evolução de novos modelos que venham de encontro com a realidade atual de nossas florestas nativas.
- b) Demonstrar que o cálculo da distância média de arraste está diretamente correlacionado com as características geométricas do compartimento ou talhão (perímetro, superfície) e topográficas da área a ser explorada, obtendo assim, uma aproximação mais real e consistente do resultado efetivo da distância média de arraste e sendo aplicável para casos tais como:
  - florestas que são estratificadas em função das condições topográficas e/ou densidade de volume;
  - florestas que possuem áreas de formato regular ou irregular.
- c) Introduzir uma análise para indicar em termos geométricos a localização ótima do pátio de estocagem, ou seja, a determinação de um ponto no qual as distâncias de arraste, dentro do talhão ou área de exploração, sejam otimizadas; tal determinação é proporcionada mediante coordenadas cartesianas, possibilitando:
  - facilidades para a respectiva localização destes pontos, no local da área de exploração;
  - cálculos das distâncias entre estaleiros ou pátios de estocagem, através da união de pontos, o que posteriormente poderia servir para obter uma rede viária trafegável.

- d) Apresentar uma análise suficientemente flexível para adaptá-la às diferentes circunstâncias, que seja acessível à qualquer profissional florestal; esta análise deve ser de fácil manipulação e aplicada através de uma calculadora de bolso programável.
- e) Equacionar o cálculo da distância média de arraste para áreas de figura de uso frequente na exploração florestal e cuja geometria seja conhecida.

## II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL

Devido à extensidade do tema e às diferentes condições em que efetua-se a Exploração Florestal apresenta-se a revisão da literatura que consistirá em fazer uma descrição dos problemas que, particularmente, o arraste de toras ou de árvores apresenta na atualidade. Sendo que a Exploração Florestal é extremamente complexa, devido ao grande número de variáveis afetando-a e à diversidade dos tipos florestais ecologicamente distribuídos nas diversas regiões do globo terrestre (MACHADO<sup>2º</sup>).

Porém, "os custos de exploração são usualmente o maior item no custo total dos produtos florestais; uma exploração eficiente e econômica é fundamental para um manejo florestal sustentado. Portanto, a exploração deverá ser PLANEJADA" (FORBES<sup>1º</sup>, pp.16-1)

### 2.2 FATORES QUE INFLUEM NO PLANEJAMENTO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL

Segundo MALINOVSKI<sup>2º</sup>, as alternativas de métodos e procedimentos na colheita da madeira dependem de diversos fatores. Estes fatores, na sua maioria, funcionam com restrições que devem ser levadas em consideração, a fim de que se possa escolher métodos apropriados para a colheita da madeira.

O mesmo autor reporta os fatores (restrições) que delimitam o sistema à escolher; podem ser divididos em três grupos:

- 1 - Condições naturais - aqui contam os pressupostos fatores florestais e biológicos, ou seja, o modelo florestal, a topografia e condições do solo.

- 2 - Condições econômicas em geral - a rentabilidade dos métodos florestais pode ser afetada por: meios de transporte existentes, rede viária existente no povoamento, mercado de trabalho, custo da mão de obra e encargos sociais.
- 3 - Condições institucionais - aqui contam as normas regidas pela lei. O corte de madeira, pátios, transporte de madeira roliça, acordo de mercados, etc.

À respeito, a FAO<sup>12</sup> reporta a seguinte listagem de verificação, recomendada para descrever e quantificar o "trabalho ambiental" para extração, transporte e estradas.

I - Sítio, árvores e toras, o qual compreende:

1. D.A.P. (das árvores aproveitáveis, preferentemente por espécies):
  - a) D.A.P. médio correspondente à área basal média;
  - b) D.A.P. das árvores maiores.
2. Diâmetro do toco - para madeiras tropicais indicar a ocorrência e altura média.
3. Altura:
  - a) altura total, árvores dominantes ou descritas segundo os parâmetros do D.A.P.;
  - b) para folhosas - altura do fuste limpo ou altura do diâmetro especificado.
4. Ramificações - largura da copa, preferencialmente descrita segundo os parâmetros do D.A.P.
5. Casca das árvores - grossura, densidade, consistência, características e volume.
6. Outros parâmetros das árvores:

tortuosidade dos fustes;

frequência de defeitos;

raízes, etc.

7. Volume por unidade de área -

a) volume comercial utilizável;

b) volume total e outra indicação da densidade da floresta.

8. Descrição da vegetação rasteira.

9. Tamanho das toras -

a) volume médio ou peso das toras;

b) diâmetro e especificações do comprimento (máximo, mínimo, comprimento standard, etc).

10. Densidade da madeira - densidade nas épocas de verão e inverno.

11. Outros parâmetros das toras - casca, retitude, máxima tortuosidade permitida.

## II - Fatores do solo e terreno:

1. Topografia, ambiente característico - descrição geomorfológica mais importante, tal como as amplitudes do relevo, drenagem regular ou irregular, frequência dos rios, rochas, etc.

2. Unidade territorial (características da unidade fisiográfica) - descreve a dimensão da unidade por relevo, amplitude, comprimento e largura.

3. Rios e riachos - largura e profundidade dos rios a serem cruzadas no arraste ou em estradas.

4. Componentes do terreno:

a) inclinação (aclividade e declividade);

b) microtopografia - terreno áspero; frequência de obstáculos com uma amplitude do relevo acima dos 0,5 m.;

c) áreas inundáveis - causas (precipitação, curso de água, etc), duração e frequência.

5. Solos - limitar a classificação para as seguintes propriedades do solo:

a) capacidade de sustentação;

c) adequado para estradas;

d) suscetível à erosão.

III - Climas - clima de inverno (neve, gelo, água) - usando parâmetros significativos em registros confiáveis, tais como:

1. Chuva - manto e distribuição anual de chuvas; máximo de chuva registrado por hora e dia.

2. Descarga de água e suas variações.

3. Temperatura - médias mensais, máxima e mínima.

4. Insolação - duração do período de sol durante a estação de chuvas.

IV - Acessibilidade:

1. Acesso aos maiores mercados:

a) distância aos centros de consumo (serrarias, cidades, pontos de exportação);

b) existência de rotas de transporte (vias de ferro, estradas, vias fluviais), sua capacidade e especificações;

c) legislação do tráfego.

2. Rede viária dentro da periferia da área florestal:

a) densidade das estradas, preferencialmente em metros por ha.;

b) rompimento e interrupção das especificações da rede viária.

3. Distâncias de arraste ou de extração.

V - Parâmetros econômicos:

1. Valor monetário cambial, taxa de inflação passada e esperada.
2. Custo do equipamento - custos de aquisição para equipamentos de arraste convencional, encargos aduaneiros, custo dos combustíveis, facilidades de manutenção e outras mais.

VI - Atividades:

1. Avaliação das atividades e habilidades, transporte e facilidades no mato.
2. Número de dias de trabalho por ano, horas efetivas de trabalho por semana e dia.
3. Sistema de pagamentos, salários e custos sociais por diferentes categorias de funcionários:
  - a) atividades ordinárias;
  - b) atividades especializadas;
  - c) chefes, supervisores, técnicos;
  - d) profissionais.

Considerando a influência de certos fatores na Exploração Florestal, CONWAY<sup>5</sup> os denomina como variáveis, agrupando-os em:

- a) condições topográficas;
- b) características do sítio tais como o volume total, volume por ha. e volume por peça;
- c) tamanho do equipamento;
- d) sequência da disposição do equipamento (cadeia da produção).



### 2.2.1 Fatores climáticos

À respeito, DE LA MAZA<sup>6</sup> determina que, uma característica notável na Exploração Florestal é a influência que exercem sobre ela os fatores do ambiente. Esta é a sua variabilidade, levando consigo certas dificuldades para adaptar o trabalho florestal aos critérios e métodos que se aplicam na indústria.

CHRISTIANSEN<sup>3</sup> et alii reporta, que as penosas condições de trabalho devido à pluviosidade, calor, umidade do ar e às condições do solo, impedem uma organização eficiente. O que para o autor citado, constitui uma causa dos altos custos de exploração nas florestas tropicais.

No caso das florestas tropicais do Peru, CAMPOS<sup>2</sup> reporta, que o período anual de extração varia de acordo com as condições de precipitação e terreno da floresta, significando aproximadamente, 7 meses de trabalho anual nas atividades de extração.

Na Amazonia, técnicos do PNUD/FAO/IBDF/BRA<sup>23</sup>, assinalam que atualmente, as explorações florestais em matas de área firme são realizadas somente durante a época seca do ano. Isto quer dizer que para o abastecimento anual da indústria é necessário que a extração da madeira seja efetuada durante aproximadamente 6 meses, correspondentes ao período seco. O que traz como consequência, segundo estes autores, a paralização das atividades durante o período chuvoso, significando que cada máquina terá um menor número de horas trabalhadas por ano, resultando num custo operacional muito elevado. E sugerem que podendo-se realizar a exploração florestal durante todo o ano, seria suficiente a metade da produção diária e menor área para pátios de estocagem, o que significaria menor investimento em máquinas e equipamentos, e menor mobilização de pessoal.

Mas CONWAY<sup>5</sup> reporta, que todas as regiões parecem ter uma época quando fortes ventos, altas temperaturas e baixa umidade determinam condições extremas de incêndios florestais. No oeste dos E.E.U.U. tais condições extremas causam uma paralização das operações. Durante a época de incêndios os operários continuam as atividades, porém frequentemente sob alguma restrição legal ou extralegal.

Outra consequência do clima é assinalada pela FAO<sup>11</sup>, ao comentar que as temperaturas ambientais altas e uma umidade relativamente elevada, tais como as existentes em certas épocas do ano nos países tropicais, tem um efeito importante na capacidade de um operário florestal para desenvolver um trabalho físico pesado em forma continuada.

### 2.2.2 Fatores biológicos e florestais

Segundo CHRISTIANSEN<sup>3</sup> et alii, a exploração deve ser considerada, particularmente nas florestas sob manejo, como a culminância das práticas silviculturais na massa florestal.

Porém, "a Exploração é chamada a chave florestal. O melhor plano silvicultural pode ser destruído por um pobre planejamento e/ou uma exploração descuidada." (FORBES<sup>13</sup>, pp. 16-1)

MALINOVSKI<sup>21</sup> comenta, que nas florestas da Europa e América do Norte existem modelos de colheita de madeira que são dependentes das condições das florestas (solo, topografia e idade), e que quase sempre são pré-fixados.

2.2.2.1 Volume das árvores - Para J. DE LA MAZA<sup>6</sup>, segundo o diâmetro das árvores, os tempos da derrubada sofrerão variação. Ainda que de alguma forma o volume da árvore é ligado ao diâmetro, esta relação varia com a espécie.

A FAO<sup>11</sup> reporta, que o diâmetro influi na produção, de duas maneiras: determina a quantidade de trabalho para derrubar uma árvore (ou seja, a superfície que se tem que cortar), e reflete também o volume que pode utilizar-se. Uma árvore maior exigirá mais tempo para o abate e a toragem, mas também dará um maior volume de madeira.

MACHADO<sup>20</sup> comenta, que o volume da madeira pode alterar significativamente o planejamento da rede de estradas e, consequentemente, os custos de toda a exploração florestal.

Assim, WACKERMAN<sup>26</sup> assinala, que dependendo do tamanho dos produtos florestais e das formações florestais, existirá o esforço e o custo nas operações da colheita de madeira; tais condições afetarão o movimento dos produtos tendo o maior peso na determinação do tipo de operação a ser utilizada.

Segundo MACHADO<sup>20</sup>, as dimensões das árvores a serem extraídas influenciam de modo decisivo na escolha do método de exploração da madeira. Deve-se considerar também a operação de descascamento das toras (se for o caso), pois dependendo de suas dimensões a produção decrescerá assustadoramente.

Mas JOHNSTON et alii<sup>19</sup> adverte que é importante saber o tamanho mínimo das árvores que se tornam rentáveis explorar, dadas certas condições de custo e preço. Enquanto que um corte regularizado pode ser aceito como resultado do planejamento conjunto do gerente de marketing e do gerente florestal, há circunstâncias em que os custos de exploração incorridos na entrega dos volumes combinados são tão altos que não torna rentável a exploração de povoamentos. É preciso, portanto, que o gerente de marketing tenha consciência da interação entre as condições de exploração e o rendimento líquido que resulta da exploração e venda.

2.2.2.2 Povoamento - De acordo com CONWAY<sup>5</sup>, a madeira varia em tamanho, espécie e densidade, de uma localidade para outra. Só em raros casos poderá ter-se uma uniformidade de alguns tipos de tamanho dentro de extensas áreas. Porém, é necessário determinar que volumes são aproveitáveis em cada caso.

Considerando tais variações no volume por árvore e no volume por unidade de superfície: "as estradas deverão dirigir-se até o centro de gravidade dos volumes de madeira comercial dentro das áreas a serem aproveitadas, enquanto a mudança na construção o permita." (WACKERMAN<sup>26</sup> et alii p. 59)

Mas no caso de florestas tropicais latifoliadas, existem outras variações; à respeito, a FAO<sup>11</sup> reporta que o volume de madeira que se vai aproveitar por hectare afeta o espaçamento ótimo ou a densidade por hectare das estradas primárias e secundárias, conseqüentemente à distância média de arraste, porém: quanto menor o volume de madeira aproveitável por ha. maior deverá ser o espaçamento. Sendo que nas zonas tropicais, a prática normal é o corte seletivo, extraíndo somente umas poucas espécies, resultando num aproveitamento tão reduzido de 5 a 10 m<sup>3</sup>/ha., e onde os custos das estradas é tão alto que pode resultar em um ótimo espaçamento das estradas, de vários quilômetros, e conseqüentemente, uma distância média de arraste de grandes proporções.

Confirmando o autor anterior, CHRISTIANSEN et alii<sup>3</sup> comenta, que outra das principais causas dos altos custos nas florestas tropicais, deve-se ao fato de que existe uma enorme mistura de espécies e tem-se pouco volume por hectare de espécies de demanda comercial. Sendo que em muitos casos, utilizam-se só 10 a 12 espécies, das muitas que existem, e o aproveitamento de um volume de 15 a 20% do volume total da massa florestal em pé.

À respeito, CAMPOS<sup>2</sup> aborda o problema dos aproveitamentos

seletivos, reportando que na região de Pucallpa, no Perú, as indústrias florestais desta zona possuem problemas de aproveitamento da matéria prima, sendo: as características do povoamento, o uso seletivo de poucas espécies florestais e a falta de uma rede de estradas, os principais fatores, entre outros que causam tais problemas.

### 2.2.2.3 Fatores do solo e do terreno -

"A topografia do solo é um dos fatores geográficos que influenciam tanto o custo de extração de madeira da floresta para a rede de transporte, como o dos próprios transportes até as fábricas ou outros centros." (JOHNSTON<sup>19</sup> et alii)

À respeito McNALLY<sup>22</sup> reporta que a aclividade e a rochosi-  
dade das ladeiras, as características de aderência do solo e a  
vegetação do terreno, determinam a utilização, ou não, dos skidders,  
"forwarders" e outras máquinas de exploração florestal.

MACHADO<sup>20</sup> porém, indica que a condição do terreno é, possi-  
velmente, o fator mais importante, pois pode limitar o uso de um  
sistema de exploração.

Por outra parte, a FAO<sup>1</sup> opina que a topografia e o solo e-  
xercem uma grande influência nos custos de construção das estra-  
das e nos métodos de extração. As estradas traçadas em ladeiras  
inclinadas exigem fortes movimentos de terra, expondo o solo à e-  
rosão. Nestas condições, tanto os custos de construção como os  
de manutenção se incrementam.

Considerando o anteriormente exposto, MALINOVSKI<sup>21</sup> recomen-  
da que o conhecimento das condições do terreno é fator fundamental  
da empresa florestal. A topografia, o tipo da vegetação existente  
e outras propriedades influenciam os procedimentos e desenvolvi-  
mento das máquinas, influenciando a utilização do sistema. Também

para a comparação entre empresas florestais, as circunstâncias do terreno influenciam nas condições de trabalho e, por conseguinte, nos custos e rendimentos de um mesmo sistema.

O anteriormente exposto tem muitas causas e entre elas, segundo CONWAY<sup>5</sup>, o terreno também afeta as operações de abate. Num excessiva declividade - acima de 65% - é difícil deter ou sujeitar a madeira na ladeira. O resultado é que essas árvores, depois de serem cortadas, em alguns casos, se deslocam até o fundo da ladeira.

#### 2.2.2.4 Fatores sócio-econômicos -

"O planejamento de um sistema de aproveitamento exige proporcionar uma grande importância à situação trabalhista: disponibilidade, habilidade, experiência, atitudes, peso do corpo, situação sanitária e nutritiva em geral, jornada de trabalho, níveis de salário e encargos sociais, influências e assim sucessivamente." (FAO<sup>11</sup>, p. 43)

Assim, CHRISTIANSEN<sup>3</sup> aponta, que uma das principais causas dos altos custos da exploração florestal nas florestas tropicais, deve-se à falta de pessoal adestrado nas ditas atividades que permita uma produção econômica mais alta homem/dia, o que o referido autor assinala como Economia de escala.

Além do anterior, um problema importante e frequente é assinalado por MALINOVSKI<sup>21</sup>, o grau de cultura dos empregados florestais é normalmente diversificado; conforme a intensidade de ligação dos empregados com a economia agrícola, oscila a disponibilidade de mão de obra para a empresa florestal e, normalmente, esta não é homogênea durante todo o ano, nos trabalhos florestais.

Outro aspecto é reportado por MACHADO<sup>20</sup>, a mão de obra escassa e cara, geralmente, influencia no grau de sofisticação das máquinas e equipamentos florestais.

Conseqüentemente, DE LA MAZA<sup>6</sup> assinala que, quando a exploração é mecanizada, o trabalho descontínuo pode representar uma importante perda financeira para o empresário, pela paralização das máquinas.

As causas destes aspectos é apontada por BECKER<sup>1</sup>, ao comentar que o trabalho na empresa florestal, especialmente na área de colheita da madeira, é sem dúvida pesado. A carga física e/ou psíquica à qual o homem é exposto na execução deste trabalho, principalmente no setor florestal, pode ser solucionada ou influenciada por uma série de fatores: de maior importância é o fato do trabalho florestal ser realizado em regra, ao ar livre, no campo; inevitavelmente as oscilações climáticas como temperatura, umidade do ar, vento e chuvas influenciam os trabalhadores, a qualidade do seu trabalho e a produção, comparando-se com as de ambientes fechados.

À respeito, DE LA MAZA<sup>6</sup> opina, que quaisquer que sejam a tendência e os avanços que se pretendam aplicar para reduzir a influência dos fatores naturais e mecanizar as atividades, sempre ficaram muitas circunstâncias que condicionaram as possibilidades de modificá-las e melhorá-las.

"A importância das perguntas à respeito da mão de obra depende, como é natural, da empresa, de suas políticas e de seus produtos. Se a empresa se orienta pela ciência, deve-se pensar em ir a uma área onde existam engenheiro e cientistas, já que é pouco provável que se possa atraí-los, em um bom número, aos lugares distantes. Algumas atividades especializadas, tais como o trabalho da madeira ou as artes manuais, tendem a concentrar-se em determinadas regiões." (RIGGS<sup>25</sup>, p.259)

Complementando, POMARES<sup>24</sup> assinala, que para fazer-se realidade as atividades, projetos ou obras, precisa-se de recursos (materiais, mão de obra, maquinário e meios auxiliares) e recursos que sempre serão mais ou menos limitados; mas, ainda no caso

improvável de que se disponha de todos os recursos necessários, a aplicação sem estudo, pode ser antieconômica.

Porém, MACHADO<sup>20</sup> recomenda que, como a racionalização operacional requer um planejamento, a exploração florestal precisa ser planejada, visando uma adaptação às condições locais, um sistema de exploração que forneça a otimização do aproveitamento das máquinas e equipamentos, bem como da matéria prima e uma distribuição equilibrada da mão de obra.

"Pelo tanto, o problema da obtenção de recursos consiste em dispor, na melhor maneira possível para o programa a realizar, os recursos existentes, a fim de lograr o que desejamos, isto é, em função de um objetivo: a) que o projeto resulte o mais econômico possível (quase sempre); b) ou finalize o mais rápido possível; c) ou com o menor número de operários; d) ou também, sem demitir ninguém." (POMARES<sup>24</sup> p. 107)

#### 2.2.2.5 Fatores técnicos -

"Os métodos mecanizados tem substituído gradualmente os manuais. Apesar desta troca, os critérios usados nas explorações florestais não tem variado muito. A introdução de maquinário moderno e de grande capacidade nas operações de extração não tem sido respaldada adequadamente por uma mudança nos critérios técnicos; o uso do maquinário não é, portanto, consequência de procedimentos depurados de planejamento, seleção de métodos e equipes, programação e outros em concordância com os investimentos realizados." (CAMPOS<sup>2</sup>, p.1)

Nessa problemática, DUERR<sup>9</sup> acusa que a fraca produtividade na indústria madeireira é a resultante de duas forças opostas. Por um lado tem havido, ao longo dos anos, um certo progresso tecnológico nas operações de extração, de transporte e de serração. Mas, por outro lado, este progresso parece ter sido neutralizado por certas tendências, tais como as de declínio da dimensão, da qualidade, das existências e da acessibilidade da madeira, e do aumento progressivo das distâncias entre a mata e o consumidor.

Em relação à acessibilidade, DE LA MAZA<sup>6</sup> assinala que o



conceito da acessibilidade deve definir-se, seja de acordo a uma finalidade ou atividade, já que este conceito pode variar no caso da acessibilidade à uma floresta para fins turísticos ou no caso de controle de pragas florestais. Mas, se o que se trata é fazer acessível a madeira, o problema tem maior transcendência. Não é suficiente o fato de aproximar-se o mais perto possível aos lugares de corte, há que ponderar o que representam as operações de arraste e o desbosque - em relação ao transporte - e as operações intermediárias do carregamento e descarregamento, isto é, respeito ao destino final da madeira, para que os custos finais sejam os mais baixos possíveis.

Assim, CHRISTIANSEN et alii<sup>3</sup> assinala que a madeira comercial se encontra cada dia em lugares mais distantes, pouco povoados e carentes de comunicações, o que, segundo o autor, constitui uma das principais causas dos altos custos da exploração nas florestas tropicais.

"Na realidade, cada recurso tem por missão vencer as limitações ou resistências de outros recursos com os quais está combinado na produção. Todo recurso traz consigo resistências. Cada hectare de recursos em material lenhoso opõe resistência à sua utilização pelo homem, resistência esta variável de caso para caso, de acordo com a localização, as dificuldades de cultura e de extração." (DUERR<sup>9</sup>, p.55)

Considerando outros fatores técnicos, DE LA MAZA<sup>6</sup> opina que a existência de grandes volumes de madeira permite uma mecanização, ou ainda, inclusive, uma automatização, principalmente ao que se refere à manutenção e alimentação das máquinas. Mas, segundo o autor a madeira é um produto de pouco preço em relação ao seu peso e volume, e movê-la exige uma grande importância no custo. Porém, quando se concebe uma exploração mecanizada, é necessário encadear as operações e reduzir os movimentos.

Mas, à este respeito BECKER<sup>1</sup> adverte, que a necessidade

de uma medida de mecanização pode ser estabelecida quando da execução de uma tarefa teoricamente exequível sem o uso de máquina, mas que devido à falta de mão de obra adequada e/ou devido à condições de trabalho inadequadas, torna-a somente possível com a aplicação de máquinas. O referido autor assinala outros motivos para a mecanização, como o estabelecimento de prazo para se alcançar os objetivos desejados, muitas vezes possível somente com a utilização de máquinas. A causa mais frequente que leva à adoção de medidas de mecanização baseia-se nas dificuldades físicas e periculosidade da tarefa em foco. Compreendendo o anteriormente exposto: O problema é como retirar a madeira. Os objetivos são variáveis, por exemplo, madeira curta, madeira de sistema de fustes, árvores inteiras, etc. As alternativas são os modelos ou procedimentos que se quer testar, como por exemplo a retirada com maior grau manual, ou maior grau mecânico, isto é, máquinas a utilizar em toda a cadeia de trabalho. As restrições são várias, e entre elas estão as restrições naturais, econômicas e institucionais. A decisão, então, será o melhor sistema ou procedimento que foi estudado nas alternativas." (MALINOVSKI<sup>21</sup>, p.94)

### 2.3 MÉTODOS CONVENCIONAIS PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE

A FAO<sup>10</sup> define o conceito da distância média de arraste como o valor médio da distância teórica do transporte de toras ou de árvores que se realiza puxando as árvores ou as toras que se apoiam total ou parcialmente no chão, numa área florestal acessível.

Muitos autores tentaram abordar o problema que apresenta o cálculo da distância média de arraste, ligando-a ao cálculo de figuras cuja geometria é conhecida; assim, nos trabalhos antigos, MATTHEWS (1942), citado por DONNELLY<sup>8</sup>, tentou solucionar o problema usando o método de equivalência de áreas iguais e obteve diversos fatores para áreas formadas e que fossem similares ou equi-

valentes a círculos, quadrados, retângulos e triângulos.

Posteriormente, LYSONNS e MANN (1965), citados por DONNELLY<sup>8</sup>, reportaram que a aplicação dos fatores de MATTHEWS válidos para o uso do círculo e do triângulo resultam em erro; os autores apresentam que a distância média de arraste para estas duas figuras (círculo e triângulo) ou modelos é, no máximo possível, dois terços da distância externa de arraste\*, e não 0,707 da distância externa de arraste como indicada por MATTHEWS.

Pela mesma época, SUDDARTH e HERRICK (1964), citados por DONNELLY<sup>8</sup>, utilizaram Cálculo Integral para apresentar uma solução da distância média de arraste também baseadas em áreas adaptadas ou similares ao círculo, triângulo, retângulos e quadrados.

Baseando-se no trabalho anteriormente citado, o fator MATTHEWS referente à distância média de arraste para um retângulo é duvidoso. Sendo que, de acordo com a fórmula de MATTHEWS, a distância média de arraste é igual a 0,578 considerada como distância de arraste externa; mas, a fórmula de SUDDARTH e HERRICK proporciona o resultado de 0,593 para os casos expostos. Isto resulta um erro de apenas 2.5%, o que é insignificante para a maioria das aplicações do aproveitamento, nas quais outros fatores podem introduzir mais sérias variações; "mas, esta diferença deverá ser notável." (DONNELLY<sup>8</sup> pp. 1)

Em geral, as áreas a serem exploradas não são sempre iguais a círculos ou qualquer figura geométrica e sua adaptação a essas figuras produz resultados duvidosos, sendo sua aplicação um risco para a economia de uma firma de exploração florestal.

\* Termos utilizados pelo autor.

Trabalhos relativamente recentes, entre os quais, PETERS e BURKE, citados por DONNELLY<sup>8</sup>, em 1972, introduziram métodos de Cálculo Integral usando aproximações numéricas para calcular a distância média de arraste. O método também era válido para áreas de forma irregular; mas seu procedimento é trabalhoso e difícil sem o uso de computadores eletrônicos.

Com métodos do Cálculo Integral e o uso de um computador, torna-se mais fácil o cálculo da distância média de arraste e a área total na qual se vai efetuar o aproveitamento com a exatidão desejável, mas um computador nem sempre está disponível nos locais (i.e. acampamentos) da exploração, onde se coordenam as operações florestais.

Na atualidade, pesquisadores abordam o cálculo da distância média de arraste ligando o seu cálculo a outros fatores tais como: velocidade do skidder, volume de madeira por ha., distância entre as estradas, topografia da área e custo de construção das estradas por km. E segundo estes critérios, abaixo são especificados detalhadamente os métodos propostos pelos autores que reportam alternativas de solução ao problema.

Técnicos do PRODEPEF, SUDAM e IBDF<sup>23</sup>, com a colaboração do PNUD/FAO/BRA-76, na região de Curuá-Una, no estado do Pará, calcularam a distância média de arraste em função da densidade ótima das estradas, fazendo uso do seguinte procedimento:

- a) Cálculo da densidade das estradas secundárias, o qual depende do custo de construção, do volume de madeira aproveitável por ha. e do custo de extração desde o local da derrubada até a margem da estrada.

Para o cálculo da densidade ótima de estradas, foi utilizada uma única fórmula, diferenciando as estradas primárias das secundárias, só pelo custo de construção.

Para isto foi usada a seguinte relação:

$$DOE = 50 \sqrt{\frac{C.T.V.q}{R}}$$

Onde:

DOE = Densidade ótima de estradas (secundárias ou primárias) em metros por hectare (m/ha).

$$C = \frac{c.t.1000}{L}$$

onde:

c = Custo de operação da equipe de extração em Cr\$/min.

t = Tempo em minutos, gastos pela extração, em viagens com e sem carga na distância de 1 metro.

L = Capacidade da carga média em m<sup>3</sup>.

T = Fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada e não termina no ponto mais próximo ao de origem. Este fator é, normalmente, no valor entre 1,0 e 1,5.

V = Fator de correção, quando as estradas são tortuosas e não paralelas, com espaçamentos desiguais entre elas. Estima-se este fator, normalmente em 1,0 a 2,0.

q = Volume de madeira a ser explorado em m<sup>3</sup>/ha.

R = Custo de construção da estrada em Cr\$/km.

Segundo o critério proposto, quando se atribui o valor de 1,0 para T e V, significa que a extração é realizada em linha reta e perpendicular às estradas paralelas, igualmente separadas; os autores fazem a advertência: "es-

te caso nunca acontece na prática."

- b) Cálculo da separação ótima entre estradas, primárias ou secundárias. Os autores utilizaram a seguinte fórmula:

$$SOE = \frac{1000}{DOE}$$

Onde:

SOE = Separação ótima entre estradas (secundárias ou primárias) em metros.

DOE = Densidade ótima das estradas (secundárias ou primárias) em metros por hectare (m/ha).

- c) Os autores correlacionam a distância média de arraste com a densidade ótima das estradas (secundárias ou primárias) aplicando a seguinte relação:

$$DMA = \frac{2500 \cdot T \cdot V}{DOE}$$

Onde:

DMA = Distância média de arraste em metros.

T = Fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada e não termina no ponto mais próximo ao de origem. Este fator é, normalmente, estimado entre 1,0 a 1,5.

V = Fator de correção quando as estradas são tortuosas e não paralelas, com espaçamentos desiguais entre elas.

Mas os autores reconhecem que "estas fórmulas só são aplicadas corretamente em grandes áreas em condições uniformes de terreno e volume de madeira." Na realidade, este caso rara vez acontece na prática.

J.A. McNALLY<sup>22</sup>, chega a resultados semelhantes aos obtidos pela SUDAM, fazendo uso do seguinte procedimento:

a) Cálculo do espaçamento ótimo das estradas de "aprovisionamento" com a seguinte fórmula:

$$\text{ORS} = K \frac{40 \cdot R \cdot L}{q \cdot c \cdot t \cdot (1+P)}$$

Onde:

ORS = Espaçamento ótimo das estradas de aprovisionamento, expresso em metros.

R = Custo em unidades monetárias regionais, referente à construção de 1 km de estrada (expresso em Cr\$/km).

L = Carga média do trator florestal arrastador ou transportador em m<sup>3</sup> de madeira.

q = Quantidade de madeira aproveitável por hectare (m<sup>3</sup>/ha).

c = Custo de operação do trator arrastador ou transportador, incluindo o operário, nas mesmas unidades monetárias, por minuto (Cr\$/min).

t = Tempo em minutos para que o trator arrastador ou transportador percorra um metro linear da trilha e regresse vazio.

K = Fator de correção, com um valor normal de 2,0 nas condições ideais, ou seja, quando o arraste se faz em forma equidistante à ambos os lados da estrada de aprovisionamento, e um valor 0,50 à 0,71, quando o arraste se faz só por um lado; utilizando-se também para aquelas situações em que as estradas de aprovisionamento são sinuosas ou quando se encontram bifurcações, ou terminam com estradas sem saída.

p = Fator de correção, normalmente com um valor en-

tre 0 e 0,50 para utilizar em situações em que as trilhas de arraste são sinuosas ou não terminam no ponto mais próximo da estrada, ou quando se faz uma redução por atrasos na estrada devido à pouca resistência dos solos, obstruções e outras causas.

À respeito da aplicação da fórmula, o autor escreve:

"deve-se assinalar que a distância de espaçamento obtida mediante esta fórmula só há de considerar-se como um valor aproximado, devido à imprecisão dos valores de vários fatores incluídos na referida fórmula."

- b) Cálculo da densidade ótima das estradas de abastecimento, com a relação seguinte:

$$\text{ORD} = \frac{10.000}{\text{ORS}}$$

Onde:

ORD = Densidade ótima das estradas de abastecimento em m/ha.

ORS = Espaçamento ótimo das estradas de abastecimento em m.

ou bem:

$$\text{ORD} = 50 \sqrt{\frac{q.c.t.1000.T.V}{R.L}}$$

Onde:

ORD = Densidade ótima das estradas de abastecimento, expresso em m/ha.

q = Quantidade de madeira aproveitável em m<sup>3</sup>/ha.

c = Custo de operação do trator florestal arrastador ou transportador, incluindo o salário do operário, em unidades monetárias regionais por minuto (Cr\$/min).



t = Tempo em minutos para que o trator florestal arrastador ou transportador percorra um metro carregado e volte descarregado.

T = Fator de correção, normalmente com um valor entre 1,0 e 1,5 à utilizar nas mesmas situações em que se utilizava o fator K na fórmula da ORS, na relação anterior.

R = Custo da construção e manutenção das estradas de aprovisionamento em unidades monetárias por km (Cr\$/km).

V = Fator de correção, quando as estradas são tortuosas e com espaçamento desiguais entre elas. Estima-se entre 1 a 2.

L = Carga média do trator arrastador ou transportador em unidades de volume (m<sup>3</sup>).

c) Cálculo da distância média de arraste\* com a relação seguinte:

$$ASD = \frac{2,5 \cdot 1000}{ORD}$$

Onde:

ASD = Distância média de arraste, expresso em metros.

ORD = Densidade ótima das estradas em m/ha.

Finalmente, McNALLY<sup>22</sup> estabelece que quando se trata de situações distintas da ideal, deve-se incorporar à fórmula os fatores

\* SEGEBADEM, citado por McNALLY<sup>22</sup>, estabelece que seguindo este procedimento, o cálculo da distância média de arraste, numa situação ideal pode-se calcular assim:

$$Mg = \frac{2,5}{V}$$

Onde:

Mg = Distância média de arraste em quilômetros (km)

V = Densidade das estradas de aprovisionamento em m/ha.

de correção, de tal modo que:

$$ASD = \frac{2,5.T.V.1000}{ORD}$$

$$ASD = \frac{T.V.ORS}{4}$$

Onde:

ASD = Distância média de arraste, em metros.

ORD = Densidade ótima das estradas de aprovisionamento expresso em m/ha.

ORS = Espaçamento ótimo das estradas de aprovisionamento, em metros.

T e V = Fatores de correção, definidos no literal b do presente procedimento.

JOHNSTON et alii<sup>19</sup> aborda o problema do cálculo da distância média de arraste, estabelecendo que em todos os sistemas de transporte há, pelo menos duas partes, uma fixa e outra em movimento. Assim, as estradas, vias ou caminhos de ferro representam a parte fixa do sistema, enquanto que o arraste à cavalo, ou por trator ou guindaste representa a fase variável. É fácil perceber que para qualquer sistema dado haverá um ponto de equilíbrio em que os custos globais se minimizam, visto que com poucas estradas, a distância e, portanto, também o custo de deslizamento, serão elevados, ao passo que com muitas estradas os seus custos aumentarão mas os custos de deslizamento descerão. Uma determinada tecnologia implica que o método e, conseqüentemente, os custos finais, do carregamento e descarregamento da madeira na operação de deslizamento, serão constantes, como também o será o custo de transporte da floresta.

O referido autor elimina do estudo do problema, estes custos fixos; além disso não considera aqui o fator da variação da

qualidade de estradas quanto à velocidade de arraste por caminhões nas estradas florestais. Este autor assinala que, supondo-se que a área que se deve explorar é atravessada por estradas paralelas, a uma densidade de  $x$  milhas por milha quadrada e, portanto, a uma distância de  $\frac{1}{x}$  milhas, como se vê na figura seguinte:

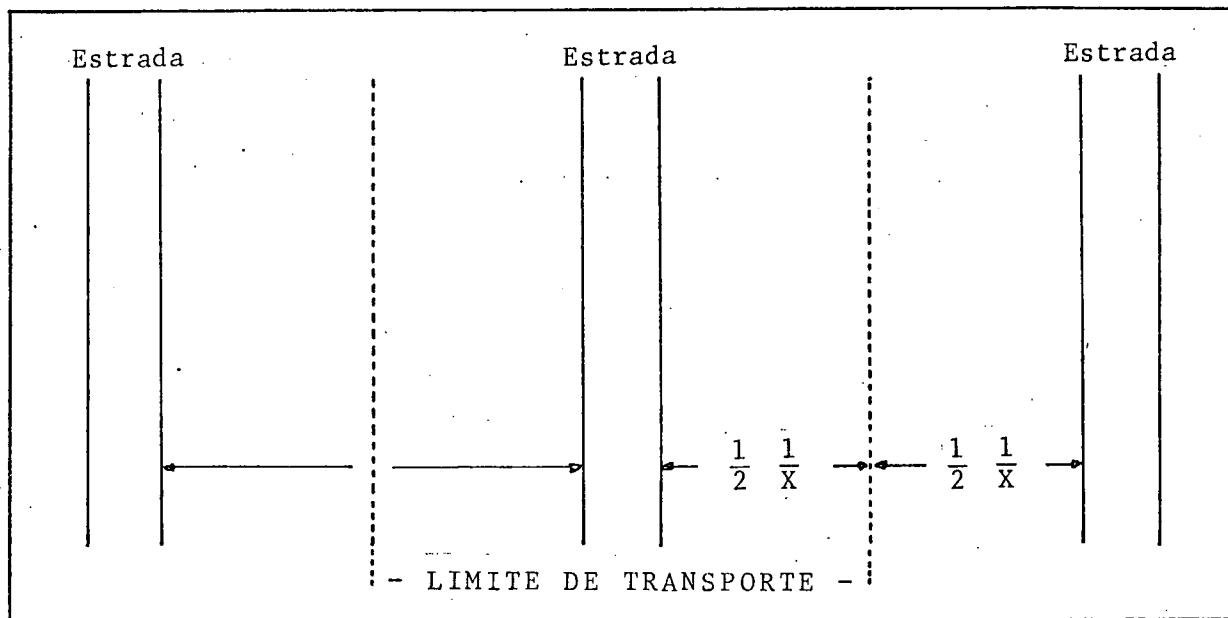


Figura 1 - RELAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE ESTRADAS E A DENSIDADE DE ESTRADAS.

O arraste mais comprido até a estrada, partindo da hipótese de que se pode empregar o rumo mais direto, corresponde à metade do compasso e o mais curto é zero. O arraste médio será, portanto, um quarto de compasso, ou seja,  $\frac{1}{4} \frac{1}{x}$  ou  $\frac{0,25}{x}$ .

Na prática, as estradas não são retas nem paralelas. Em nenhum terreno, exceto o plano, o limite do transporte não é, de uma maneira geral, a meia distância entre as estradas, e o rumo real de deslizamento que se emprega não é a linha reta entre uma árvore e a estrada mais próxima. Por causa de todos estes fatores a distância média que se desliza não é de  $\frac{0,25}{x}$ , mas sim um tanto maior. Um coeficiente de correção  $K$  pode definir-se pa-

ra qualquer combinação dada de rede de estradas, técnica de deslizamento, topografia e condições da superfície, de maneira que a distância média de deslizamento será igual a  $\frac{K}{x}$ .

Considerar-se-á que os custos de deslizamento subam uniformemente conforme a distância, à um índice  $h$  por unidade de volume, por unidade de distância.

Se o volume transportado for  $V$ , o custo do transporte será de  $\frac{KhV}{x}$ . Assumindo que  $V$  representa um nível uniforme anual de produtividade, pode-se reconhecer um custo anual de abertura de estradas igual a  $m$ , o qual consiste no juro do capital de investimento da estrada mais o custo de manutenção, de maneira que os custos das estradas por milha quadrada somem  $mx$ . As despesas globais variáveis de extração,  $E$ , são iguais a:  $mx + \frac{KhV}{x}$ .

Neste caso que, embora especial, não é de maneira nenhuma invulgar, em que  $h$  é uma constante independente da distância e, assim também de  $x$  (quer dizer, custa tanto mais deslizar 50 jardas extra a 100 jardas como a 200 ou 300 jardas), as despesas globais mínimas calculam-se facilmente diferenciando a expressão para  $E$  em ordem a  $x$ .

$$\text{Assim: } \frac{dE}{dx} = m - \frac{KhV}{x^2},$$

e para o mínimo  $E$ , pondo  $\frac{dE}{dx}$  igual a 0, calcula-se

$$x_{\text{opt}}^2 = \frac{KhV}{m}, \text{ ou}$$

$$x_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{KhV}{m}}$$

Neste valor ótimo de  $x$ ,

$$E_{\text{min}} = 2 x_{\text{opt}} = \frac{2KhV}{x_{\text{opt}}}$$

O que quer dizer que para o mínimo  $E$ , os custos de deslizamento, sem os custos finais de carregamento e descarregamento, são iguais aos custos das estradas.

Segundo o autor "o resultado aritmético não deixa duvidar, mas deverão reconhecer-se dois importantes pontos econômicos. Um destes é que ainda é necessário avaliar os fatores componentes para verificar, em termos gerais, onde é que se encontra o custo da distância média de arraste ótimo, ( $X_{opt}$ ), e o outro é que a decisão acerca da quantidade de capital investido é definitiva e não pode ser alterada. Não se podem vender estradas, pelo que elas representam um tipo especialmente fixo de capital irrecuperável. Assim, é importante tomar precauções especiais quando o capital de investimentos das estradas é elevado." (JOHNSTON<sup>19</sup>, p. 564)

As considerações anteriormente expressas, por JOHNSTON<sup>19</sup> à respeito de seu modelo são complementadas por DE LA MAZA<sup>6</sup> (p. 215). E quanto ao efeito da forma da superfície, da topografia e da facilidade de acesso às estradas, JOHNSTON<sup>19</sup>, e anos mais tarde, DE LA MAZA<sup>6</sup>, concordam que, na dedução da fórmula geral da variação dos custos de extração conforme a densidade das estradas, considerou-se que um coeficiente de correção  $K$  podia ser reconhecido por um dado sistema de exploração numa certa situação topográfica. Consideram-se primeiro as imperfeições da densidade das estradas provenientes de cruzamentos, curvas e da necessidade de ligações entre estradas a níveis diferentes.

SUNDBERG\*, citado por JOHNSTON<sup>19</sup>, assinala que o efeito destes fatores é o de aumentar em um terço o compasso médio em relação à recíproca de densidade, para uma rede de triângulos equiláteros, quadrados ou hexágonos, em comparação com o sistema ideal, paralelo e com distâncias iguais. Se as estradas fossem distribuídas como linhas retas sem direção determinada, o fator do aumento seria de 100 por cento, quer dizer, a distância média de deslizamen-

\* U. SUNDBERG, 1965, Some Views on the theory of planning a forest road network in non-alpine regions, Symposium on the planning of forest communications network, FAO/ECE, Genebra.

to perpendicular à estrada mais próxima não seria de  $\frac{0,25}{x}$ , mas sim de  $\frac{0,5}{x}$ .

VON SEGEBADEN\*, citado por JOHNSTON<sup>19</sup>, descobriu que para sistemas de estradas florestais bem planejadas com transporte num único sentido, permitindo portanto, o uso de declives relativamente elevados onde podem andar caminhões sem carga, o fator de aumento é de 40 por cento, quer dizer, o fator ideal de 0,25 aumenta para 0,35. Em outras palavras, a densidade das estradas tem uma eficiência típica de 70 por cento.

Mas JOHNSTON<sup>19</sup> assinala que a dificuldade não é só que as estradas não se estendem em linhas retas e paralelas, mas que o deslizamento só é feito raramente na perpendicular à estrada. Em terreno muito íngreme, o deslizamento pode ter um só sentido, de maneira que a distância média de deslizamento em linha reta corresponda a metade do compasso das estradas, em vez de um quarto em terreno nivelado. Com muitos sistemas de exploração, tem de percorrer-se distâncias maiores para transportar a madeira aos sítios de empilhamento ou alargamentos para a conversão ao longo da estrada.

Finalmente, o referido autor estabelece, que os efeitos combinados da eficiência relativa da densidade das estradas e da não direção do rumo de deslizamento podem ser determinados empiricamente, traçando os rumos de deslizamento que os produtos empregam para chegarem ao sistema de estradas. Se, por exemplo, se verificar que a distância média de arraste é de 0,12 milhas quando a densidade das estradas é de 5 milhas por milha quadrada, o coeficiente de correção é igual a  $5 \times 0,12$ , ou seja, 0,6.

\* G.Von SEGEBADEN, 1964, Studies of cross-country transport distances and road - net extention, Studia forestalia Suecica, Nr. 18.

À respeito, "em pequenos blocos de floresta em que a ineficiência da distribuição das estradas se torna mais óbvia, pode-se chegar a verificar que o coeficiente de correção varia muito largamente com a densidade das estradas. Embora seja possível, de uma maneira geral, caracterizar um certo método de exploração lenhosa e um certo tipo de configuração de terreno por meio de um coeficiente de correção determinado empiricamente, pode ser perigoso estender os resultados de tais determinações em superfícies pequenas ou com densidades de estradas muito diversas." (JOHNSTON et alii<sup>19</sup>, p. 566)

Abordando o problema do cálculo da distância média de arraste, e obtendo resultados similares aos de JOHNSTON<sup>19</sup>, e partindo de um ângulo diferente, DE LA MAZA<sup>6</sup> reporta uma metodologia baseada em: custo de arraste, custo de transporte e custo de construção de estradas. Os três fatores expressos pelo referido autor se resumem numa fórmula, estabelecendo que os custos totais da extração florestal serão a somatória total dos ditos custos, de tal forma que:

$$C = \underbrace{V(A_i + \frac{d}{4} \cdot A_d)}_{\text{Custos de arraste (CA)}} + \underbrace{V(t; + t_d \frac{s}{d})}_{\text{Custos de transporte interior (CtI)}} + \underbrace{\frac{s}{d} (P_A + P_C)}_{\text{Custos de construção de estradas (CC)}} \quad \text{Fórmula nº1}$$

Custos de arraste:

Segundo o autor, o custo do arraste, CA, estará formado por: um valor fixo  $A_i$  por uma unidade de volume, a qual é independente da distância; e por outra variável  $A_d$ , a qual é também referido a uma unidade de volume, que dependerá da dita distância. Portanto, para um volume "V" o custo do arraste será:

$$CA = V(A_i + \frac{d}{4} A_d)$$

—Onde:

CA = Custo do arraste

$A_i$  = Unidades monetárias/m<sup>3</sup>

$A_d$  = Unidades monetárias/km.m<sup>3</sup>

V = Volume em m<sup>3</sup>

d = Distância entre estradas, expressa em km.

Custos do transporte interior:

Para DE LA MAZA<sup>6</sup>, o custo do transporte interior é também integrado por um termo constante  $t_i$ , o qual é independente da distância e outro termo variável  $t_d$ , de tal maneira que:

$$CtI = V(t_i + t_d \cdot L) = V(t_i + t_d \cdot \frac{S}{d})$$

Onde:

CtI = Custo do transporte interior

$t_i$  = Unidades monetárias/m<sup>3</sup>

$t_d$  = Unidades monetárias km/m<sup>3</sup>

L = Comprimento da estrada, expresso em km

S = Área ou superfície total compreendida entre as duas estradas de comprimento L, expressa em km<sup>2</sup>

d = Distância, expressa em km.

Custo da construção da estrada, CC:

Para o referido autor, o custo da construção da estrada compreende dois fatores:  $P_a$ , o qual é uma parte proporcional anual de construção da estrada e  $P_c$ , que é o custo anual de conservação. Sendo portanto, o custo total da construção da pista determinado por:

$$CC = L(P_a + P_c) = \frac{S}{d} \cdot (P_a + P_c)$$

Onde:

CC = Custo da construção da estrada

L = Comprimento da estrada, expresso em km

$P_a$  = Custo proporcional anual de construção das estradas, expresso em unidades monetárias/km

$P_c$  = Custo anual de conservação, expresso em unidades monetárias/km

d = Distância entre estradas, expressa em km



$S$  = Área ou superfície total compreendida entre as duas estradas de comprimento  $L$ , expressa em  $\text{km}^2$ .

Juntando os três fatores antes descritos, tem-se a fórmula inicial do custo total da extração florestal:

$$C = V(A_i + \frac{d}{4} \cdot A_d) + V(t_i + t_d \cdot \frac{S}{d}) + \frac{S}{d} \cdot (P_a + P_c),$$

cujos termos já foram descritos anteriormente.

Para que este custo seja mínimo devemos ter  $\frac{dc}{dd} = 0$ , resultando:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S \cdot (V \cdot t_d + P_a + P_c)}{V \cdot A_d}} \quad \text{Fórmula nº1}$$

KLEMENCIC\*, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, introduz a seguinte alternativa: se considerarmos que  $\frac{V}{S} = q$ , expresso em  $\text{m}^3/\text{km}^2$ , isto é, a densidade de corte, a fórmula anterior pode expressar-se nos seguintes termos:

$$\text{Distância, } d \text{ (km)} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V \cdot t_d + P_a + P_c}{q \cdot A_d}} \quad \text{Fórmula nº2}$$

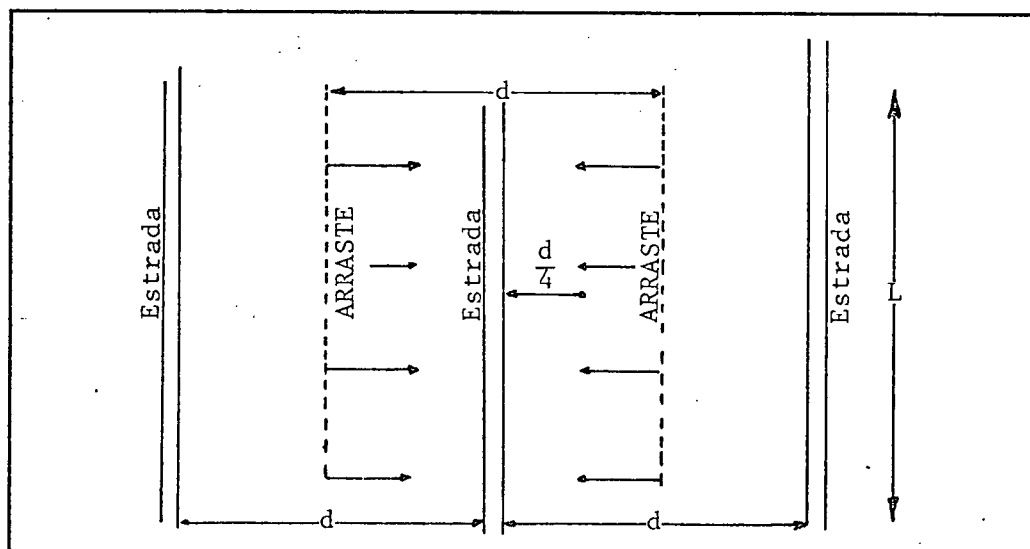


Figura 3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.

\* Studies of cross-country transport distances and road net extension.

Mas, DE LA MAZA<sup>6</sup> estabelece, que na prática existem circunstâncias que impedem que a distância média de arraste seja  $\frac{d}{4}$  e que o conceito do comprimento da estrada L também se modifique.

Segundo o referido autor, para corrigir estes desvios da realidade, introduz-se dois fatores de correção:

$K_L$  = Corrige a falta de paralelismo e linearidade das estradas; pelo que se traduz num corretivo de forma;

$K_d$  = Corrige os arrastes que não sejam retilíneos até o ponto mais próximo da trilha.

VON SEGABADEN\*, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, propõe um método para a determinação de  $K_L$ , estabelecendo por meio de um sistema de pontos distribuídos num mapa da zona real a ser explorada, no qual determina-se a distância mais próxima em linha reta às estradas de extração, medindo o comprimento das estradas existentes, determinando a densidade das mesmas.

E assinala que, se  $M_A$  é a média aritmética destas distâncias, de acordo com o expressado no caso das estradas paralelas,

$M_A = \frac{d}{4}$ . A densidade das estradas de extração será:

$$\delta = \frac{10 \cdot L}{d \cdot L}$$

Onde:

$\delta$  = Densidade das estradas de extração expressa em m/ha

L = Comprimento das estradas de extração em km

d = Distância entre estradas, expressa em km

Portanto,

$$M_A = \frac{2,5}{\delta}$$

\* Studies of cross-country transport distances and road net extension.

Mas, a falta do paralelismo destas estradas faz que o valor real seja:

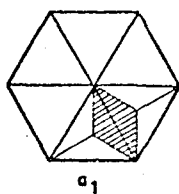
$$M_A = \frac{2,5 K_L}{\delta}$$

O que permite obter  $K_L$ .

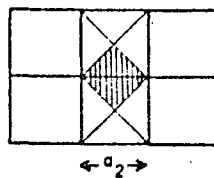
O citado autor reporta, que os valores  $K_L$  oscilam entre 1,33 para figuras geométricas simples cujo formato seja: triângulo, quadrado, hexágono, etc., e até para 2,0 em estradas traçadas ao acaso. E assinala que a determinação do valor 1,33 é muito simples:

	<u>Equilátero</u>	<u>Quadrado</u>
Comprimento do lado .....	$\alpha_1$	$\alpha_2$
Área referenciada por cada lado .....	$\frac{\alpha_1^2 \sqrt{3}}{6}$	$\frac{\alpha_2^2}{2}$
Densidade das estradas .....	$\frac{2\sqrt{3}}{\alpha_1}$	$\frac{2}{\alpha_2}$
Média aritmética do arraste, $M_A$ .....	$\frac{\alpha_1 \cdot \sqrt{3}}{18}$	$\frac{\alpha_2}{6}$
$K_L = \frac{M_A \cdot \delta}{2,5}$ .....	1,33	1,33

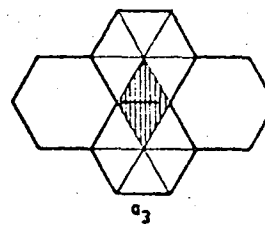
Isto é:



$$\frac{\alpha_1^2 \sqrt{3}}{6}$$



$$\frac{\alpha_2^2}{2}$$



$$\frac{\alpha_3^2 \sqrt{3}}{2}$$

Área referenciada por lado (Zona raiada)

VON SEGABADEN\*, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, apresenta uma Tabela, que proporciona o número de pontos que deve-se considerar numa zona fechada, para obter, com certo tipo de erro, a média aritmética das distâncias de arraste em função do tamanho da área e da distância média obtida no mapa. Esta Tabela é apresentada no apêndice nº 5. O autor citado assinala que uma vez obtida a distância média de arraste com uma margem de erro conhecida, deve-se determinar a distância real de arraste por causa da topografia, obstáculos, etc. Esta distância será:

$$M_{AR} = M_A \cdot K_d$$

Onde:

$M_{AR}$  = Distância média de arraste.

$M_A$  = Média aritmética das distâncias, de acordo com o expressado no caso das estradas paralelas.

$K_d$  = Fator de correção, que corrige caso os arrastes não sejam retilíneos até o ponto mais próximo da trilha.

O referido autor garante que através de uma amostragem no terreno pode-se chegar à determinação aproximada de  $K_d$ , cujo valor será o quociente: média da distância real de arraste/média da distância de arraste retilínea.

Mas, substituindo na fórmula anterior o valor da  $M_A$ , obtido com anterioridade, obtém-se como valor real a seguinte expressão:

$$M_{AR} = \frac{2,5 \cdot K_d \cdot K_L}{\delta}, \quad \delta \text{ expresso em m/ha}$$

Cujos termos já foram definidos anteriormente.

Se na fórmula nº2, substitui-se  $d$  pelo termo  $d \cdot K_d$ , além disso,  $L$  pelo termo  $L \cdot K_L$ , obtém-se a expressão seguinte:

\* Studies of cross-country transport distances and road net extension.

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{K_L \cdot V \cdot t_d + PA + PC}{K_d \cdot q \cdot A_d}} \quad \begin{array}{l} \text{Fórmula} \\ \text{nº3} \end{array}$$

(Neste caso todos os termos já foram definidos anteriormente).

O valor de  $d$ , possui muito pouco sentido na suposição de que as estradas não sejam paralelas.

À respeito, SUNDBERG\*, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, introduz o conceito de distância média "ótima" de arraste, o qual possui um sentido físico maior que o conceito de: separação das estradas. Sendo esta distância ótima:

$$M_A K_d = \frac{d}{4} K_d$$

O anteriormente expresso é substituído na fórmula nº3 pelo valor de " $d$ ", do qual obtém-se:

$$M_{A_{opt}} = \sqrt{\frac{K_L \cdot K_d}{4} \cdot \frac{V \cdot t_d + PA + PC}{q \cdot A_d}}$$

DE LA MAZA<sup>6</sup> assinala, que na prática pode-se supor que  $t_d=0$  pelo fato que o custo do transporte interior é independente da densidade das estradas de extração; uma variação muito grande desta densidade praticamente não modifica o comprimento do transporte.

STREHLKE, E.G.\*\*; citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, chega a uma conclusão igual, quando assinala que: "os custos de transporte nas estradas de extração são mínimos, comparando com os custos de arraste para uma distância igual; carecem de importância diante do importe total das estradas de extração, e pode-se desprezar."

Então, a fórmula anterior ficaria reduzida à seguinte relação:

\* Studies of transportation in forestry.

\*\* The economic road Standard, road spacing and related questions.

$$M_{Aopt} = \sqrt{\frac{K_L \cdot K_d}{4} \cdot \frac{P_A + P_C}{q \cdot A_d}}$$

GRAYSON\*, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, assume suposições similares e chega a estabelecer a separação ótima das estradas paralelas, através da fórmula seguinte:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{P_A + P_C}{q \cdot A_d}}$$

A qual é inteiramente similar às estabelecidas por SUNDBERG e VON SEGEBADEN.

Mas, o citado autor estima que os desvios por causa da topografia, traçados das estradas, etc., darão lugar a que a distância média de arraste real esteja compreendida entre  $\frac{d}{3,5}$  e  $\frac{d}{5}$  em lugar do valor  $\frac{d}{4}$ , obtido teoricamente.

À conclusões relativamente similares chega MacMILLEN, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, estabelecendo o ábaco do Anexo nº 4 e o quadro complementar seguinte:

Tabela nº 1 - VALORIZAÇÃO DO FATOR "K"

Distância de arraste comparada com a distância em linha reta à estrada	ACLIVIDADE (%)			
	0 - 5	5 - 11	11 - 17	17 em diante
DIRETO	0,30	0,35	0,42	0,52
+ 15%	0,35	0,40	0,48	0,59
+ 40%	0,42	0,48	0,59	0,72
+ 75%	0,53	0,60	0,74	0,90

Fonte: Mac MILLEN. Op. Cit.

\* Road density in extracion planning.

O quadro anterior proporciona os valores de correção K, com certa matização, em função da aclividade e da comparação da distância real de arraste com a retilínea.

Baseando-se nos trabalhos de JOHNSTON et alii<sup>19</sup>, DE LA MAZA<sup>6</sup> estabelece uma relação matemática, com respeito à distância média de arraste, no qual o custo do transporte é desprezível, tal como foi estabelecido anteriormente,  $t_i = t_d = 0$ , além disso, admite por razões de facilidade, que o custo do arraste é uma função linear da distância, ou seja,  $A_i = 0$ .

Voltando com a fórmula nº 1:

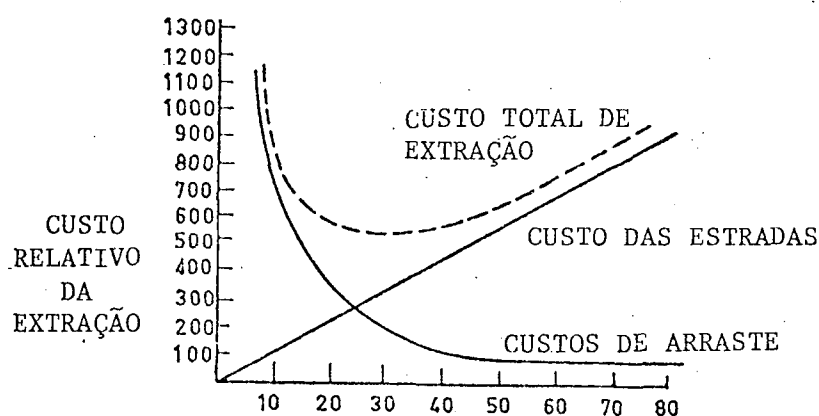
$$C = V(A_i + \frac{d}{4} \cdot A_d) + V(t_i + \frac{S}{d}) + \frac{S}{d} (P_a + P_c)$$

e fazendo as considerações anteriores, obtêm-se:

$$C = \frac{V \cdot A_d}{\delta \cdot 4} + (P_a + P_c) \cdot \delta \cdot S$$

O que origina o seguinte gráfico:

Figura 4 - DENSIDADE DAS ESTRADAS m/ha.



Fonte: Forest planning. JOHNSTON, GRAYSON, BRADLEY. (Op. Cit.)

Chamando:

$$\frac{V A_d}{4 \cdot S} = A$$

e

$$P_a + P_c = B$$

Obtém-se:

$$\frac{C}{S} = A \frac{1}{\delta} + B \cdot \delta$$

Diferenciando a expressão:

$$\frac{d\left(\frac{C}{S}\right)}{d\delta} = -\frac{A}{\delta^2} + B = 0$$

O valor ótimo será para:

$$\delta_{opt} = \sqrt{\frac{A}{B}}$$

e o custo mínimo por unidade de superfície é:

$$\left(\frac{C}{S}\right)_{min} = 2\sqrt{A \cdot B}$$

Outras densidades de estradas distintas do ótimo expressam-se por:

$$\delta = K \sqrt{\frac{A}{B}}$$

O custo para a dita densidade será:

$$\frac{C}{S} = \frac{K^2 + 1}{K} \cdot \sqrt{\frac{A}{B}}$$

E, sua relação com o mínimo é:

$$R = \frac{K^2 + 1}{2K}$$

O que proporciona os valores de K da seguinte Tabela:

Tabela nº 2 - VALORES DE "K" EM FUNÇÃO DE "R".

K	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
R%	125	113,6	106,4	102,5	100,5	100	100,4	101,7	103,5	105,8	108,3

DE LA MAZA<sup>6</sup> coloca de manifesto duas consequências:

- 1) Entre 0,8 e 1,2 da densidade ótima de estradas, os custos variam muito pouco, ou seja, um certo desvio de mais ou menos no cálculo da densidade ótima de estradas não é



muito importante no que refere-se à uma elevação do custo.

- 2) Enquanto a densidade das estradas é 0,5 do ótimo, o custo eleva-se em 25%, portanto, um excesso de densidade de estradas de 1,5 sob o dito ótimo, só origina um aumento de custo na ordem de 8,3%.

Segundo o referido autor, pode-se então, afirmar, que desde o ponto de vista do custo da extração, a elevação é mais sensível com uma diminuição das estradas por debaixo do nível ótimo que acima do mesmo.

Mas, o referido autor assinala que, "na prática para julgar a transcendência dos desvios do ótimo de densidade e mínimo do custo, deve-se considerar os volumes à extrair e o valor absoluto da densidade ótima das estradas, obtendo-se cifras também absolutas sob as consequências econômicas no que o dito valor da densidade pode dar lugar." (DE LA MAZA<sup>6</sup>, p. 215)

MACHADO<sup>20</sup> aborda o problema da distância média de arraste reportando a seguinte fórmula:

$$\bar{D} = \frac{S}{2} \cdot K_t$$

Onde:

$$S = \sqrt{dn^2 + dh^2}$$

Sendo:

$\bar{D}$  = Distância média de arraste, expresso em m.

S = Máxima distância de arraste (m).

$K_t$  = Coeficiente de topografia, variável de 1,0 a 1,5.

dn = Diferença de nível (m).

dh = Distância horizontal (retirada do mapa) em metros.

DIETZ<sup>7</sup> aborda o problema do cálculo da distância média de arraste, assumindo relações matemáticas similares de JOHNSTON e DE LA MAZA<sup>6</sup>, isto é, partindo da minimização dos custos globais na exploração florestal. A relação de DIETZ<sup>7</sup> diferencia-se dos autores antes citados, pelo fato de que o citado autor ba-

seia-se na minimização dos custos globais do transporte da madeira relativo a 1,0 ha. de área florestal, visando a otimização da rede viária.

"A questão da otimização da rede viária, ou seja, da densidade de estradas, é sempre o ponto central da discussão de uma rede viária florestal bem estruturada. Procura-se instalar a rede viária com a maior utilização líquida, ou seja, uma rede viária que apresente como resultado a menor soma possível de custos decorrentes da utilização das estradas. E são representados principalmente por:

- custos de estradas novas (amortização e juros) e de sua conservação, bem como a perda de área de produção;
- custos dependentes da densidade da rede viária para o transporte da madeira até as estradas (custos de arraste)." (DIETZ<sup>7</sup>, p. 29)

Assumindo o anteriormente exposto, o referido autor parte da formulação matemática genérica da exigência de minimização dos custos globais, resultando no seguinte modelo de cálculo:

$$GK = WK \cdot WD + RK \cdot RE \cdot N \longrightarrow \text{mínimo.}$$

Onde:

GK = Custos globais do transporte da madeira relativo à 1,0ha. de área florestal.

WK = Amortização e juros dos custos de construção mais custos médios anuais de conservação.

RK = Custos de arraste, em função da distância de arraste.

WD = Densidade da rede viária.

RE = Distância de arraste, isto é:  $\frac{5.000}{WD}$

N = Porcentual de utilização a longo prazo por ha. de área florestal da empresa de manejo florestal sustentado, (ou porcentual de utilização para o período de cálculo).

A exigência de minimizar os custos globais é atendida matematicamente por:

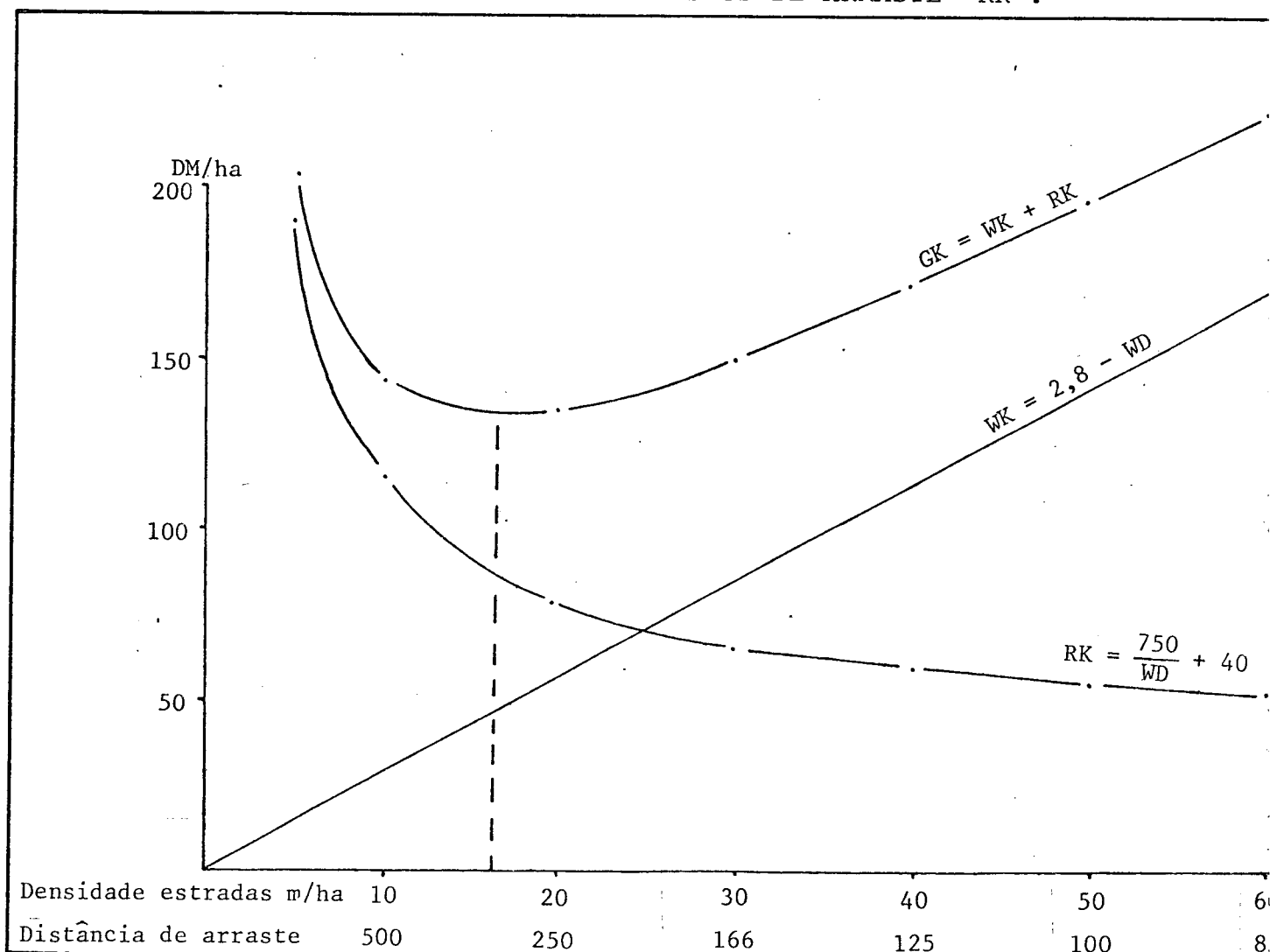
$$\frac{GK}{WD} = WK - \frac{RK \cdot 5.000 \cdot N}{WD^2} = 0$$

de onde resulta:

$$WD_{\text{ótimo}} = \sqrt{\frac{RK \cdot 5.000 \cdot N}{WK}}$$

Segundo DIETZ<sup>7</sup>, as inter-relações estão representadas graficamente na Figura seguinte:

Figura 5 - DENSIDADE ÓTIMA DE ESTRADAS, EM FUNÇÃO DOS CUSTOS DE ESTRADAS "WK" E CUSTOS DE ARRASTE "RK".



À respeito, o autor assinala, torna-se evidente que com o aumento da densidade das estradas os custos das mesmas crescem constantemente, enquanto que os custos de arraste, no início, diminuem rapidamente e no caso de adensamento maior da rede de estradas, estes passam a diminuir relativamente pouco. Disto resulta o traçado da curva de custos globais, com densidade ótima de estradas, onde a soma dos custos de estradas mais os custos de arraste são os menores possíveis.

O autor garante que o cálculo ótimo apresentado, pode contribuir para demonstrar as inter-relações entre custos de estradas e custos de arraste. "Naturalmente, ela tem apenas um caráter de modelo, não podendo ser utilizada para a avaliação de projetos concretos de rede viária. Isto traz a desvantagem que apenas os parâmetros monetários avaliáveis diretamente entram no cálculo dos custos de estradas e arraste. Outros custos, e principalmente as vantagens da rede viária podem ser considerados como valores estimativos. Neste caso, a densidade real das estradas de empresas bem servidas de rede viária, não se encontram muito acima do valor ótimo do modelo." (DIETZ<sup>7</sup>, p. 30)

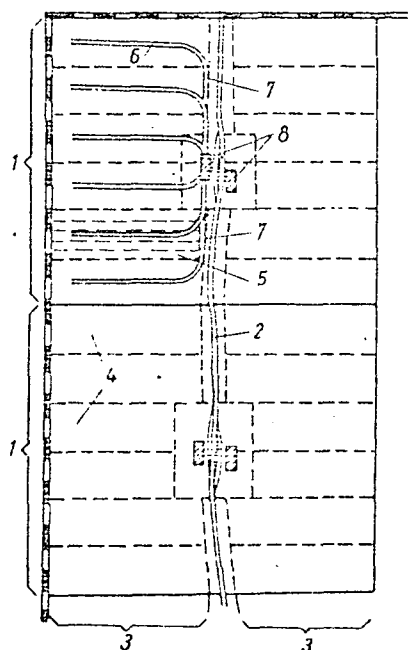
Com respeito ao dito anteriormente, o autor reporta, que para avaliação de medidas concretas de instalação da rede viária, emprega-se com vantagens os clássicos de cálculo de investimento. Como também neste caso são considerados apenas os valores monetários, pode-se utilizar métodos de análise do valor de utilização, no qual os valores não avaliáveis monetariamente encontram aplicação.

"Os estudos de uma densidade ótima da rede viária, demonstraram que a densidade é apenas uma característica insuficiente para determinar o grau da qualidade da rede, há outros fatores que exercem influência decisiva; isto reforça a importância de um planejamento cuidadoso da rede viária." (DIETZ<sup>7</sup>, p. 32)

WINOGOROW<sup>27</sup> reporta um método para o cálculo da distância média de arraste, seguindo a esta metodologia:

- 1) A floresta é dividida numa área de corte, a qual é designada como a área total da qual obtêm-se a madeira. A área total pode ter 200 ha.

Figura 6 - OS PRINCIPAIS ELEMENTOS DE PRODUÇÃO DA ÁREA.



1. Área de corte.
2. Via de escoamento.
3. Parcelas.
4. Faixa de corte.
5. Subfaixa.
6. Trilhas de arraste da área de corte (secundárias).
7. Trilha de arraste principal.
8. Pátios de estocagem

As áreas de corte são divididas em parcelas, as quais são caracterizadas por:

- Correspondem à área onde trabalha uma unidade completa, denominada, neste caso, "brigada"; portanto são chamadas de "parcelas de brigadas".
- Realiza-se nestas parcelas todo conjunto dos serviços mais importantes de corte, desde a derrubada das árvores até o carregamento em vagões da rede ferroviária ou em caminhões.
- A parcela quase sempre tem um tamanho de cinco a oito hectares, embora seu tamanho possa variar de acordo com o tipo de floresta; mas elas não ultrapassam as dimensões antes mencionadas.

- Dependendo do meio de extração, a parcela pode ser:
  - Quando se trata de arraste com trator a parcela é dividida em faixas de corte de uma largura de 25 à 45 m. ao longo das trilhas de arraste. Nestas faixas de corte realiza-se os trabalhos de beneficiamento primário, como: corte e desganhamento. Para que se possa efetuar um melhor trabalho, as faixas de corte podem ser divididas em sub-faixas (5); estas são faixas estreitas de corte, paralelas à trilha de arraste da faixa de corte.
  - Quando se trata de arraste com guincho a parcela não é dividida em faixas de corte, mas em setores, os quais são áreas de forma triangular. Na ponta deste triângulo situa-se a torre de arraste, a base segue o limite da parcela.

Nas características o setor iguala-se à faixa distinguindo-se somente na forma.

- Dentro da parcela, para que se possa efetuar um melhor trabalho, nas faixas de corte, deve-se construir 2 tipos de trilha:
    - A trilha de arraste da faixa de corte (6), a qual é usada para o arraste da madeira proveniente desta faixa, e que passa pelo seu meio.
    - As trilhas de arraste principais (7) requerem um padrão melhor. Elas são mais largas e precisam ter um melhor preparo, uma vez que o trator opera nelas por mais tempo, por ocasião do arraste proveniente de várias faixas de corte.
- 2) Formação da cadeia de trabalho - A cadeia de trabalho é constituída por unidades de trabalho (brigada), tendo um

ou mais pátios de carregamento (quando se carrega madeira em forma longa ou árvores inteiras), ou um pátio de acabamento na extremidade superior (quando as unidades também executam os cortes de seccionamento). Tanto o pátio de carregamento como o pátio de acabamento são chamados de pátios de carregamento (8). Isto principalmente ocorre quando não interessa o tipo de pátio de carregamento, mas sua distribuição na floresta, seu número e a distância entre os mesmos, isto é, a solução das tarefas técnicas é importante.

- 3) Distribuição das vias de escoamento e fixação da distância média de arraste - A distribuição das vias de escoamento, em se tratando das áreas de corte, depende da dimensão da área de corte, assim como dos custos de construção e manutenção. A distância de arraste não ultrapassa 300 m. Em áreas de corte com 1.000 m de largura a distância de arraste atinge 500 a 600 m.

4) Metodologia dos cálculos:

.-. Determina-se a distância de arraste mínima, em função da largura mínima da parcela, onde os tratores, apesar da manobra de retorno, podem trabalhar normalmente.

$$L_{\min} = R_1 + \ell_2 + R_2 + R_3 + \ell'_3 + \ell'_4 = 6\ell$$

Onde:

$L_{\min}$  = Distância de arraste mínima.

R = Raios da curva, que correspondem a uma altura média de uma árvore:

$\ell$  = altura média de uma árvore, para simplificação,

$\ell$  = comprimento da área, da qual:

$\ell'_3, \ell'_4$  = reunião de feixes de fustes;

$\ell'_2$  = comprimento da área de arraste entre duas curvas.

- .-. Considera-se que a largura mínima da parcela,  $B_{min}$ , deve ter no mínimo seis vezes a altura média das árvores do povoamento, isto é:

$$B_{min} = L_{min} = 6\ell.$$

No caso, as árvores com uma altura de,  $\ell = 25$  m, a largura deve ser de, no mínimo, 150 m.

- .-. Quando se trata de trilhas de arraste que não se situam defronte ao pátio de carregamento, mas sim ao lado, somente é necessário que o trator carregado faça uma volta. O intervalo, nesses casos, será:

$$L'_{min} = R_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 = 4\ell.$$

- .-. A distância máxima de arraste  $L_{max}$  (ou largura máxima da parcela  $B_{max}$ ) é determinada no sentido técnico, levando em consideração a redução da produção do trator com o aumento da distância de arraste até que se tenha o limite econômico apropriado. À respeito o autor introduz uma série de cálculos para se determinar a dimensão ótima da equipe.

- .-. Determinação da dimensão mais conveniente, utilizando-se o método analítico e gráfico. À respeito, o objetivo na determinação da dimensão ótima das parcelas e a distância de arraste é uma solução, onde a soma dos custos do preparo ( $T_1$  e  $T_2$ ) e para os trabalhos principais  $T_3$ , sejam mínimos:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = T_{min}$$

O autor resume:



"Como os valores dos custos para os trabalhos de corte até agora não são fixos, é conveniente efetuar a tarefa prevista com um mínimo de volume de trabalho, baseado em 1000 m<sup>3</sup> de madeira."

Considerando o anteriormente expresso:

T = Volume de trabalho para os trabalhos principais e preparos.

T<sub>1</sub> = Volume de trabalho para a construção das vias de escoamento.

T<sub>2</sub> = Volume de trabalho para o preparo dos pátios de carregamento.

T<sub>3</sub> = Volume de trabalho para o arraste da madeira.

A continuação, deduz-se cada membro da equação anterior, descrevendo um meio de solução, sugerido por WINOGOROW<sup>27</sup>; o autor começa pela determinação do volume de trabalho para a construção das vias de escoamento.\*

— Cálculo do volume de trabalho para a construção das vias de escoamento, baseado em 1000 m<sup>3</sup>, conforme a seguinte fórmula:

$$T_1 = \frac{10 \cdot K \cdot A}{q \cdot x}$$

Onde:

T<sub>1</sub> = Volume de trabalho para a construção das vias de escoamento.

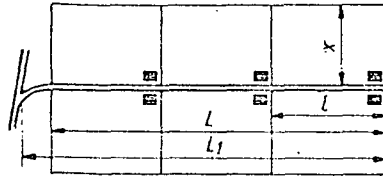
A = Volume de trabalho para a construção e desmembramento de 1 km de via de escoamento expresso em: dia/pessoal.

\* WINOGOROW, G.K.: Grundlagen der Organization und Technologie der Einschlag-sarbeiten, Goslesbumisdat, Moskau, 1960.

K = Coeficiente que considera as áreas com madeira inaproveitável do traçado da via de escoamento, isto é:  $K = \frac{L_1}{L}$

q = Estoque de madeira, isto é:  $m^3/ha$ .

x = Largura da parcela em km.



- Cálculo do volume de trabalho para o preparo dos pátios de carregamento, igualmente baseado em  $1000 m^3$  de madeira, conforme a relação seguinte:

$$T_2 = \frac{10 \cdot B}{q \cdot l \cdot x}$$

Onde:

$T_2$  = Volume de trabalho para o preparo dos pátios de carregamento.

B = Volume de trabalho para o preparo de um pátio de carregamento em dias/pessoal.

q = Estoque de madeira, em  $m^3/ha$ .

l = Distância entre os pátios em km.

x = Largura da parcela em km.

- Cálculo do volume de trabalho para o arraste da madeira, baseado em  $1000 m^3$ , expresso pela seguinte equação:

$$T_3 = 10^3 n \frac{t + \frac{x \cdot l}{V}}{G \cdot Q}$$

Onde:

$T_3$  = Volume de trabalho para o arraste da madeira.

$G$  = Período do turno, excluindo-se os tempos de preparo e de término, expresso em min.

$n$  = Nº de operários que estão diretamente ocupados com o arraste.

$V$  = Velocidade média sem e com a carga, m/min.

$x_\ell$  = Distância média de arraste, km.

$Q$  = Carga de arraste por viagem,  $m^3$ .

A distância média do arraste  $x_\ell$  pode ser expressa pela carga,  $x$ , e o comprimento  $l$  da parcela:

$$x_\ell = H.X + Z.l$$

Onde:

$x_\ell$  = Distância média de arraste, km.

$H, Z$  = Coeficientes que dependem do esquema de trabalho nas parcelas e da localização das trilhas de arraste.

$X$  = Carga da máquina.

$l$  = Comprimento da parcela.

A fórmula do cálculo do volume de trabalho para o arraste da madeira, baseado em  $1000 m^3$  de madeira, recebe então, a seguinte forma:

$$T_3 = \frac{10^3.n}{G.Q} \cdot \left[ t + \frac{10^3}{V} \cdot (H.X + Z.l) \right]$$

A equação geral do volume de trabalho para os trabalhos principais e preparos (passo 4.5), tem a seguinte forma:

$$T = \frac{10.K.A}{q.x} + \frac{10.B}{q.l.x} + \frac{10^3}{G.Q} \cdot \left[ t + \frac{10^3}{V} (H.X + Z.l) \right]$$

Diferenciando a equação e iguala-se à derivação igual a 0 (zero):

$$\frac{\alpha T}{\alpha x} = - \frac{10 \cdot K \cdot A}{q \cdot x^2} - \frac{10 \cdot B}{q \cdot l \cdot x^2} + \frac{10^6 \cdot H \cdot n}{G \cdot Q \cdot V} = 0$$

— Após a transformação dos termos, obtém-se a largura ótima da parcela expresso na relação:

$$X = \sqrt{\frac{G \cdot Q \cdot V}{10^5 \cdot H \cdot n \cdot q} \left( K \cdot A + \frac{B}{l} \right)}$$

Onde:

X = Largura da parcela em km.

G = Período do turno, sem os tempos de preparo e de término, expresso em min.

Q = Carga de arraste por viagem, m<sup>3</sup>

V = Velocidade média sem e com a carga, m/min.

H = Coeficiente que depende do esquema de trabalho nas parcelas e da localização das trilhas de arraste.

n = N<sup>o</sup> de operários que estão diretamente ocupados com o arraste.

q = Estoque de madeira por ha, expresso em m<sup>3</sup>/ha.

K = Coeficiente, que considera as áreas com madeira inaproveitável do traçado da via de escoamento, ou seja,  $K = \frac{L_1}{L}$ , conforme a figura anterior.

A = Volume de trabalho para a construção e desmembramento de 1 km. de via de escoamento em dias/pessoal.

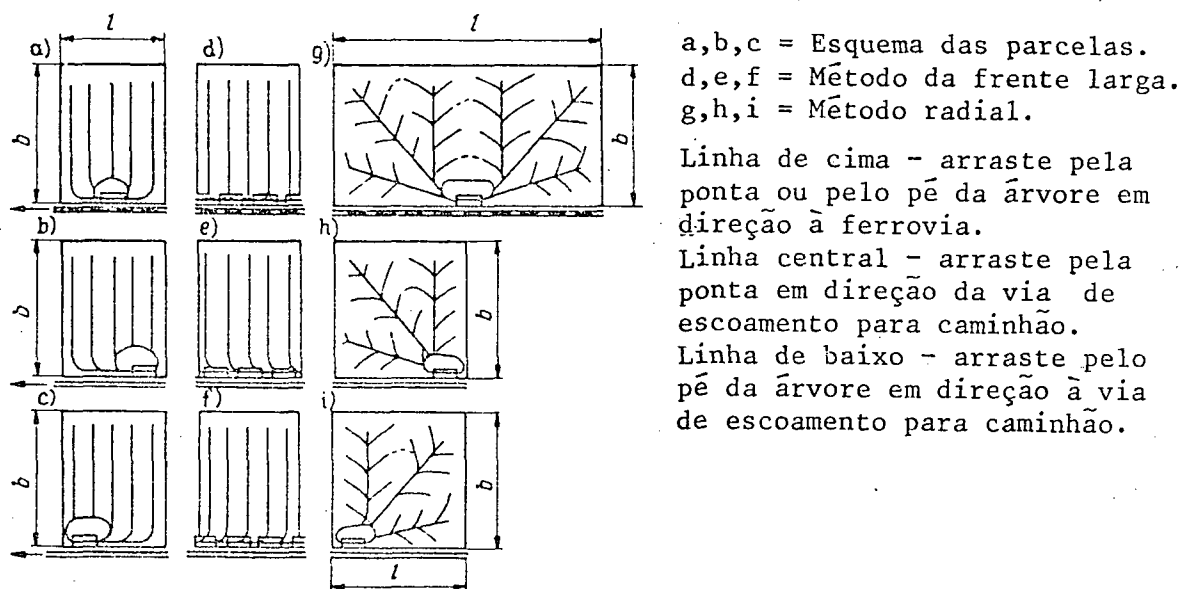
l = Distância entre os pátios, expresso em km.

5) Determinação da rede viária para as parcelas - À respeito, WINOGOROW<sup>2,7</sup> reporta que no esquema de distribuição das

parcelas, indica-se a distribuição das trilhas de arraste, dos pátios de carregamento e sua localização em relação à via de escoamento.

A via de escoamento, geralmente não passa pelo meio da parcela, mas em um dos seus lados. Isto exclui viagens do trator pela via de escoamento. A localização do pátio de carregamento depende do tipo do meio de transporte e do arraste. Nas ferrovias de bitola estreita, onde a madeira é carregada de maneira diversa, instala-se os pátios de carregamento de tal forma, que a madeira possa ser arrastada nos dois lados. Conforme a seguinte Figura (a,d,g):

Figura 7 - ESQUEMA DA REDE VIÁRIA DAS PARCELAS.



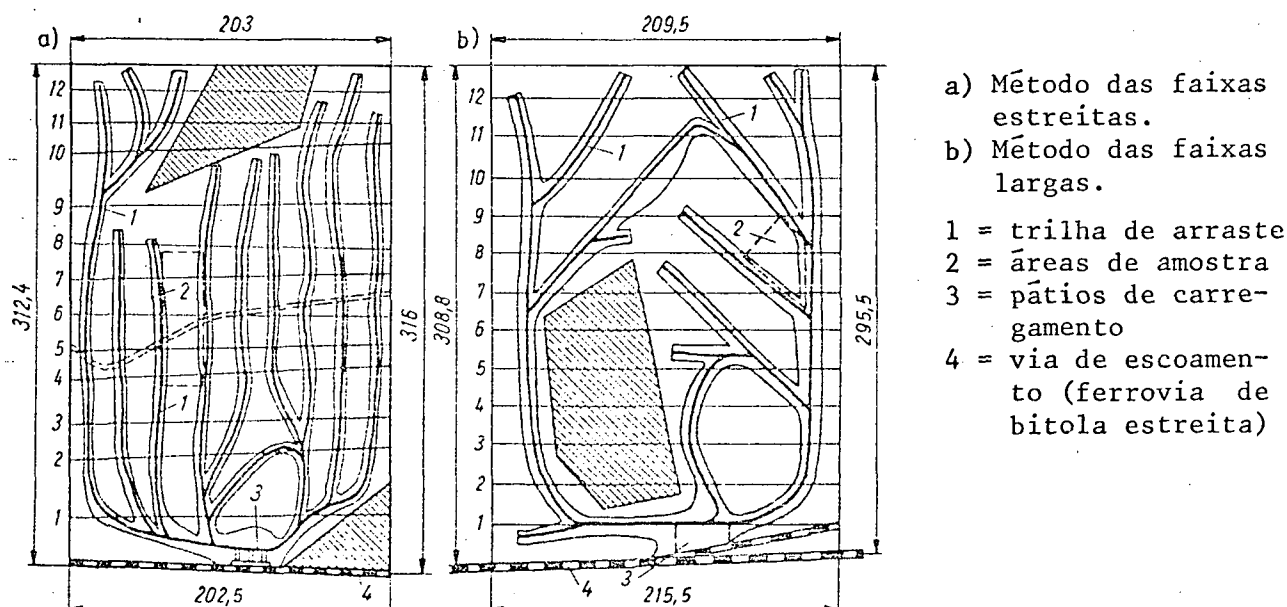
Com o subsequente escoamento por caminhão, os pátios de carregamento são instalados no final da parcela, quando a madeira é arrastada pela ponta (Figura 7, c, f, i).

Conforme as figuras, surgem três esquemas, os quais são:

1. De acordo com a figura 7, a, b, c, atualmente usa-se estes 3 esquemas para a implantação da rede viária na parcela, que se distinguem pelas distribuições das clareiras provenientes de arrastes, o que origina:
  - . Esquema paralelo: a distribuição paralela das trilhas de arraste, que fazem limite com um pátio de carregamento (veja Figura 7, a, b, c) é usado nos casos onde a distribuição das parcelas se faz de maneira livre, de comprimentos e larguras iguais. Este esquema é principalmente conveniente para o sistema de corte que prevê a regeneração natural, no sistema de corte por etapas e sistema de secagem biológica da madeira.
  - . Método da frente larga - este método é uma variante do esquema paralelo. Neste método as unidades têm vários pátios de carregamento que situam-se ao longo da via de escoamento. A cada pátio de carregamento anexam-se duas a três clareiras de arraste, conforme a Figura 7, d, e, f. Este esquema usa-se quando se instala pátios simples de carregamento e os gastos para seu preparo são bastantes baixos. Este esquema, por exemplo, é conveniente empregando-se o equipamento de carga "Uberkopflader", quando para preparar o pátio de carregamento é suficiente efetuar somente uma limpeza na área. Também pode ser usado quando se usa caminhões com carregamento automático.
  - . Esquema radial - usa-se este esquema de distribuição radial das trilhas de arraste, conforme a Figura 7,

g, h, e, quando a instalação dos pátios de carregamento requerem um grande esforço, como por exemplo, com o escoamento de sortimentos. Quanto maior forem os custos e volumes de trabalho para o preparo do pátio de carregamento, tanto maior deverá ser a área de corte previsto. Entretanto, as distâncias de arraste deverão ser curtas, se possível. O esquema radial permite encurtar sensivelmente as distâncias de arraste, comparando com o esquema paralelo. As trilhas de arraste principais aqui unem as partes das parcelas com o pátio de carregamento na distância mais curta. Cada trilha de arraste principal tem uma rede de trilhas que cortam as faixas de corte. As trilhas podem se unir no final (no esquema, sua representação é a linha pontilhada, na Figura 8. A desvantagem deste esquema, é que se deve dividir as parcelas em faixas de corte.

Figura 8 - ABERTURA DE CORTE (CLAREIRAS) OBTIDA POR LEVANTAMENTO GEODÉSICO, APÓS IMPLANTAÇÃO DA REDE NAS PARCELAS.



A Figura 8, a, trabalhou-se conforme o método de faixas estreitas, observando-se a regeneração natural. A Figura 8, b, também implantou-se a rede viária florestal objetivando a regeneração natural, entretanto com faixas de corte com uma largura de 40 a 45 m.

- 6) Determinação da distância média das trilhas de arraste - A média da distância das trilhas de arraste pode ser determinada para a parcela, para cada subdivisão, para turnos, para períodos contábeis (mês, década, semana, etc). Em geral  $l_m$  da carga total do trator, dividido pelo número de viagens corresponde à:

$$l_m = \frac{l_1 + l_2 + l_3 \dots + l_n}{n} = \frac{\sum l_i}{n}$$

Onde:

$l_m$  = Distância média das trilhas de arraste.

$l_i$  = Trecho de uma viagem carregado, expresso em m.

$n$  = Número das viagens.

A média da distância de arraste pode ser determinada pelo comprimento dos lados da parcela, ou pode ser calculada pela fórmula empírica, neste caso,  $l_m = x\ell$ , expresso anteriormente como:

$$l_m = x\ell = H.X + Z.\ell$$

Mas o citado autor assinala, que em tratando-se de forma e área iguais das parcelas com esquema diferente, as distâncias médias de arraste tornam-se diferentes.

À respeito, WINOGOROV<sup>27</sup> estabelece fórmulas para o cálculo da distância média de arraste de acordo com os diferentes esquemas e, conseqüentemente, de acordo com o tipo de transporte; para o caso:



. Esquema paralelo, (veja Figura 7, b e C), de acordo com os meios de transporte seguintes:

. Transporte da madeira por caminhão:

$$l_m = 0,5 \cdot b + 0,5 \ell$$

Onde:

$l_m$  = distância média de arraste;

$b$  = largura da parcela;

$\ell$  = comprimento da parcela.

. Transporte por ferrovia, quando o pátio estocagem situa-se no centro da extensão da parcela (Figura 7, a), a distância média de arraste passa a ser menor:

$$l_m = 0,5 \cdot b + 0,25 \cdot \ell$$

. Método de frente larga (veja Figura 7, d, e, f), pode-se estimar a distância média de arraste,  $l_m$ , com a metade da largura da parcela:

$$l_m = 0,5 \cdot b$$

. Esquema radial, conforme a Figura 7, g, h, i, a distância média de arraste é expressa com a seguinte fórmula:

$$l_m = 0,5 + 0,4 \cdot \ell$$

Existem circunstâncias em que os coeficientes  $H = 0,5$  e  $Z = 0,4$ , são determinados empiricamente para o caso, quando o pátio de carregamento situa-se no canto (veja Figura 7, h e I), isto é, com transporte por caminhão. Mas quando o pátio de carregamento fica no centro, isto é, quando a parcela fica junto às ferrovias, conforme a Figura 7, g, a distância média de arraste é expressa por:

$$l_m = 0,5 \cdot b + 0,2 \ell$$

O autor reporta, finalmente, que usando-se as fórmulas pa-

ra a distância média de arraste pode-se determinar as diferentes distâncias de arraste para as mesmas parcelas com diferentes esquemas de implantação da rede viária. No caso do esquema radial, a distância média de arraste é de 10 a 30% menor do que no esquema paralelo. O método de frente larga conduz à uma redução da distância média de arraste de 1,7 a 2 vezes, comparado com o esquema paralelo.

### III MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E ESCOLHA DO LOCAL EM ESTUDO

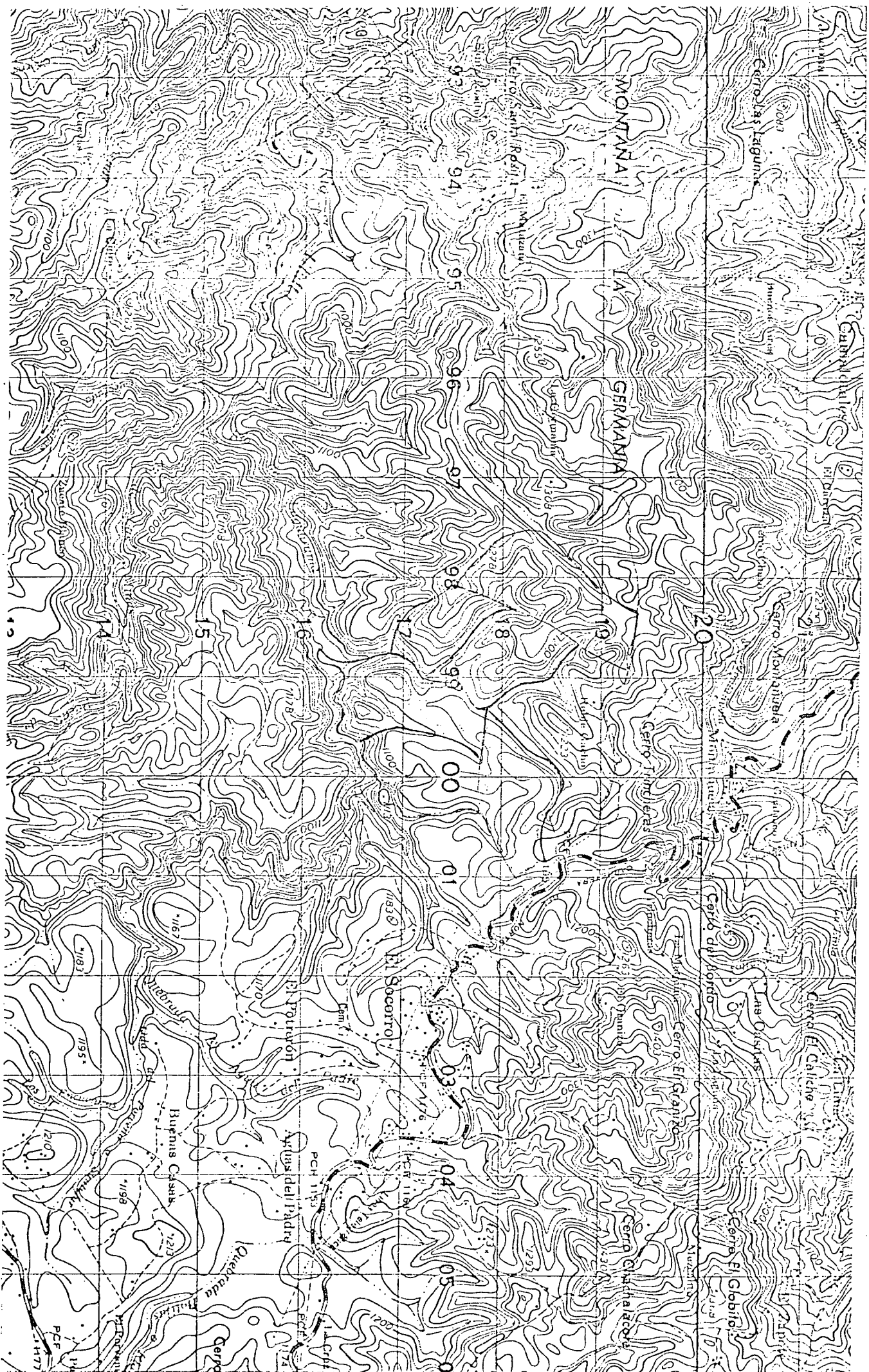
A região florestal selecionada para a aplicação prática dos modelos apresentados para o cálculo da distância média de arraste, está localizada na República de Honduras, América Central.

A escolha desta região como objeto da aplicação prática, foi efetuada devido à informação e documentação existentes e que o autor recebeu, sendo que para efeitos de cálculos e demonstração, conta-se com mapas plani-altimétricos, fotografias aéreas e resultados de inventário florestal.

A zona florestal objeto da aplicação prática é denominada "LA GERMANIA", localizada no km 135 da estrada Tegucigalpa - San Pedro Sula, no Departamento de Comayagua, município de Siguatepeque, aos 14°37' latitude norte e a 88°57' longitude oeste, referência 964187 no mapa 2659 IV "Siguatepeque" (Figura 10). O limite é marcado pela estrada Tegucigalpa - San Pedro Sula, na parte leste e pelo rio de Laguaruma, no sul; no limite norte encontra-se a montanha "La Germania" e ao oeste a aldeia de "El Matazano".

A área total é coberta pelas fotografias aéreas seguintes: 1756, 1757, 1758 e 1759 da linha de voo nº 29, e 1841, 1842, 1843, 1844, 1845 da linha de voo nº 30.

Figura 9 - MAPA PLANI-ALTIMÉTRICO DA REGIÃO "LA GERMANIA".



Por disposições do Distrito Florestal Regional da COHDEFOR (Corporación Hondureña de desarrollo Forestal), a área objeto deste estudo é dividida em compartimentos (Figura 11), sendo seus limites os acidentes naturais (rios, riachos, cumes de montanhas, colinas, caminhos e estradas); do total de mais de 300 compartimentos que constituem a região, só 5 entrarão nos cálculos da aplicação prática, pela limitada informação obtida; estes compartimentos são identificados como: L-360, L-358, L-357, L-356 e L-314. O recurso florestal existente nos cinco compartimentos é constituído por "pino ocote" (*Pinus oocarpa* M.), o qual é uma espécie gregária e nativa da região.

O sub-bosque é formado por: gramíneas, regeneração natural e folhosas de 1 a 2 m de altura, sendo muito variável sua densidade, a qual aumenta nas áreas úmidas e clareiras da floresta, principalmente nas drenagens naturais; e diminui conforme aumenta a densidade da massa florestal.

A existência do recurso florestal foi determinada mediante um inventário em cada compartimento de exploração representado na seguinte Tabela:

Tabela nº 3 - RESULTADOS DO INVENTÁRIO FLORESTAL

Compartimento nº	Área ha	Vol <sub>cc</sub> /ha Bruto m <sup>3</sup> /ha	Vol <sub>cc</sub> /ha Líquido m <sup>3</sup> /ha	Vol <sub>cc</sub> total Líquido aproveitável m <sup>3</sup>	arv/ha Total	arv/ha aproveitáveis	Vol <sub>cc</sub> /arv aproxim. m <sup>3</sup> /arv.	Árvores totais aproveitáveis
L-360	70,80	45	40	2.832,00	80	60	0,67	4.248
L-358	74,10	50	43	3.186,30	60	52	0,83	3.853
L-357	80,50	48	48	3.864,00	65	65	0,80	5.232
L-356	107,10	43	41	4.391,10	68	55	0,75	5.890
L-314	94,20	51	45	4.239,00	65	50	0,90	4.710
	426,70			18.512,40				23.933

Fonte: Unidad de Manejo forestal, Proyecto Siguatepeque, COHDEFOR.

A prescrição silvícola, proporcionada pelo Distrito Florestal regional, indica "a existência de uma floresta madura, e prescreve-se corte seletivo nos compartimentos L-360, L-358, L-356, L-314, ficando proibitivo a derrubada de árvores marcadas pelos funcionários da Unidade de Manejo, Projeto Siguatepeque. Em tais compartimentos, após o aproveitamento, se efetuará uma queima controlada para garantir a regeneração natural da floresta. No compartimento L-357, prescreve-se um corte raso; sendo dito compartimento, área para regeneração artificial."(Plan de manejo forestal<sup>4</sup>, p.98)

Os solos da região caracterizam-se por serem superficiais, isto é, apresentam um perfil pouco profundo, escasso conteúdo de matéria orgânica, pobres em nutrientes, não aptos para a agricultura e facilmente erosionáveis. Em certas áreas o sub-solo é constituído por tosca\*, em outras por rocha firme, existindo pequenas áreas, nas drenagens naturais, onde o solo é profundo e argiloso, com abundante matéria orgânica em diferentes estados de decomposição.

\* Material intermediário, entre rocha firme e solo de cor branca ou escura, com um índice nulo de fertilidade.



### 3.2 TOPOGRAFIA, ACESSIBILIDADE DO LOCAL EM ESTUDO

Baseando-se no mapa plani-altimétrico da região "La Germania" (vide Figura 9), pode-se dizer que se trata de uma área de topografia irregular, com aclividades que flutuam entre 25% à 30% aproximadamente.

A região é limitada ao leste por uma estrada asfaltada que une San Pedro Sula - Tegucigalpa, e no limite norte o caminho que une a aldeia de "El Matazano" com a referida estrada asfaltada, proporcionando uma vantagem na implantação da rede viária interna, a qual é inexistente nessa região.

A área objeto do estudo, encontra-se aproximadamente a 8kms da indústria madeireira C.A.S.I.S.A. (siglas em castellano: Central de Aserrío Siguatepeque Sociedade Anónima), a qual constitui um dos projetos de desenvolvimento florestal do Governo de Honduras, através da COHDEFOR.

A 10 km ao sul da região "La Germania" se encontra o município de Siguatepeque, onde se localiza a ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales), um centro de saúde, um hospital evangélico e diversas instituições de ensino público e privado. O município de Siguatepeque é famoso pela tradicional produção de madeira, o que proporciona a disposição de mão de obra especializada e de dois distribuidores de maquinário florestal: Caterpillar e Komatsu.

### 3.3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO CONVENCIONAL PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE ATRAVÉS DO MODELO DONNELLY

O primeiro método convencional, em termos geométricos, para o cálculo da distância média de arraste, foi desenvolvido por Dennis M. Donnelly em 1978 nos EEUU; o citado modelo apresenta uma metodologia diferente às descritas anteriormente, e pode conside-



rar-se como o modelo base através do qual evoluíram os três modelos a serem apresentados.

Para efeito de ilustração, o modelo DONNELLY será aplicado junto aos três modelos que foram desenvolvidos a partir de sua concepção e estrutura matemática, mas com notáveis diferenças no ponto de aplicação e com características sui-generis na metodologia de cada um deles.

Contrário aos métodos reportados pelos autores segundo a bibliografia consultada, DONNELLY<sup>8</sup> apresenta um modelo baseado na geometria da figura, e sua aplicação requer o uso de fotografias aéreas e/ou mapas da área a ser explorada. Este modelo calcula a distância média de arraste em função da capacidade do maquinário de extração, área e forma da figura do talhão ou dos talhões, sem considerar outros fatores e coeficientes que são exigidos nos outros métodos.

O autor assume que uma área de qualquer formato constitui uma figura, a qual poderá ser bordeada e aproximada por uma série de segmentos de linha reta ligadas entre si no seu contorno, o que produz um polígono fechado que constitui a base do modelo por ele apresentado.

Para o cálculo da distância média de arraste, DONNELLY<sup>8</sup> reporta o seguinte procedimento:

- 1) A figura (regular ou irregular) da zona onde se tem planejado efetuar o aproveitamento é desenhada num mapa, em uma escala conveniente.
- 2) A figura bordeada por uma série de segmentos de linha reta unidos entre si, os quais devem seguir a irregularidade da figura, sendo o comprimento de cada linha, definido por dois pares de coordenadas (x,y) ou dois vértices,

sendo que a união de duas linhas formará um vértice, o que dá, no final, a formação de um polígono fechado, regular ou irregular. O autor estabelece que quanto maior o número de segmentos de linha reta (ie, lados do polígono), maior a exatidão nos cálculos.

- 3) A figura é referenciada a um sistema de eixos cartesianos, cujas escalas devem ser iguais ou compatíveis com a figura citada.
- 4) Numeração dos vértices da figura - cada vértice do polígono fechado deve corresponder a um par de coordenadas  $(x, y)$  do sistema cartesiano; a sequência de numeração, como também o ingresso dos dados ao cálculo, deverá seguir o sentido dos ponteiros do relógio, para evitar a obtenção de áreas negativas.

O processo exposto acima é ilustrado na seguinte figura:

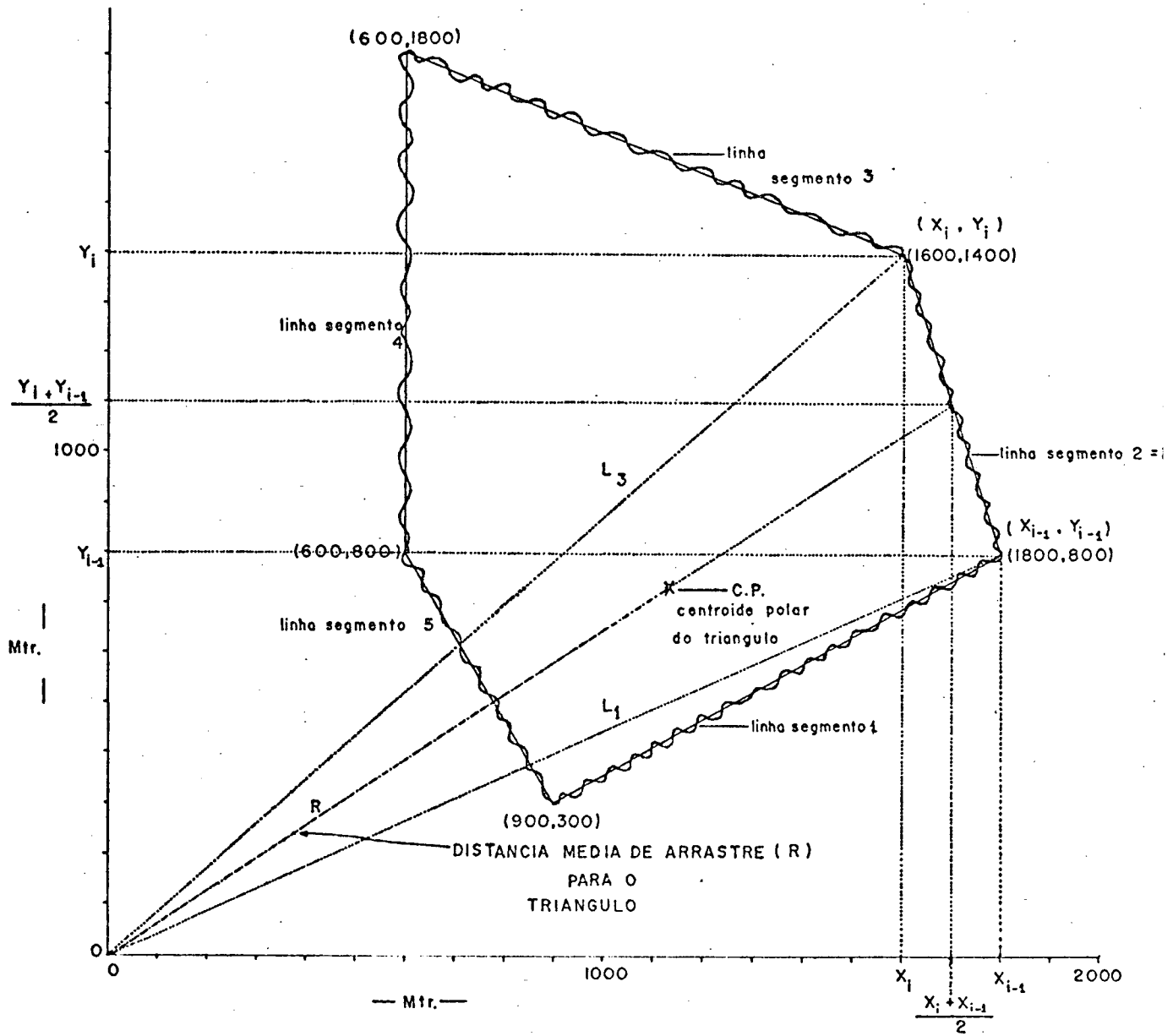


Figura 11 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO DONNELLY.

Nesta altura do procedimento, DONNELLY<sup>8</sup> reporta que o método é aplicável para as duas seguintes circunstâncias:

- I - Quando a densidade do volume aproveitável se assume como uniforme na área toda.
- II - Quando se combina duas ou mais áreas com diferentes densidades de volume, previamente delimitadas.

Os itens 1), 2), 3), 4), anteriormente explicados, são comuns para ambas as circunstâncias; DONNELLY reporta que para o primeiro caso I, a sequência de aplicação é a seguinte:

I.5. - Cálculo de R (vide Figural1) com a relação:

$$AYD = R \approx \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{X_i + X_{i-1}}{2} \right)^2 + \left( \frac{Y_i + Y_{i-1}}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Ou bem,

$$AYD = R \approx \frac{1}{3} \left[ (X_i + X_{i-1})^2 + (Y_i + Y_{i-1})^2 \right]^{1/2}$$

Onde:

AYD e R = Distância média de arraste do triângulo formado entre um segmento da poligonal e a origem (0,0) do sistema de eixos cartesianos. O que é, a distância entre a origem do sistema cartesiano (0,0) e o centro polar do dito triângulo, ou seja, o primeiro momento polar.

$(X_i, Y_i)$  = Coordenadas do vértice (i) da figura.

Sendo que  $i = 1, 2, 3 \dots n$  e

$n$  = Número total de vértices.

O autor estabelece que esta fórmula aproximada requer que um dos vértices do triângulo seja localizado na origem (0,0) do sistema cartesiano. Quanto menor for esse ângulo, referenciado na origem, melhores os resultados.

I.6. - Cálculo da área,  $A_i$ , do triângulo formado entre um lado da poligonal e a origem (0,0) do sistema de eixos cartesianos (vide Figura 11) com a relação:

$$A_i = \frac{1}{2} (X_i \cdot Y_{i-1} - X_{i-1} \cdot Y_i), \quad i=1,2,\dots,n$$

Onde:

$$A_i = \text{Área do triângulo (i)}.$$

I.7. - Cálculo da distância média de arraste para a área inteira, com a fórmula seguinte:

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Onde:

ASD = Distância média de arraste da área total da figura, expressa em unidades lineares.

$A_i$  = Área do triângulo (i).

$R_i$  = Distância média de arraste no triângulo (i), conforme definido anteriormente, com respeito à origem (0,0). Ou, distância entre a origem (0,0) e o centro polar do triângulo (i), o que equivale ao primeiro momento polar (i).

Sendo que  $i = 1, 2, 3, 4 \dots n$  e

$n$  = número de lados da poligonal.

Para o segundo caso, ou melhor, no caso de áreas previamente delimitadas, com duas ou mais densidades diferentes de volume, DONNELLY estabelece o seguinte procedimento:

II.5.- A área florestal a ser explorada  $A$  é estratificada em  $n$  sub-áreas  $A_i$ , de diferentes densidades de volume. Tanto a área total  $A$ , como as sub-áreas  $A_i$ , são delimitadas conforme o indicado nos itens 1), 2), 3), 4).

- II.6. - Para cada sub-área  $A_i$ , calcular R, conforme a relação do item I.5.
- II.7. - Cálculo da superfície de cada sub-área conforme a relação do item I.6.
- II.8. - Calcular o número de turnos ou ciclos requeridos para extrair o volume de madeira aproveitável de cada sub-área, com a relação:

$$t_i = \frac{L_i}{P_t}$$

Onde:

$t_i$  = Número de turnos ou ciclos requeridos para extrair todo o volume de madeira da área,  $A_i$ .

$P_t$  = Estimativa ou a média do número de peças ou volume a ser carregado por turno ou ciclo, o qual é assumido constante em todas as áreas.

$L_i$  = Volume aproveitável na área  $A_i$ , ou seja, a densidade aproveitável por unidade de área vezes a superfície da sub-área  $A_i$ . Expresso em  $m^3/ha$ .

$$L_i = \delta_i \cdot A_i$$

Onde:

$\delta_i$  = Densidade de volume de madeira do talhão (i) por unidade de área.

$A_i$  = Superfície da sub-área  $A_i$ .

- II.9. - Cálculo da distância a percorrer arrastando todo o volume na área  $A_i$ .

À respeito, DONNELLY determina que a distância percorrida arrastando todo o volume de madeira na área  $A_i$  é o número de turnos ou ciclos, vezes, AYD ou R da sub-área correspondente, o que foi calculado no item II.7.

Então,

$$d_i = t_i \cdot AYD_i$$

Ou bem,

$$d_i = t_i \cdot R_i$$

Onde:

$d_i$  = Distância média percorrida arrastando todo o volume na área  $A_i$ .

$t_i$  = Número de turnos requeridos para extrair todo o volume da área  $A_i$ .

II.10.- Cálculo da distância de arraste para todas as sub-áreas  $A_i$ , o qual é encontrado pelas somatórias das  $d_i$  de todas as sub-áreas  $A_i$ , isto é:

$$D = \sum_{i=1}^n d_i$$

Onde:

$D$  = Distância de arraste para todas as sub-áreas  $A_i$ .

$d_i$  = Distância percorrida extraindo todo o volume da área  $A_i$ .

II.11. - Cálculo do número de turnos totais requeridos para extrair todo o volume da área total  $A$ , com a relação:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i$$

Onde:

$T$  = Número de turnos ou ciclos totais requeridos para extrair o volume total da área  $A$ .

$t_i$  = Número de turnos requeridos para extrair todo o volume da área  $A_i$ .

II.12. - Cálculo da distância média de arraste. O autor considera que a distância média de arraste é a distância de arraste total percorrida, dividida pelo total de turnos.

Portanto,

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Ou bem:

$$ASD = \frac{D}{T}$$

Ou ainda com qualquer das seguintes relações:

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{P_t} \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{P_t}}$$

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i \cdot A_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i \cdot A_i}$$

Onde:

ASD = Distância média de arraste para a figura toda.

D = Distância de arraste total para todas as sub-  
áreas,  $A_i$ .

$d_i$  = Distância percorrida extraíndo todo o volume  
na área  $A_i$ .

T = Número de turnos ou ciclos totais requeridos  
para extrair o volume total da área A.

$t_i$  = Número de turnos ou ciclos requeridos para  
extrair todo o volume da área  $A_i$ .

$R_i$  = Distância entre o pátio de estocagem ao cen-  
troide polar da área  $A_i$ .



$L_i$  = Volume aproveitável na área  $A_i$ .

$P_t$  = Média ou estimativa do volume a ser carregado por turno ou ciclo, sendo o valor assumido constante em todas as áreas.

$\delta_i$  = Densidade do volume ( $i$ ) na área  $A_i$ .

I.8. e II.13. - Para o autor, a topografia do terreno é importante, sendo considerado seu efeito nos referidos cálculos, quando assume valores acima de 32% de aclividade, o que, segundo ele, produz um resultado em valor numérico de 5% maior do que pelo simples uso do modelo. A respeito, DONNELLY<sup>8</sup> estabelece que a maioria dos tratores de arraste trabalham em aclividades menores que os 32%, e que o cálculo da distância média de arraste poderá ser obtido com uma exatidão dentro do limite de 5% do valor correspondente para um terreno plano, dentro das mesmas circunstâncias. Mas, quando uma área possui uma aclividade média maior que os 32%, o autor sugere o uso de uma fórmula, a qual compensa a distância média obtida na aplicação do seu modelo; esta fórmula é aplicada na correção da distância média de arraste obtida nos casos I e II, descritos anteriormente.

Continuando com o procedimento, para os resultados obtidos em I.7. e II.13. numa área que possui uma aclividade média acima de 32%, o autor sugere:

$$\text{ASD (corrigida)} = \frac{\text{ASD (horizontal)}}{\text{Cos} \left[ \text{Tan}^{-1} \left( \frac{\% \text{ médio de aclividade}}{100} \right) \right]}$$

Onde:

ASD (corrigida) = Distância média de arraste corrigida.  
 ASD (horizontal) = Distância média de arraste obtida nos passos I.7. e II.13.

### 3.3.1 Restrições do modelo DONNELLY

O modelo citado foi considerado modelo base. A partir de sua metodologia construímos os outros modelos aqui apresentados.

Os resultados obtidos na aplicação do modelo DONNELLY para o cálculo da distância média de arraste, podem variar de centenas de metros à milhares de metros, devido ao referido autor não apresentar o critério básico para que sirva de referência na colocação dos eixos cartesianos para o cálculo da distância média de arraste. Conseqüentemente, os resultados obtidos no seu cálculo dependerá do lugar no qual os eixos sejam localizados, se dentro da figura ou fora da figura.

O modelo DONNELLY apresenta o cálculo da distância média de arraste em relação à localização "ad-libinum" dos eixos cartesianos, mas sua metodologia aplicada nas coordenadas cartesianas do centróide de qualquer figura apresenta resultados ótimos.

Apesar do anterior, este modelo não pode ser descartado, seu uso é útil nos casos que, por acidentes naturais, o ponto ideal para a localização do pátio de estocagem (centróide da figura) não esteja apto, ou não resulte recomendável; em tais casos deve-se procurar na sua vizinhança um sítio que proporcione as qualidades desejadas. Este sítio localiza-se no mapa, identifica-se com suas respectivas coordenadas cartesianas e aplica-se o modelo de DONNELLY, tendo como ponto de referência a dita localização cartesiana, e assim logra-se obter o cálculo da distância média de arraste em relação à qualquer ponto da área a ser explorada.

#### IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MODELOS PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE

A evolução de modelos matemáticos, para o cálculo da distância média de arraste, a partir do modelo reportado por DONNELLY, deve-se à procura de maior exatidão e eficiência nos cálculos, bem como corrigir as deficiências do modelo, que limitam a sua aplicação.

Serão desenvolvidos modelos matemáticos para o cálculo da distância média de arraste, em função do ponto ótimo de referência o qual é constituído pelo centróide, portanto foi necessário a introdução da análise para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide para figuras de formato regular ou irregular, proporcionadas pela Estática (parte das Ciências Físicas que estuda os corpos em repouso).

Os resultados obtidos, conforme o anteriormente expresso, servem como o ponto de aplicação básico na metodologia dos modelos a serem apresentados que utilizam os mesmos termos geométricos no cálculo da distância média de arraste. Sendo que o cálculo da distância média de arraste é parte do planejamento das operações da Exploração Florestal, os modelos matemáticos a serem descritos para tal finalidade, visam a introdução de um novo conceito para o referido cálculo, havendo alternativas para outras aplicações.

#### 4.2 DESCRIÇÃO DETALHADA DOS MODELOS

Neste capítulo será feita a apresentação detalhada dos três métodos propostos para a obtenção da distância média de arraste.

Dois destes métodos foram desenvolvidos pelo Prof. CARNIERI\* e o terceiro método, que é uma variante do método de DONNELLY, é denominado CASTELLÓN-DONNELLY.

O material básico necessário para o cálculo da distância média de arraste é o tradicional de todos os métodos, isto é, se compõe de todas as informações de inventário florestal e materiais de desenho, como por exemplo, se evidencia a necessidade de mapas plani-altimétricos e fotografias aéreas do local a ser explorado.

Inicialmente é apresentado a sequência básica que é comumente usada em qualquer procedimento para o cálculo da distância média de arraste. Após isso, segue a explicação matemática de cada método.

#### 4.3 CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE

As análises a serem apresentadas possuem um valioso auxiliar: fotografias aéreas e/ou mapas, sem o que sua aplicação não seria possível. A metodologia é a seguinte:

- a) atividades a serem efetuadas na fotografia aérea ou mapas:
  - delimitação da área onde se tenha planejado efetuar a exploração florestal;
  - demarcação das áreas onde é proibido as atividades da exploração florestal (margens de rios, lagoas, agricultura), e demarcação das possíveis áreas onde o volume ou a vegetação não é apta para as ditas atividades.

\* CARNIERI, Celso. Msc. em Matemática; Professor adjunto do Departamento de Matemática, Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, e atua como co-orientador no presente trabalho.

des;

- a zona assim obtida é dividida em compartimentos, que pode ser feito de acordo com um determinado critério, como: o volume aproveitável por hectares, ou pela topografia que apresenta a região;
- para obter maior exatidão e facilidade na obtenção dos resultados é recomendável a ampliação do mapa ou do desenho para uma escala conveniente; a escolha da escala, seja no desenho, mapa ou na fotografia aérea tem que ser a mesma a ser usada nas coordenadas cartesianas;
- calcar o desenho do mapa ou da fotografia aérea em papel vegetal, no caso de trabalhar com mapas de escala conhecida, pode-se calcar diretamente no papel milimetrado;

b) trabalhos no papel vegetal ou papel milimetrado:

- enquadrar ou colocar as figuras (regulares ou irregulares) das áreas no primeiro quadrante de um sistema de eixos cartesianos\* na mesma escala que possui o desenho;
- no caso de trabalhar em papel vegetal não milimetrado, e para maior facilidade, é recomendável o uso de caneta de outra cor para aproximar o contorno irregular da figura com segmentos de linha reta no seu contorno, o que dá lugar à formação de poligonais fechadas, regulares e/ou irregulares; deve-se indicar que quanto mais segmentos de linha reta existam vai-se obter maior exatidão; este item não é necessário

\* É importante que a figura seja localizada no primeiro quadrante do sistema cartesiano, para evitar a obtenção de cifras negativas o qual influi no processamento dos dados.

- no caso de trabalhar com papel vegetal milimetrado, como mais adiante se determinará;
- identificação de cada poligonal fechada ou compartimento de exploração com qualquer código com a finalidade de não perder o controle das áreas já estratificadas ou divididas de acordo com o critério anteriormente estabelecido;
  - numeração e identificação das coordenadas cartesianas (X,Y) de cada vértice das poligonais fechadas; esta numeração e identificação deverá seguir a rota dos ponteiros do relógio, para evitar o processamento de áreas negativas (veja Figura 12); no caso de trabalhar com papel vegetal milimetrado, na mesma escala do desenho, pode-se marcar as coordenadas cartesianas (X,Y) diretamente no contorno da figura regular ou irregular, à uma distância constante entre os pontos no caso do uso de um dos modelos, sem ter a necessidade de aproximá-la com segmentos de linha reta; neste caso, quanto maior o número de pontos, maior a exatidão do cálculo;
  - escolha do método ou modelo a serem propostos, para obter, assim, a distância média de arraste, área e perímetro das zonas a serem exploradas; a escolha do modelo dependerá da facilidade e recursos do planejador, e do nível de exatidão desejável;
  - cálculo das coordenadas cartesianas do centróide - à respeito, são três os métodos que serão apresentados, os quais baseiam-se na geometria da figura; estes métodos possuem em comum, um fator importante: o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide em todos os polígonos regulares e/ou irregulares, o que constitui

o ponto ideal para a localização do pátio de estocagem ou estaleiro; para efeitos de ilustração, apresenta-se no Anexo 3, os programas utilizados para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide e os cálculos da distância média de arraste, segundo os modelos aqui apresentados; estes programas foram desenvolvidos numa HP-41CV<sup>16 17 18</sup>.

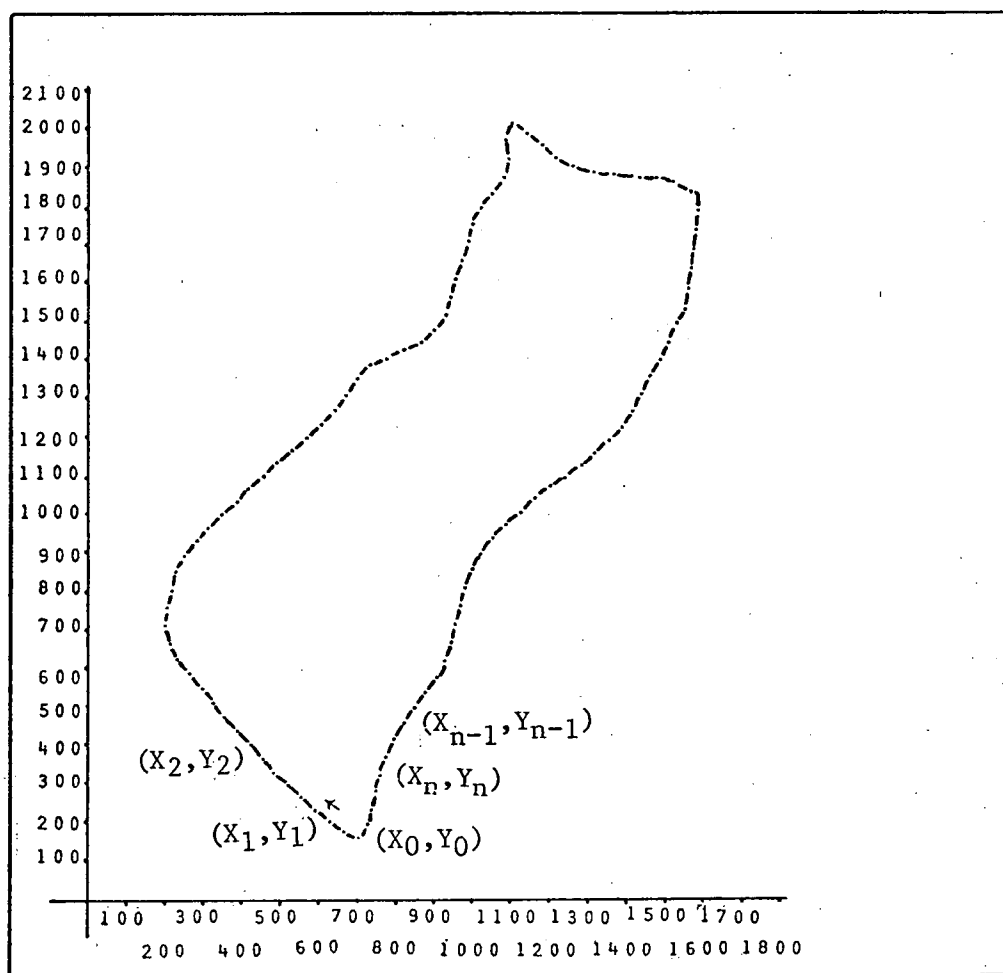


Figura 12 - RESUMO DA APLICAÇÃO DA ANÁLISE PARA O CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE.

c) cálculo da área do polígono regular ou irregular com a relação seguinte:

$$A = - \sum_{i=0}^{n-1} (Y_{i+1} - Y_i) (X_{i+1} + X_i) / 2$$

onde:  $(X_{n+1}, Y_{n+1}) = (X_0, Y_0)$

A = área total da figura regular ou irregular.

$(X_i, Y_i)$  = coordenadas do vértice  $i$ , da poligonal;

como mais adiante se apresentará, este cálculo é importante para conferir e verificar os resultados posteriores;

- d) cálculo das coordenadas cartesianas do centróide da figura regular ou irregular com as seguintes fórmulas:

$$X_C = \frac{-1}{A} \sum_{i=0}^n [(Y_{i+1} - Y_i)/8] [(X_{i+1} + X_i)^2 + (X_{i+1} - X_i)^2/3]$$

e

$$Y_C = \frac{1}{A} \sum_{i=0}^n [(X_{i+1} - X_i)/8] [(Y_{i+1} + Y_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2/3]$$

onde:

$(X_C, Y_C)$  = coordenadas do centróide do polígono;

- e) cálculo do perímetro total da figura com a seguinte relação:

$$\text{PERIM} = \sum_{i=0}^n \sqrt{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2},$$

cujos termos já foram definidos anteriormente.

#### 4.3.1 Modelo CARNIERI I

- Medir o perímetro de cada poligonal fechada, regular ou irregular.
- Dividir o perímetro em  $n$  partes iguais. Quanto maior é  $n$ , maior é a exatidão. O autor denomina cada fração da poligonal por  $\rho$ .
- Calibra-se um compasso ou um escalímetro com o valor de  $\rho$ , marcando-se os pontos no perímetro da figura.
- Identificação e demarcação das coordenadas cartesianas  $(X_i, Y_i)$  dos pontos, anteriormente obtidos. A sequência de numeração, como também o ingresso dos dados ao cálculo de-



verã seguir o sentido dos ponteiros do relógio.

- e) No caso de não ter as coordenadas do centróide, pode-se obter as ditas coordenadas com os dados, nesta altura, já existentes.

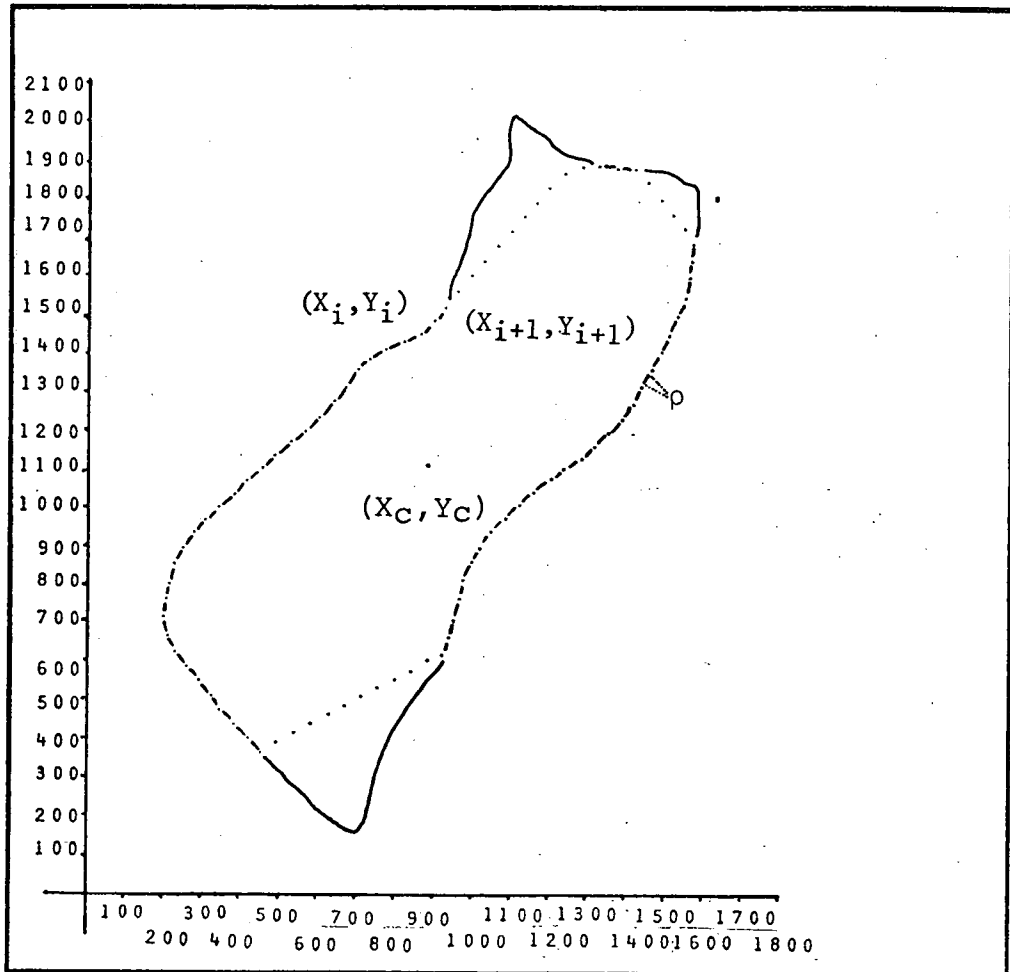


Figura 13 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI I.

- f) Translado dos eixos da posição inicial ao centróide da poligonal fechada, colocando-se a origem no centróide com:

$$X_{T_i} = X_i - X_C$$

$$Y_{T_i} = Y_i - Y_C$$

onde:

$(X_{T_i}, Y_{T_i})$  = coordenadas do vértice  $i$  no novo sistema cartesiano;

$(X_C, Y_C)$  = coordenadas do centróide da poligonal.

g) Calcular as alturas aproximadas dos triângulos resultantes.

O autor deduz que para cada  $\rho$ , vai-se obter triângulos de igual base, mas diferentes em geral, suas áreas e alturas.

A altura  $h_i$  destes triângulos será calculada por:

$$h_i = \sqrt{X_{T_i}^2 + Y_{T_i}^2}$$

h) Cálculo da área de cada triângulo, usando a relação seguinte:

$$A_i = \frac{\rho}{2} h_i$$

onde:

$A_i$  = área do triângulo  $i$ .

i) Cálculo da área total do polígono regular ou irregular, usando a seguinte relação:

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [X_{T_i} \cdot Y_{T_{i+1}} - X_{T_{i+1}} \cdot Y_{T_i}] \quad , \quad i=1,2,\dots,n$$

onde:

$A$  = área total do polígono, regular ou irregular da figura.

Este resultado deverá coincidir ou aproximar-se aos cálculos feitos no ítem 3.

j) Cálculo da distância média de arraste com:

$$m_i = \frac{2}{3} h_i$$

onde:

$m_i$  = distância média de arraste do triângulo  $i$ ;

$h_i$  = altura aproximada do triângulo  $i$ .

k) Cálculo da distância média de arraste para a figura toda.

À respeito, CARNIERI reporta as seguintes relações:

substituindo-se os valores em I.8 e I.10, obtém-se

$$D.M.A. = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\rho}{2} \cdot h_i \cdot \frac{2}{3} h_i}{A}$$

ou bem,

$$D.M.A. = \frac{\rho}{3A} \sum_{i=1}^n h_i^2$$

pode-se ainda escrever sob a forma:

$$D.M.A. = \frac{n \cdot \rho}{3A} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (X_{T_i}^2 + Y_{T_i}^2)}{n}$$

ou bem,

$$D.M.A. = \frac{P}{3 \cdot A} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (X_{T_i}^2 + Y_{T_i}^2)}{n}$$

ou de forma resumida:

$$D.M.A. = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i}{A}$$

onde:

D.M.A = distância média de arraste para a figura total;

P = perímetro total da figura;

$m_i$  = distância média de arraste do triângulo  $i$ .

#### 4.3.1.1 Restrições do modelo CARNIERI I -

- Sua aplicação é restringida à figuras de formato suave, apresentando resultados sobre-estimados em figuras de formato alongado, com ou sem bicos internos ou externos pronunciados. À respeito, seu autor sugere uma aproximação nos bicos pronunciados tanto internos como externos para adaptar sua irregularidade alargada à uma figura com tendência circular. Mas, esta aproximação, em termos quantificáveis, não é proporcionada, nem pode ser determinada por método algum, para todos os casos.
- Sendo que este modelo baseia-se num segmento constante que percorre o perímetro da figura irregular, o qual é denominado pelo autor como  $\rho$ , o qual provoca as seguintes difi-

culdades:

- . manter com exatidão o termo  $\rho$  constante através do perímetro total da figura, seja por causa do instrumento de medição (compasso ou escalímetro), ou por erro do usuário;
  - . por causa da escala, existem problemas em identificar com exatidão, os pontos demarcados por  $\rho$ , em relação aos eixos cartesianos, o que faz obter um  $\rho$  variável e não constante;
  - . sua aplicação é trabalhosa, pelo fato que, quanto maior seja o perímetro da figura e menor seja  $\rho$  (para atingir uma exatidão maior), o número de pontos a serem identificados e a quantidade de dados a serem processados, incrementa-se notavelmente.
- Além do anterior, o número de dados a serem processados incrementa-se ainda mais, devido à:
- . demarcação e identificação das coordenadas cartesianas dos pontos que contornam o perímetro da figura, o qual é necessário para obter as coordenadas cartesianas do centróide da figura regular ou irregular, o qual servirá como ponto de referência na aplicação do dito modelo;
  - . uma nova demarcação e identificação de pontos produzidos pela aproximação que o referido modelo exige no cálculo da distância média de arraste, em figuras regulares ou irregulares, exceto nas circulares.

#### 4.3.2 Modelo CARNIERI II

CARNIERI apresenta um segundo método, o qual baseia-se na geometria da figura. O autor estabelece que pode obter-se resultados similares no cálculo da distância média de arraste, utilizando o seguinte procedimento:

- a) Calcular a área e o centróide do polígono regular ou irregular conforme o estabelecido no item 4.3, a,b,c,d.
- b) Localização e demarcação na figura do ponto correspondente às coordenadas cartesianas  $(X_C, Y_C)$  do centróide da dita figura.
- c) Usando um transferidor, cujo centro deverá colocar-se nas coordenadas cartesianas  $(X, Y)$  do centróide da figura, marcar pontos cada 12 ( $12^0$  graus) até obter o círculo completo; o que proporciona um total de 30 pontos.
- d) Tendo como referência os pontos: o centróide da figura e os obtidos no item anterior, fazer projeções lineares até atingir o correspondente ponto do contorno ou do perímetro da figura, e assim sucessivamente, o qual proporcionará 30 pontos espalhados no contorno da figura ou 30 segmentos do perímetro de diferentes comprimentos.
- e) Cada ponto assim marcado no contorno, é identificado com suas coordenadas cartesianas  $(X_C, Y_C)$  e numerado, iniciando-se desde "1", conforme o sentido dos ponteiros do relógio, sendo que no mesmo sentido será a entrada dos dados no cálculo.

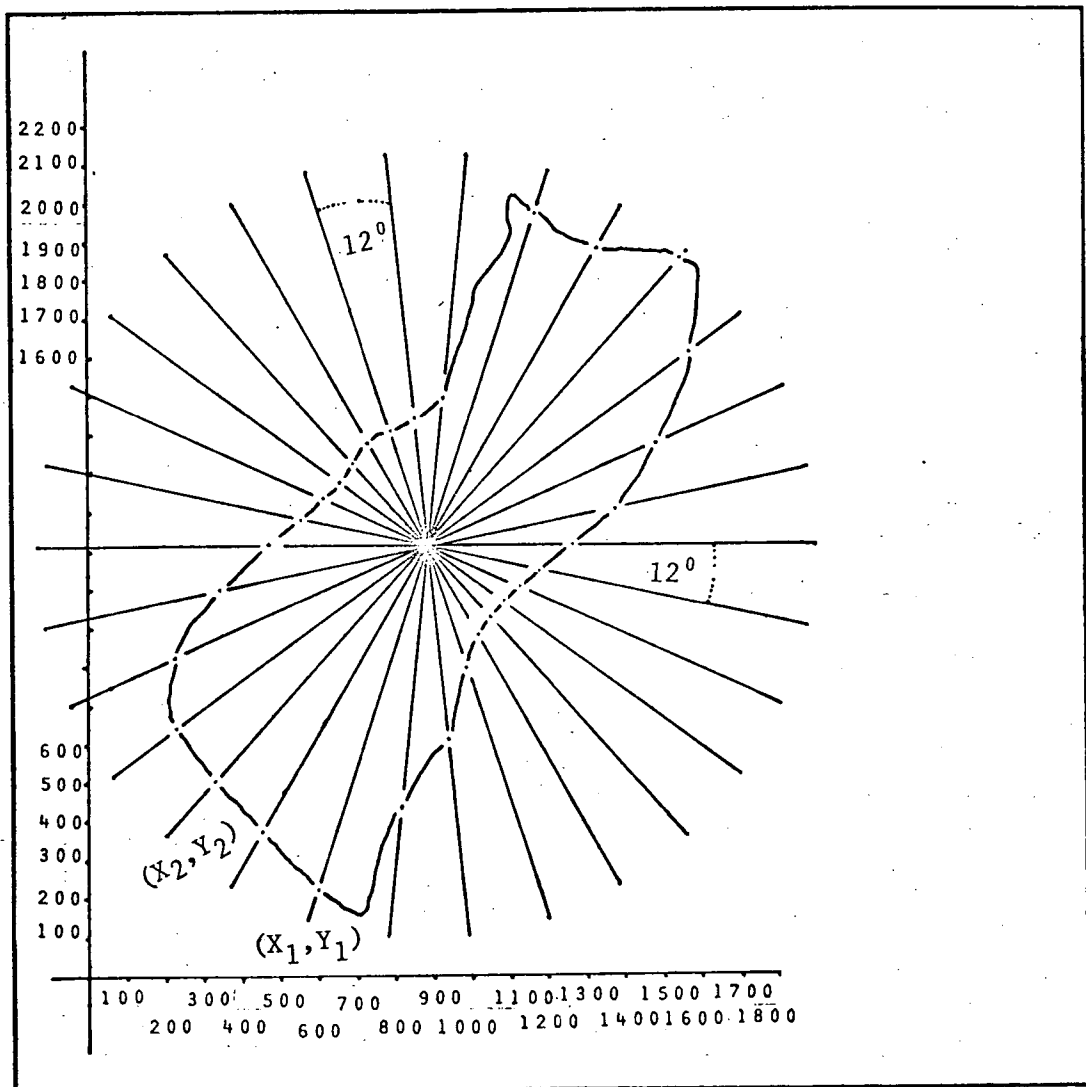


Figura 14 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI II.

f) Cálculo da distância média de arraste para a figura total com a relação seguinte:

$$D.M.A. = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{30} [(X_i - X_C)^2 + (Y_i - Y_C)^2]^{3/2}}{\sum_{i=1}^{30} [(X_i - X_C)^2 + (Y_i - Y_C)^2]}$$

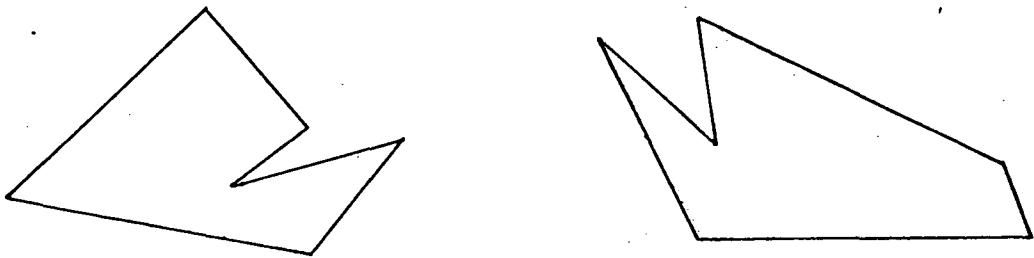
onde:

D.M.A. = distância média de arraste da figura total;

$(X_C, Y_C)$  = coordenadas do centróide da poligonal.

4.3.2.1 Restrições do modelo CARNIERI II - Apesar de sua aplicação ser mais fácil e menos trabalhosa, requer sô 30 pontos totais, os quais são facilmente demarcados e identificáveis com respeito ao sistema de eixos cartesianos, este modelo apresenta as seguintes restrições:

- Demonstra grande sensibilidade ao erro em figuras de muita irregularidade com bicos internos e externos pronunciados.
- Não é aplicável para figuras cujos formatos apresentem "incursões" internas notáveis, como é mostrado no seguinte caso:



O problema é que o dito modelo inclui no cálculo da distância média de arraste a área compreendida no bico interno. À respeito, o modelo CARNIERI II não apresenta nenhum mecanismo matemático para excluir a dita área do cálculo da distância média de arraste, o qual constitui sua mais séria limitação. Diferente dos outros, requer duas entradas de dados nos cálculos, isto é: a) uma demarcação e identificação das coordenadas cartesianas para se calcular as coordenadas cartesianas do centróide da figura; procedimento no qual quanto maior seja o número de pares ordenados  $(X,Y)$  a exatidão será maior; b) uma segunda demarcação e identificação das coordenadas cartesianas dos 30 pontos exigidos, segundo sua metodologia.

- Este modelo apresenta ligeiros erros nos casos da existência de bicos internos ou externos não relevantes da figura.
- Fora das restrições antes assinaladas, este modelo possui uma ampla e confiável aplicação, sendo sua metodologia uma das mais fáceis e de acessibilidade maior.

#### 4.3.3 Modelo CASTELLÓN-DONNELLY

Este modelo baseia-se no método de DONNELLY, estabelecendo como critério: o centróide da figura regular ou irregular como ponto de referência para sua aplicação. O autor sugere a seguinte metodologia:

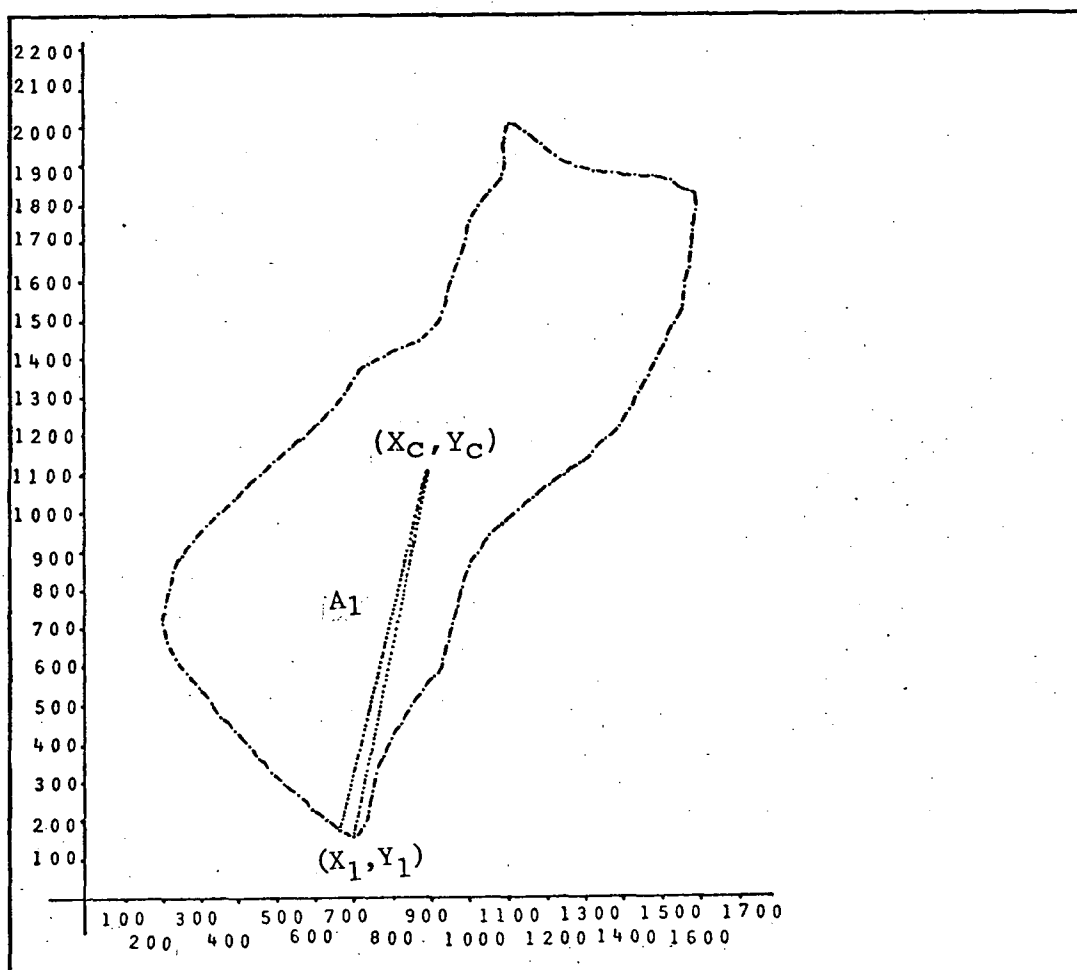


Figura 15 - APLICAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.



- a) Conforme o procedimento do ítem 4.3, a,b,c,d,e, calcular a distância média de arraste de cada triângulo, cuja base é lado da poligonal, a qual aproxima o contorno irregular da figura, com a seguinte relação:

$$AYD = R_i \approx \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{(X_i - X_C) + (X_{i-1} - X_C)}{2} \right)^2 + \left( \frac{(Y_i - Y_C) + (Y_{i-1} - Y_C)}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

ou bem,

$$AYD = R_i \approx \frac{1}{3} \left[ \left[ (X_i - X_C) + (X_{i-1} - X_C) \right]^2 + \left[ (Y_i - Y_C) + (Y_{i-1} - Y_C) \right]^2 \right]^{1/2}$$

onde:

AYD = distância média de arraste para o triângulo;

$(X_i, Y_i)$  = coordenadas do vértice i;

$(X_C, Y_C)$  = coordenadas do centróide do polígono regular ou irregular.

- b) Cálculo das áreas dos triângulos, usando a relação:

$$A_i = \frac{1}{2} \left[ ((X_i - X_C) \cdot (Y_{i-1} - Y_C)) - ((X_{i-1} - X_C) \cdot (Y_i - Y_C)) \right]$$

onde:

$A_i$  = área do triângulo i.

A somatória de todas as  $A_i$  é um resultado que deverá coincidir ou aproximar-se ao obtido no ítem 4.3, c.

- c) Cálculo da distância média de arraste para a figura total, com a relação seguinte:

$$ASD = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Finalmente, CARNIERI E CASTELLÓN concordam com DONNELLY e reconhecem que o efeito da topografia da zona tem-se que compensar quando atinge valores acima dos 32% (14,40°) estabelecidos por DONNELLY. Para compensar estes efeitos, os autores sugerem usar a seguinte relação:

$$ASD_C = \frac{ASD}{\cos \left[ \tan^{-1} \left( \frac{\% \text{ médio de aclividade}}{100} \right) \right]}$$

onde:

$ASD_C$  = distância média de arraste corrigida, expressa em unidades lineares;

$ASD$  = distância média de arraste da figura total, expressa em unidades lineares; obtida conforme a aplicação de qualquer um dos três modelos aqui apresentados.

#### 4.3.3.1 Restrições do modelo CASTELLÓN-DONNELLY -

- É um modelo de uso quase universal, sua única restrição constitui o centróide, o qual deverá encontrar-se dentro da figura. Portanto, apresenta notáveis erros em figuras que possuem formatos de meia lua, "[", "]", as quais raras vezes aparecem na prática; em tais casos sua aplicação não é recomendável. Mas, caso se apresentem na prática, existe a possibilidade de se formar na área com os referidos formatos, subcompartimentos com seus respectivos centróides, o que reduziria notavelmente o erro; uma outra possibilidade consistiria em anexar ou adicionar as ditas áreas nos compartimentos vizinhos, desta maneira elimina-se a fonte do problema.

Aparte da restrição anterior:

- Sua aplicação é a mais flexível e confiável, já que abrange todas as figuras, sem importar seu formato ou bicos internos ou externos relevantes, sendo que sua configuração matemática compensa as áreas compreendidas nas irregularidades internas.
- Os cálculos são mais trabalhosos, mas compreende só uma

entrada de dados ao processamento, ou seja, com os mesmos pontos, que se demarcam e se identificam no contorno da figura para se calcular as coordenadas cartesianas do centróide, serão os mesmos pontos que servirão para o cálculo da distância média de arraste. Conseqüentemente, o nível de exatidão encontra-se ligado tanto ao cálculo do centróide, como ao cálculo da distância média de arraste, sendo que para ambos, quanto maior seja o número de pares ordenados  $(X,Y)$ , a exatidão aumentará; mas um erro na identificação de um par ordenado, se traduz em resultados errados, tanto no cálculo das coordenadas do centróide, como no cálculo da distância média de arraste. Mas tais erros poderão ser eliminados nos casos de calculadoras de bolso programáveis avançadas, se for introduzido no programa testes na entrada de dados.

#### 4.4 APLICAÇÃO PRÁTICA DOS MODELOS

Nesse ítem será feito a aplicação prática detalhada dos três métodos propostos, incluindo o modelo de DONNELLY, para a obtenção da distância média de arraste; além disso, a discussão dos resultados da aplicação de cada um dos modelos.

Na parte inicial, ou sequência básica, a metodologia é comum para qualquer procedimento exigido na aplicação dos modelos; após isso, separa-se segundo a concepção matemática de cada um deles.

Para evitar vantagens de um dos modelos sobre outros, aplicou-se a metodologia nas mesmas condições, isto é, uniformizando: as escalas, número de pontos, posição inicial dos eixos, posição das figuras e sequência de entrada de dados ao processamento dos dados.

#### 4.5 SEQUÊNCIA INICIAL BÁSICA

No mapa da Figura 11 aparecem os compartimentos desenhados e delimitados pelo Distrito Florestal Regional; em cima deste mapa coloca-se uma folha de papel vegetal ou papel vegetal quadriculado e calca-se separadamente cada uma destas figuras. À cada figura assim obtida, coloca-se no primeiro quadrante de um sistema de eixos cartesianos, numerado segundo a escala da figura, neste caso, 1 cm de papel corresponde a 200 m do terreno.

Para efeitos práticos, marcou-se no perímetro de cada figura, pontos cada 0,25 cm, o que corresponde a 50 m do terreno. Para cada ponto assim obtido, determinou-se suas respectivas coordenadas em relação ao sistema de eixos cartesianos; o ordenamento da sequência de tal processo foi a rota dos ponteiros do relógio, e em tal sequência foi a entrada de dados ao processamento de cálculos; as referidas coordenadas cartesianas são apresentadas na Figura 16 e na Tabela nº 5.

- Cálculo das coordenadas cartesianas do centróide - feito o anterior, calculou-se as coordenadas cartesianas do centróide para cada figura, ou seja, o ponto ideal para a localização do pátio de estocagem, área e perímetro, conforme as relações dos ítem 4.3, a,b,c,d,e, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela nº 4 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DAS COORDENADAS DOS CENTRÓIDES, ÁREAS E PERÍMETROS DOS COMPARTIMENTOS OBJETOS DO ESTUDO.

Compartimento	Coordenadas dos Pátios de estocagens		Área m <sup>2</sup>	Área ha.	Perímetro m.
	X <sub>C</sub>	Y <sub>C</sub>			
L-356	891,99	1.106,00	1.068.467,50	106,85	4.957,27
L-357	472,13	887,71	795.097,50	79,51	4.066,05
L-358	751,87	834,49	733.662,50	73,37	3.680,55
L-360	773,34	490,91	716.887,50	71,69	3.675,00
L-314	631,20	889,03	956.550,00	95,66	5.176,08

À título de ilustração, será apresentado como exemplo de cálculo o compartimento L-356, no qual será efetuada a aplicação dos modelos matemáticos para o cálculo da distância média de arraste aqui apresentados.

O número e a localização destes pontos, os quais posteriormente são demarcados e identificados com suas respectivas coordenadas cartesianas, não seguem um padrão determinado, como acontece nos modelos CARNIERI I e CARNIERI II. Resultados similares são obtidos aproximando a irregularidade da figura com linhas retas, sendo os bicos do formato das ditas aproximações os que podem ser demarcados e identificados para o processamento de dados, seja para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide, área e perímetro, ou para aplicação do modelo CASTELLÓN-DONNELLY.

Mas para obter uma exatidão maior, recomenda-se o maior número de pontos espalhados, se é possível, a intervalos regulares, no perímetro total da figura, e assim obter uma maior aproximação da irregularidade do formato da figura.

No caso do compartimento L-356, como nos outros, o critério utilizado foi a demarcação e identificação de pontos no perímetro total da figura a intervalos de 0,25 cm, equivalente a 50 m do terreno; o que é válido, tanto para a obtenção das coordenadas cartesianas do centróide do compartimento, área e perímetro, e para a aplicação do modelo CASTELLÓN-DONNELLY, o qual proporciona, além da distância média de arraste, o cálculo da área e perímetro; tais cálculos deverão coincidir exatamente com os resultados da área e perímetro obtidos na aplicação da metodologia para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide dos compartimentos.

O anteriormente exposto não é válido nos modelos CARNIERI I e CARNIERI II.

- Demarcação e identificação das coordenadas cartesianas dos pontos do perímetro.

O processo anteriormente exposto, é ilustrado na figura seguinte:

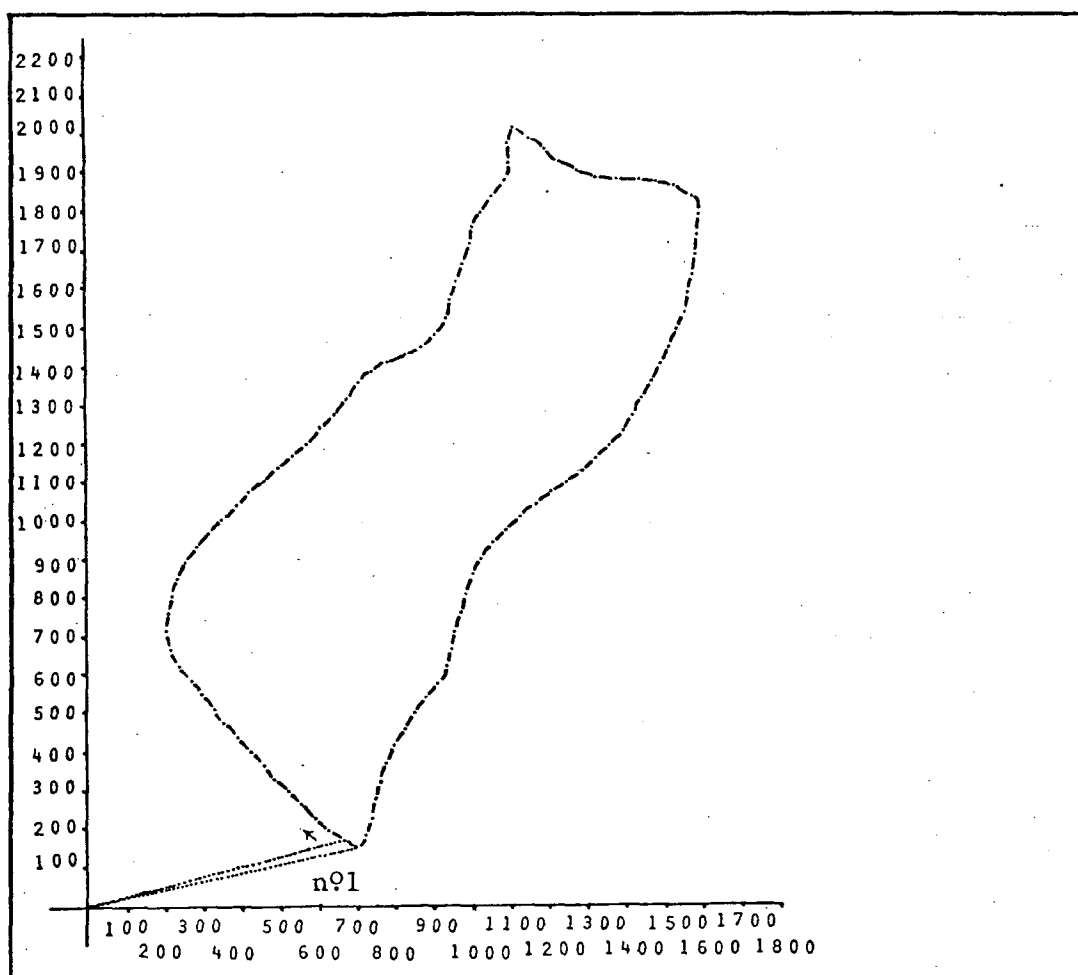


Figura 16 - APLICAÇÃO GRÁFICA DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO COMPARTIMENTO L-356.

Conforme se mostra nesta Figura, a identificação dos 100 pontos com respeito ao sistema de eixos cartesianos é apresentado na Tabela seguinte:

Tabela nº 5 - COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTI-  
 MENTO L-356 SEGUNDO A METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DAS  
 COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE.

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
700	(1) 160	250	(21) 890	940	(41) 1570	1570	(61) 1840	1130	(81) 1005
665	(2) 180	280	(22) 930	960	(42) 1620	1590	(62) 1790	1090	(82) 980
630	(3) 200	315	(23) 970	980	(43) 1660	1580	(63) 1740	1050	(83) 940
590	(4) 230	360	(24) 1000	990	(44) 1710	1580	(64) 1680	1020	(84) 900
560	(5) 260	390	(25) 1035	1000	(45) 1760	1570	(65) 1640	1000	(85) 860
520	(6) 300	420	(26) 1070	1020	(46) 1800	1560	(66) 1590	980	(86) 810
480	(7) 330	460	(27) 1100	1060	(47) 1840	1560	(67) 1540	970	(87) 760
460	(8) 360	490	(28) 1140	1080	(48) 1880	1540	(68) 1490	950	(88) 710
425	(9) 400	530	(29) 1170	1090	(49) 1930	1520	(69) 1440	940	(89) 660
390	(10) 440	570	(30) 1200	1090	(50) 1980	1495	(70) 1400	930	(90) 620
350	(11) 480	600	(31) 1230	1100	(51) 2020	1460	(71) 1360	910	(91) 580
330	(12) 510	640	(32) 1270	1140	(52) 2000	1440	(72) 1310	880	(92) 540
295	(13) 550	670	(33) 1320	1190	(53) 1960	1420	(73) 1260	850	(93) 500
260	(14) 585	700	(34) 1360	1220	(54) 1920	1395	(74) 1225	820	(94) 460
230	(15) 625	740	(35) 1390	1270	(55) 1900	1360	(75) 1195	795	(95) 420
210	(16) 665	780	(36) 1410	1320	(56) 1890	1320	(76) 1160	775	(96) 370
205	(17) 708	820	(37) 1430	1380	(57) 1880	1280	(77) 1130	760	(97) 320
205	(18) 760	865	(38) 1445	1430	(58) 1880	1240	(78) 1100	750	(98) 280
220	(19) 800	900	(39) 1480	1480	(59) 1870	1205	(79) 1030	740	(99) 215
240	(20) 860	930	(40) 1520	1530	(60) 1860	1160	(80) 1040	720	(100) 180

- Processamento de dados

- a) cálculo da área total do compartimento, a qual é determinada pela relação seguinte

$$A = - \sum_{i=0}^n (Y_{i+1} - Y_i) \cdot (X_{i+1} + X_i) / 2$$

no caso do compartimento L-356,

$$A = 1.068.467,50 \text{ m}^2$$

- b) cálculo das coordenadas do centróide, determinadas pelas relações seguintes

$$X_c = \frac{-1}{A} \sum_{i=0}^n [(Y_{i+1} - Y_i) / 8] \cdot [(X_{i+1} + X_i)^2 + (X_{i+1} - X_i)^2 / 3]$$

$$Y_C = \frac{1}{A} \sum_{i=0}^n [(X_{i+1} - X_i)/8] \cdot [(Y_{i+1} + Y_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2/3]$$

No caso do compartimento L-356:

$$X_C = 891,99$$

$$Y_C = 1.106,00$$

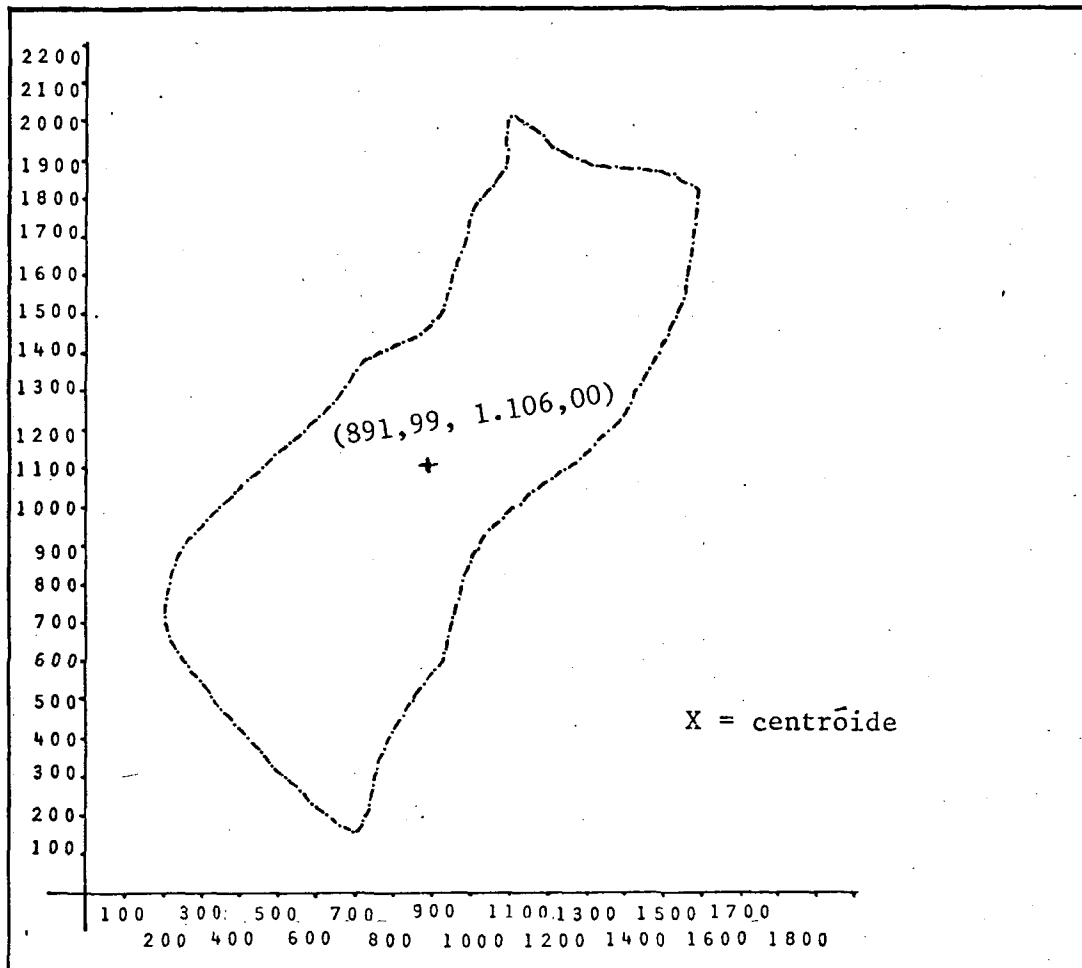


Figura 17 - COMPARTIMENTO L-356 EVIDENCIANDO A LOCALIZAÇÃO DO CENTRÓIDE.

#### 4.6 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO CARNIERI I

A aplicação do modelo CARNIERI I, para se obter o cálculo da distância média de arraste, exige:

- a divisão do perímetro da figura em  $n$  partes iguais, o



que, segundo CARNIERI, quanto maior  $n$ , maior será a exatidão. Denominando-se a cada fração do perímetro com a letra  $\rho$ . Uma das restrições que possui este modelo é a aproximação que deverá ser feita nas figuras cujo formato apresentar bicos, o qual é apresentado na Figura 18, como título de ilustração; neste caso dividiu-se grande parte do perímetro da figura e suas aproximações em frações de 0,25 cm de comprimento, o que equivale a 50 m do terreno, proporcionando um total de 87 frações ( $n=87$ ), consequentemente, 87 pontos a serem identificados com suas respectivas coordenadas cartesianas;

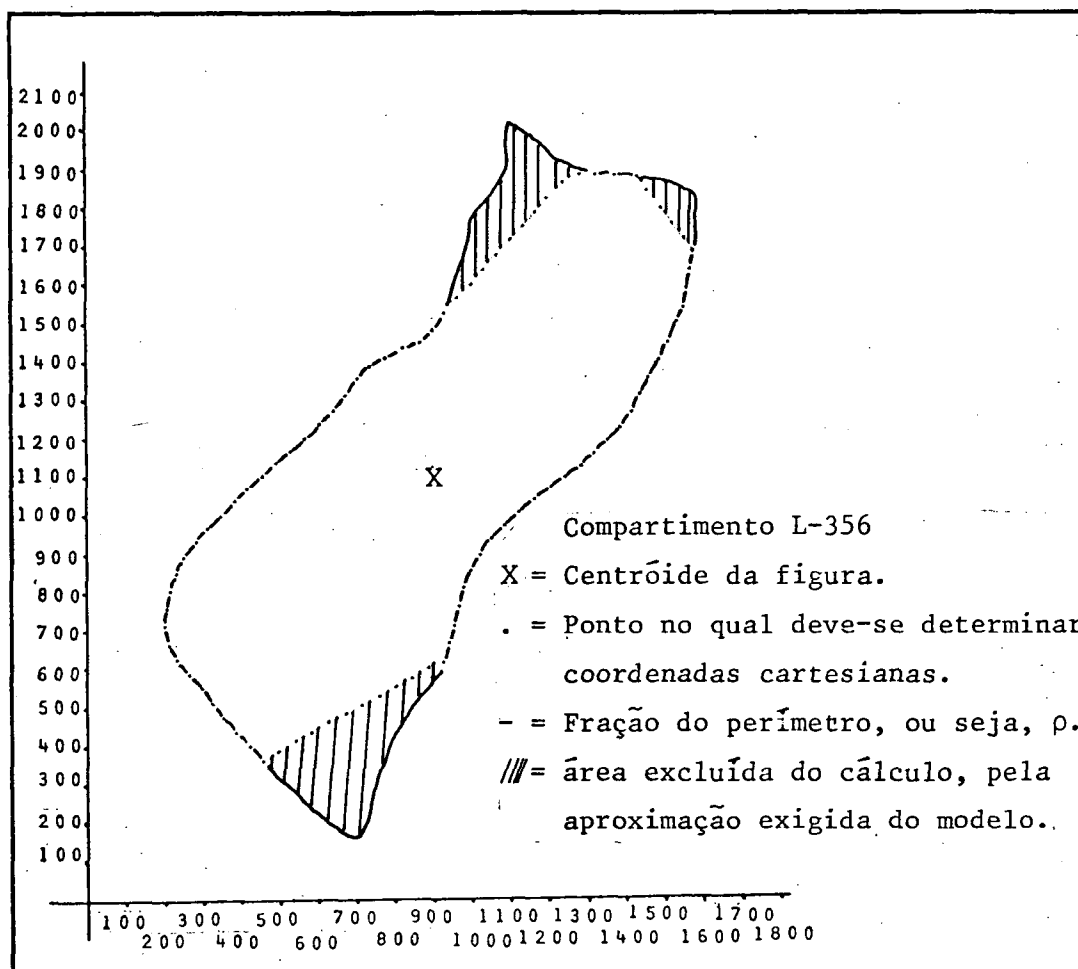


Figura 18 - APLICAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI I.

- identificação dos pontos, anteriormente marcados, com respeito ao sistema de eixos cartesianos, o qual é apresentado na seguinte Tabela:

Tabela nº 6 - COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356 NA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I.

$X_j$	$Y_j$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
460	(1)	360	390 (18)	1035	970 (35)	1570	1570 (52)	1640	1090 (69)	980	545 (86)	415	
425	(2)	400	420 (19)	1070	1000 (36)	1600	1560 (53)	1590	1050 (70)	940	500 (87)	395	
390	(3)	440	460 (20)	1100	1030 (37)	1640	1560 (54)	1540	1020 (71)	900			
350	(4)	480	490 (21)	1140	1065 (38)	1680	1540 (55)	1490	1000 (72)	860			
330	(5)	510	530 (22)	1170	1100 (39)	1720	1520 (56)	1440	980 (73)	810			
295	(6)	550	570 (23)	1200	1140 (40)	1750	1495 (57)	1400	970 (74)	760			
260	(7)	585	600 (24)	1230	1170 (41)	1795	1460 (58)	1360	950 (75)	710			
230	(8)	625	640 (25)	1270	1200 (42)	1825	1440 (59)	1310	940 (76)	660			
210	(9)	665	670 (26)	1320	1240 (43)	1860	1420 (60)	1260	930 (77)	620			
205	(10)	708	700 (27)	1360	1280 (44)	1890	1395 (61)	1225	990 (78)	600			
205	(11)	760	740 (28)	1390	1320 (45)	1890	1360 (62)	1195	850 (79)	580			
220	(12)	800	780 (29)	1410	1380 (46)	1880	1320 (63)	1160	805 (80)	560			
240	(13)	860	820 (30)	1430	1430 (47)	1880	1280 (64)	1130	760 (81)	535			
250	(14)	890	865 (31)	1445	1480 (48)	1840	1240 (65)	1100	720 (82)	510			
280	(15)	930	900 (32)	1480	1500 (49)	1800	1205 (66)	1030	675 (83)	490			
315	(16)	970	930 (33)	1520	1560 (50)	1720	1160 (67)	1040	630 (84)	460			
360	(17)	1000	940 (34)	1570	1580 (51)	1680	1130 (68)	1005	580 (85)	440			

- processamento de dados - nessa altura da metodologia deste modelo requer-se, para o compartimento L-356, objeto da ilustração, os seguintes dados conhecidos:

$$\text{área} = 1.068.467,50 \text{ m}^2$$

$$\text{perímetro} = 4.957,27 \text{ m}$$

$$\text{número de frações ou pontos, } n = 87$$

$$\rho = 50 \text{ m}$$

$$\text{coordenadas do centróide} \begin{cases} X_C = 891,99 \\ Y_C = 1.106,00 \end{cases}$$

- para todo par ordenado  $(X_i, Y_i)$  anteriormente obtido, deve-se cumprir o translado dos eixos da posição inicial ao centróide do compartimento, neste caso o L-356 colocando-se a origem  $(0,0)$  no centróide com:

$$\left. \begin{aligned} X_{Ti} &= (X_i - X_C)^2 \\ Y_{Ti} &= (Y_i - Y_C)^2 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{o qual encontra-se embutido na fórmula do cálculo} \\ \text{da distância de arraste, conforme o modelo} \end{array}$$

- cálculo da distância média de arraste correspondente ao compartimento, com a relação seguinte

$$D.M.A. = \frac{n \cdot \rho}{3 \cdot A} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - X_C)^2 + (Y_i - Y_C)^2]}{n}$$

onde:

A = área expressa em m<sup>2</sup>;

n = número de pontos;

no caso específico do compartimento L-356:

$$D.M.A. = \frac{4.350,00}{3 \cdot (1.068.467,50)} \cdot \frac{34.073.697,02}{87} = \frac{1,48 \cdot 10^{11}}{278.870.017,50} = 531,50m.$$

#### 4.6.1 Discussão dos resultados do modelo CARNIERI I

Os valores que apresenta, no cálculo da distância média de arraste, variam muito com respeito aos resultados obtidos com os outros modelos. Este fato deve-se à aproximação que sofre a figura irregular (vide Figura 18) para aproximá-la de uma configuração suave.

Visto que CARNIERI ainda não reportou uma metodologia para corrigir ou compensar a dita aproximação em figuras irregulares de tal configuração, o modelo continuará apresentando variações no cálculo da distância média de arraste, ainda, para uma mesma figura, tais variações dependerão da flexibilidade ou rigidez que o usuário faça estas aproximações na figura irregular.

#### 4.7 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO CARNIERI II

O modelo para o cálculo da distância média de arraste, CARNIERI II, requer para sua aplicação:

a) o conhecimento da área e a demarcação das coordenadas

cartesianas do centróide da figura;

- b) demarcação e identificação das coordenadas cartesianas de 30 pontos espalhados no perímetro da figura, conforme as projeções feitas cada 12 graus medidos com um transferidor cujo centro deverá ser colocado no centróide da figura do compartimento; o processo anteriormente expresso é ilustrado com a seguinte figura do compartimento L-356.

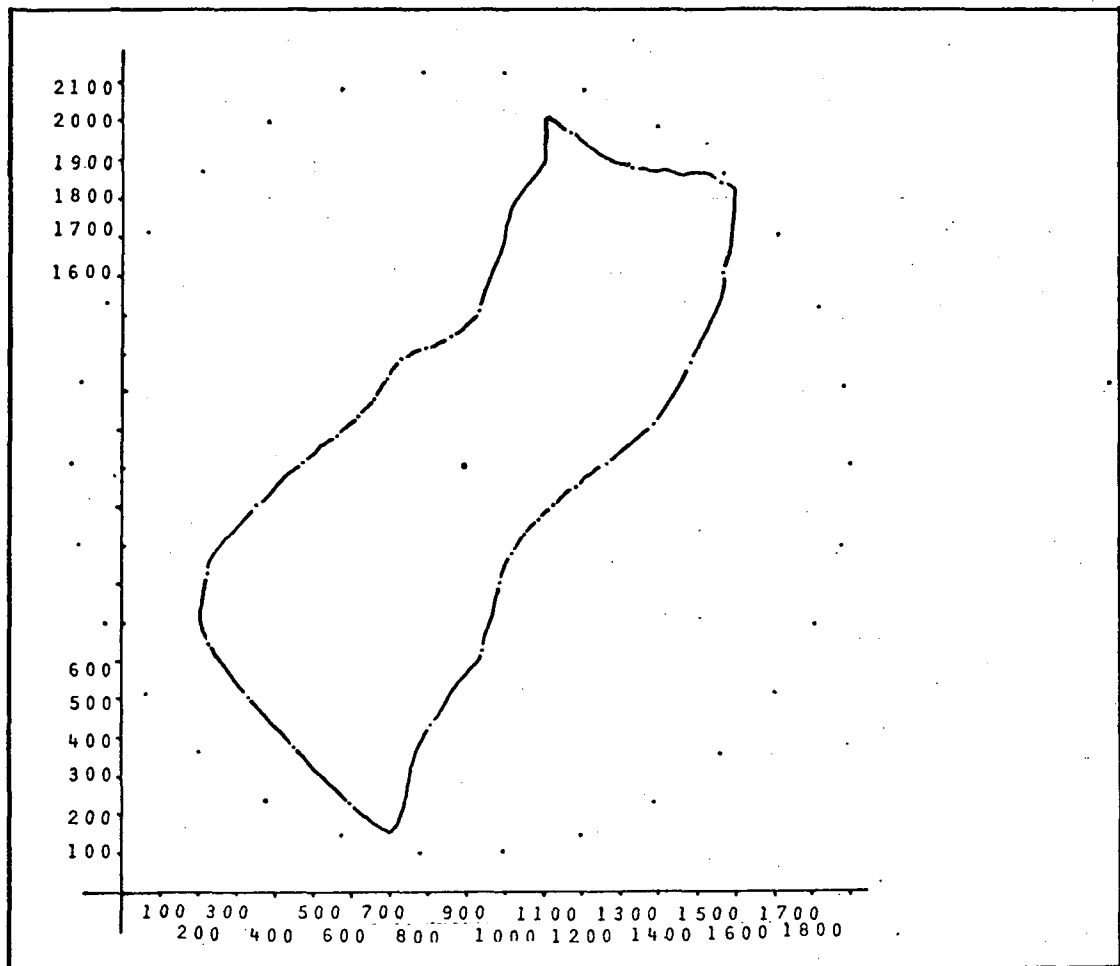


Figura 19 - APLICAÇÃO GRÁFICA DO MODELO CARNIERI II

Conforme se mostra na Figura 19, as coordenadas cartesianas dos 30 pontos exigidos pelo modelo, para o cálculo da distância média de arraste, CARNIERI II são apresentados na seguinte Tabela:

Tabela nº 7 - COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356 NA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II.

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
600 (1)	225	470 (7)	1120	790 (13)	1410	1570 (19)	1610	1090 (25)	970
450 (2)	350	560 (8)	1190	860 (14)	1440	1480 (20)	1370	1055 (26)	930
340 (3)	500	610 (9)	1240	930 (15)	1510	1390 (21)	1215	1020 (27)	880
240 (4)	640	660 (10)	1280	1170 (16)	1975	1260 (22)	1120	990 (28)	795
220 (5)	820	700 (11)	1330	1340 (17)	1880	1180 (23)	1050	960 (29)	630
350 (6)	1000	730 (12)	1380	1550 (18)	1850	1130 (24)	1000	815 (30)	435

c) processamento de dados - o modelo CARNIERI II requer só o conhecimento das coordenadas cartesianas do centróide da figura ou compartimento, no caso do compartimento L-356:

$$\text{coordenadas do centróide} \begin{cases} X_c = 891,99 \\ Y_c = 1.106,00 \end{cases}$$

d) cálculo da distância média de arraste, o qual é proporcionado pela relação seguinte:

$$D.M.A = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sum_{i=0}^{30} [(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2]^{3/2}}{\sum_{i=0}^{30} [(X_i - X_c)^2 + (Y_i - Y_c)^2]}$$

no caso do compartimento L-356 é:

$$D.M.A = \frac{2}{3} \cdot \frac{7.510.141.278,00}{10.100.190,00} = \frac{1,50 \cdot 10^{10}}{30.300.570,00} = 495,04 \text{ m.}$$

#### 4.7.1 Discussão dos resultados do modelo CARNIERI II

É o modelo mais simples, por definição, só considera a demarcação e identificação de 30 pontos, ou seja, 30 pares ordenados que ingressam ao processamento de dados.

Comparativamente os resultados obtidos, no cálculo da distância média de arraste, aplicando este modelo, são próximos aos

determinados pelo modelo CASTELLÓN-DONNELLY, considerando que tais diferenças, entre estes modelos, é compensada pela área compreendida do pátio de estocagem.

#### 4.8 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY

A aplicação do modelo requer:

- a) conhecimento das coordenadas cartesianas do centróide; no caso do compartimento L-356, objeto da ilustração, são:

$$X_c = 891,99$$

$$Y_c = 1.016,00$$

- b) localização e demarcação de pontos do perímetro da figura, de maneira que aproximem seu contorno irregular através de poligonal. Quanto maior o número de pontos, a exatidão será incrementada; como foi expresso anteriormente, o modelo CASTELLÓN-DONNELLY utiliza as coordenadas cartesianas dos mesmos pontos que ingressaram ao cálculo das coordenadas cartesianas do centróide.
- c) identificação das coordenadas cartesianas dos vértices da poligonal, os quais são apresentados na seguinte Tabela:

Tabela nº 8 - COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356, SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
700	(1) 160	250	(21) 890	940	(41) 1570	1570	(61) 1840	1130	(81) 1005
665	(2) 180	280	(22) 930	960	(42) 1620	1590	(62) 1790	1090	(82) 980
630	(3) 200	315	(23) 970	980	(43) 1660	1580	(63) 1740	1050	(83) 940
590	(4) 230	360	(24) 1000	990	(44) 1710	1580	(64) 1680	1020	(84) 900
560	(5) 260	390	(25) 1035	1000	(45) 1760	1570	(65) 1640	1000	(85) 860
520	(6) 300	420	(26) 1070	1020	(46) 1800	1560	(66) 1590	980	(86) 810
480	(7) 330	460	(27) 1100	1060	(47) 1840	1560	(67) 1540	970	(87) 760
460	(8) 360	490	(28) 1140	1080	(48) 1880	1540	(68) 1490	950	(88) 710
425	(9) 400	530	(29) 1170	1090	(49) 1930	1520	(69) 1440	940	(89) 660
390	(10) 440	570	(30) 1200	1090	(50) 1980	1495	(70) 1400	930	(90) 620
350	(11) 480	600	(31) 1230	1100	(51) 2020	1460	(71) 1360	910	(91) 580
330	(12) 510	640	(32) 1270	1140	(52) 2000	1440	(72) 1310	880	(92) 540
295	(13) 550	670	(33) 1320	1190	(53) 1960	1420	(73) 1260	850	(93) 500
260	(14) 585	700	(34) 1360	1220	(54) 1920	1395	(74) 1225	820	(94) 460
230	(15) 625	740	(35) 1390	1270	(55) 1900	1360	(75) 1195	795	(95) 420
210	(16) 665	780	(36) 1410	1320	(56) 1890	1320	(76) 1160	775	(96) 370
205	(17) 708	820	(37) 1430	1380	(57) 1880	1280	(77) 1130	760	(97) 320
205	(18) 760	865	(38) 1445	1430	(58) 1880	1240	(78) 1100	750	(98) 280
220	(19) 800	900	(39) 1480	1480	(59) 1870	1205	(79) 1030	740	(99) 215
240	(20) 860	930	(40) 1520	1530	(60) 1860	1160	(80) 1040	720	(100) 180

— Cálculo da distância média de arraste  $R_i$  para cada triângulo.

$$AYD = R_i = \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{(X_i - X_C) + (X_{i-1} - X_C)}{2} \right)^2 + \left( \frac{(Y_i - Y_C) + (Y_{i-1} - Y_C)}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

— A área  $A_i$  do triângulo é obtida por:

$$A_i = \frac{1}{2} \left[ ((X_i - X_C) \cdot (Y_{i-1} - Y_i)) - ((X_{i-1} - X_C) \cdot (Y_i - Y_C)) \right]$$

— Cálculo da distância média de arraste para a figura toda, determinado por:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Tratando-se do compartimento L-356, a distância média de arraste é proporcionada por:

$$DMA = \frac{531.146.625,40}{1.068.467,50}$$

DMA = 497,11 m.

— O perímetro total é determinado por:

$$\text{PERIM} = \sum_{i=0}^n \sqrt{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2}$$

Em nosso caso,

PERIM = 4.957,27 m.

Nesta altura do procedimento é importante assinalar que para efeitos de verificação nos resultados obtidos, pode-se conferir a área total ( $\sum_{i=1}^n A_i$ ) obtida na aplicação deste modelo com o cálculo da área obtida na metodologia para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide; o mesmo fato é válido no caso do perímetro.

#### 4.8.1 Discussão dos resultados do modelo CASTELLÓN-DONNELLY

Este modelo combina a exatidão e a dificuldade, ou seja, a maior exatidão requerida, o trabalho no processamento de dados aumenta consideravelmente, o qual é simplificado com o uso de uma calculadora de bolso programável.

No caso de girar a figura, com respeito ao sistema de eixos cartesianos situados no centróide da figura, e em cada caso que se aplique este modelo, apresentará os mesmos resultados em todos os casos, sempre e quando o número de pontos do perímetro que ingressam no cálculo possuam a mesma localização no perímetro. Tal condição não é válida nos modelos desenvolvidos pelo Prof. Carnieri.

Portanto, a variação dos resultados para uma mesma figura — ou para um conjunto de figuras, dependerá dos recursos e o nível de precisão que o usuário disponha.



#### 4.9 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO DONNELLY

O modelo DONNELLY é considerado como básico, porque os outros modelos aqui apresentados evoluíram a partir de sua concepção e estrutura matemática.

Embora seu fundamento seja em bases sólidas, o autor DONNELLY não reporta nenhum critério quanto ao ponto de referência de aplicação de seu modelo. Isto é, não existe uma definição com respeito à localização do sistema de eixos cartesianos para sua aplicação; porém, os resultados aqui obtidos deverão ser interpretados como a distância média de arraste do compartimento com respeito à localização de eixos cartesianos.

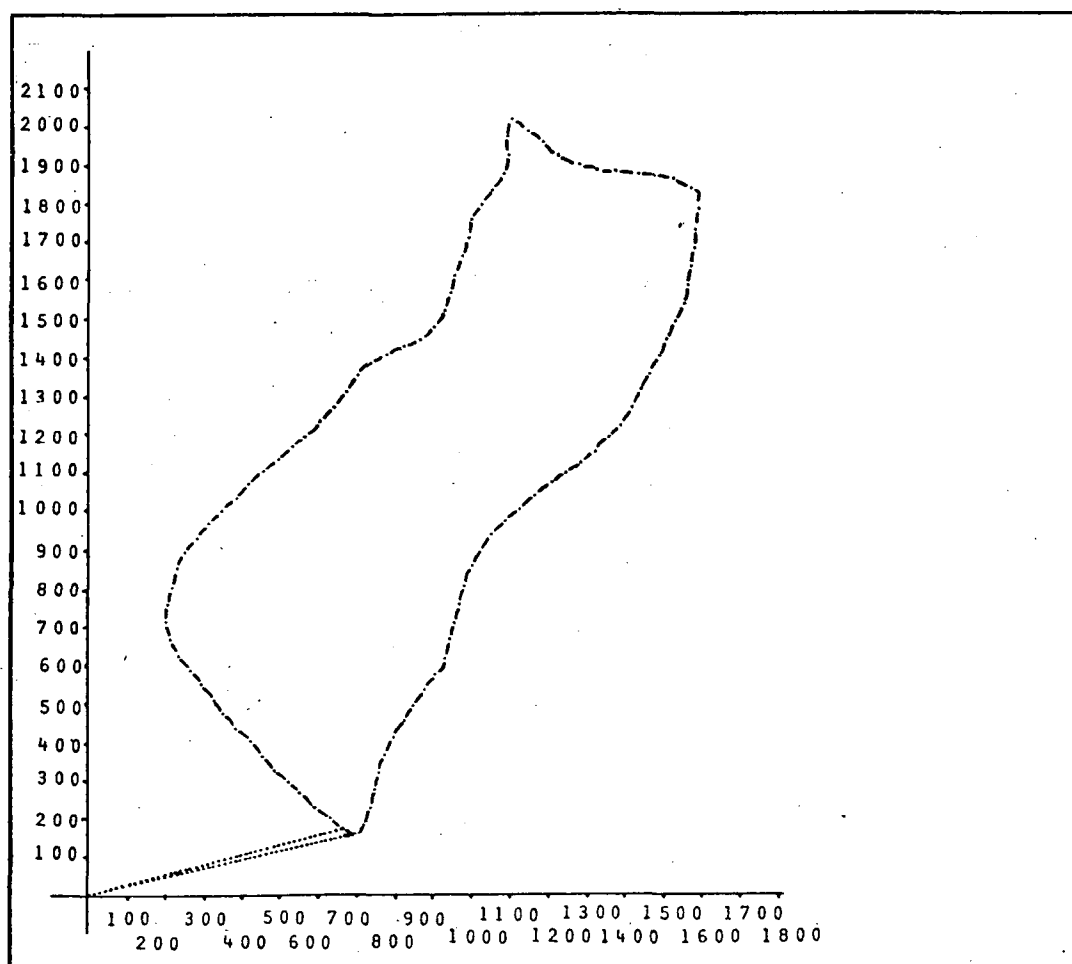


Figura 20 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DO PERÍMETRO, SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

- Demarcação e identificação das coordenadas cartesianas dos pontos do perímetro da figura, o qual é proporcionado na Tabela seguinte:

Tabela nº 9 - COORDENADAS CARTESIANAS CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356, SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
700 (1)	160	250 (21)	890	940 (41)	1570	1570 (61)	1840	1130 (81)	1005
665 (2)	180	280 (22)	930	960 (42)	1620	1590 (62)	1790	1090 (82)	980
630 (3)	200	315 (23)	970	980 (43)	1660	1580 (63)	1740	1050 (83)	940
590 (4)	230	360 (24)	1000	990 (44)	1710	1580 (64)	1680	1020 (84)	900
560 (5)	260	390 (25)	1035	1000 (45)	1760	1570 (65)	1640	1000 (85)	860
520 (6)	300	420 (26)	1070	1020 (46)	1800	1560 (66)	1590	980 (86)	810
480 (7)	330	460 (27)	1100	1060 (47)	1840	1560 (67)	1540	970 (87)	760
460 (8)	360	490 (28)	1140	1080 (48)	1880	1540 (68)	1490	950 (88)	710
425 (9)	400	530 (29)	1170	1090 (49)	1930	1520 (69)	1440	940 (89)	660
390 (10)	440	570 (30)	1200	1090 (50)	1980	1495 (70)	1400	930 (90)	620
350 (11)	480	600 (31)	1230	1100 (51)	2020	1460 (71)	1260	910 (91)	580
330 (12)	510	640 (32)	1270	1140 (52)	2000	1440 (72)	1310	880 (92)	540
295 (13)	550	670 (33)	1320	1190 (53)	1960	1420 (73)	1260	850 (93)	500
260 (14)	585	700 (34)	1360	1220 (54)	1920	1395 (74)	1225	820 (94)	460
230 (15)	625	740 (35)	1390	1270 (55)	1900	1360 (75)	1195	795 (95)	420
210 (16)	665	780 (36)	1410	1320 (56)	1890	1320 (76)	1160	775 (96)	370
205 (17)	708	820 (37)	1430	1380 (57)	1880	1280 (77)	1130	760 (97)	320
205 (18)	760	865 (38)	1445	1430 (58)	1880	1240 (78)	1100	750 (98)	280
220 (19)	800	900 (39)	1480	1480 (59)	1870	1205 (79)	1030	740 (99)	215
240 (20)	860	930 (40)	1520	1530 (60)	1860	1160 (80)	1040	720 (100)	180

Neste caso, é de considerar que as coordenadas cartesianas do centróide do compartimento L-356 não ingressam no cálculo da distância média de arraste.

- Processamento de dados
  - Cálculo da distância média de arraste para cada triângulo formado pelo segmento do perímetro, determinado pela distância entre dois pontos do perímetro e sua projeção à origem (0,0) do sistema de eixos cartesianos, o qual é determinado por:

$$AYD = R_i \approx \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{X_i + X_{i-1}}{2} \right)^2 + \left( \frac{Y_i + Y_{i-1}}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

ou bem,

$$AYD = R_i \approx \frac{1}{3} \left[ (X_i + X_{i-1})^2 + (Y_i + Y_{i-1})^2 \right]^{1/2}$$

- Cálculo da área por:

$$A_i = \frac{1}{2} (X_i \cdot Y_{i-1} - X_{i-1} \cdot Y_i)$$

- Cálculo da distância média de arraste para a figura toda com a relação seguinte:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

No caso do compartimento L-356, objeto de ilustração, a distância média de arraste é determinada por:

$$DMA = \frac{1.533.956.355,00}{1.068.467,50}$$

$$DMA = 1.435,66 \text{ m.}$$

O cálculo do perímetro total da figura é obtido por:

$$PERIM = \sum_{i=k}^n \sqrt{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2} \quad , \text{ onde } n=k$$

No caso do compartimento L-356:

$$Perim = 4.957,27 \text{ m.}$$

Em termos comparativos, pela estrutura matemática em que o modelo de DONNELLY é baseado, o cálculo da área total,  $\sum_{i=0}^n A_i$ , e o cálculo do perímetro total da figura deverão coincidir exatamente com o modelo CASTELLÓN - DONNELLY e com a metodologia para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide, anteriormente descritas, o qual é válido para qualquer compartimento.

## 4.9.1 Discussão dos resultados do modelo DONNELLY

Os valores obtidos no cálculo da distância média de arraste, aplicando este modelo, foram significativamente maiores, no caso de considerar-se compartimento por compartimento. Mas, considerando o exposto no item 4.4, a aplicação do modelo DONNELLY deve considerar-se como uma ilustração e interpretar-se como o resultado do cálculo da distância média de arraste referente ao ponto no qual se localiza o sistema de eixos cartesianos, portanto, estes valores não servem como comparação com os outros modelos.

Tabela nº 10 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS, NA APLICAÇÃO DOS MODELOS PROPOSTOS, NA REGIÃO "LA GERMANIA".

COMPARTIMENTO		L-356	L-357	L-358	L-360	L-314
Coordenadas cartesianas do Centróide	$\bar{X}_C$	891,99	472,13	751,87	773,34	631,20
	$\bar{Y}_C$	1.106,00	887,71	834,49	490,91	889,03
Perímetro	m.	4.957,27	4.066,05	3.680,95	3.675,00	5.176,08
Área	m <sup>2</sup>	1.068.467,5	795.097,5	733.662,5	716.887,5	956.550,00
	ha	106,85	79,51	73,37	71,69	95,66
MODELOS		DMA	DMA	DMA	DMA	DMA
CARNIERI I		531,50	361,20	326,38	355,90	435,99
CASTELLÓN-DONNELLY		497,11	367,87	339,66	336,23	427,41
CARNIERI II		495,71	361,66	341,13	336,80	422,53
DONNELLY *		1.435,66	1.050,14	1.162,26	941,24	1.120,76

(Vide Anexo 1)

\* Valores obtidos não servem como comparação devido a serem obtidos através da aplicação do sistema cartesiano fora da figura (vide Figura 12).

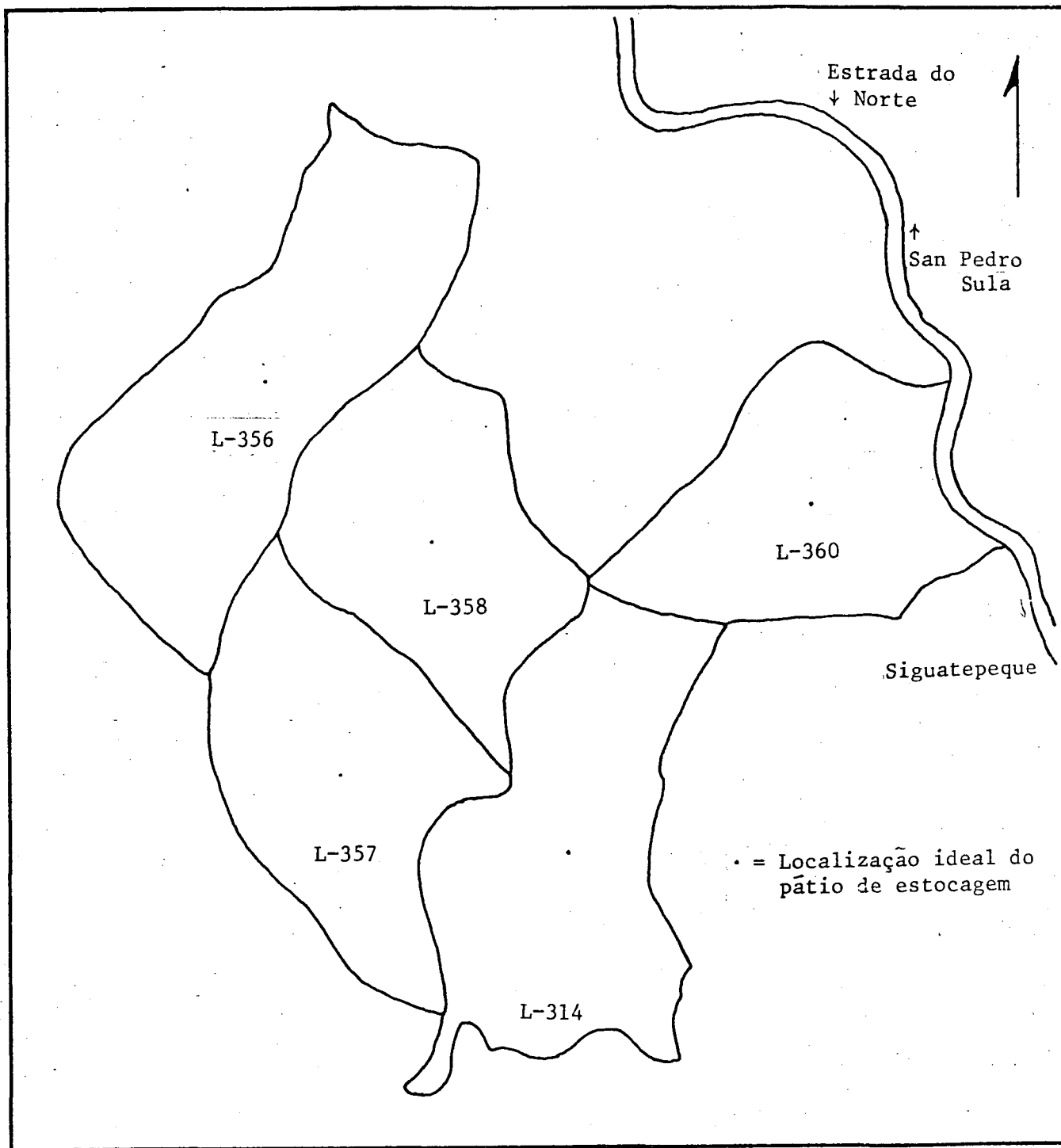


Figura 21 - ÁREA DE CORTE EVIDENCIANDO OS CENTRÓIDES DOS RESPECTIVOS COMPARTIMENTOS, OBJETO DO ESTUDO.

#### 4.10 CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE EM FIGURAS DE GEOMETRIA CONHECIDA

Apresenta-se, em continuação, equações que determinam a distância média de arraste em figuras de geometria conhecida, nas quais não existe a necessidade de se aplicar os modelos matemáticos anteriormente descritos.

À respeito, MATTHEWS, LYSONS e MANN, SUDDARTH e HERRICK, citados por DONNELLY<sup>8</sup>, VON SEGEBADEN, citado por DE LA MAZA<sup>6</sup>, e WINOGOROW<sup>27</sup>, reportaram o uso de coeficientes em tais figuras, para se obter o cálculo da distância média de arraste, em função da área e o tipo de figura de geometria conhecida.

Mas, "em tratando-se de forma e áreas iguais das parcelas com esquemas diferentes, as distâncias de arraste tornam-se diferentes." (WINOGOROW<sup>27</sup>, p. 49)

Porém, o uso de coeficientes, reportado por diferentes autores, para figuras regulares de uso comum na divisão das florestas, tais como retângulos, quadrados e setores circulares, apresentam resultados questionáveis, porque geometricamente pode obter-se uma mesma área com perímetros diferentes.

No caso do retângulo, o perímetro é o fator geométrico que introduz as mais sérias variações no cálculo da distância média de arraste, nos casos em que a área é constante e o formato da figura permaneça inalterado.

Contrário aos coeficientes estabelecidos por MATTHEWS, LYSONS, MANN, SUDDARTH, HERRICK, VON SEGEBADEN, WINOGOROW, e estudando o problema com profundidade matemática, MAZZAROTTO\* entende que o cálculo da distância média de arraste para áreas de formato retangular, independentemente da variação do perímetro, é proporcionado

\* MAZZAROTTO, Marco André. Msc. em Matemática, Professor assistente do Departamento de Matemática, Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

pela relação seguinte:

$$DMA_R = \frac{1}{6} \left[ D + \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{A^2}{B} \ln \frac{D+B}{A} \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{A} \ln \frac{D+A}{B} \right) \right]$$

onde:

$DMA_R$  = distância média de arraste para figuras de formato retangular, expressa em m.

B = lado de comprimento maior, expresso em m.

A = lado de comprimento menor, expresso em m.

D = diagonal da referida figura, obtida através da relação:

$$D = \sqrt{A^2 + B^2}, \text{ expresso em m.}$$

$\ln$  = logaritmo natural.

O referido pesquisador matemático considera as figuras de formato quadrado como casos excepcionais, e afirma que para tais casos, o cálculo da distância média de arraste é obtido através da expressão seguinte:

$$DMA_Q = 0,3826 \cdot L$$

onde:

$DMA_Q$  = distância média de arraste para figuras de formato quadrado, expressa em m.

L = lado do quadrado, expresso em m.

As relações de MAZZAROTTO para o cálculo da distância média de arraste em figuras de formato retangular e quadrado, são comparadas com o modelo matemático CASTELLÓN-DONNELLY, no Anexo 2, reportando-se uma diferença insignificante nos casos em que o modelo CASTELLÓN-DONNELLY é aplicado com extrema exatidão, isto é, o maior número possível de coordenadas  $(X_i, Y_i)$  do perímetro da figura; o qual proporciona grande exatidão e confiabilidade às relações de MAZZAROTTO.

No caso de figuras de formato triangular, CARNIERI, MAZZAROTTO e CASTELLÓN concordam com DONNELLY<sup>8</sup>, que estabelece que nestas figuras a distância média de arraste é obtida utilizando-se a expressão seguinte:

$$DMA_t = \frac{L_1+L_2}{6L_3^2} \cdot [L_3^2 + (L_1-L_2)^2] + \frac{[L_3^2 - (L_1-L_2)^2] [(L_1+L_2)^2 - L_3^2]}{12L_2^3} \cdot \log_e \frac{L_1+L_2+L_3}{L_1+L_2-L_3}$$

onde:

$DMA_t$  = distância média de arraste para figuras de formato triangular, expressa em m.

$L_1, L_2$  = lados do triângulo, constituídos pelas distâncias entre o vértice escolhido como ponto de referência e a base, expresso em m.

$L_3$  = base do triângulo, ou cateto oposto ao vértice indicado como ponto de referência, ou ponto ao qual o arraste será dirigido, expresso em m.

Para se obter resultados corretos, na utilização da expressão anteriormente apresentada, é necessário que  $L_3$  represente o valor da base do triângulo.

No caso das áreas com formato circular, foram aplicadas determinações geométricas, onde:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot R_i}{A} = \frac{2}{3} R \frac{\sum A_i}{A}$$

portanto, no círculo,

$$DMA_C = \frac{2}{3} R$$

ou seja,

$$DMA_C = \frac{4 \cdot \pi (\text{Raio})^2}{3 \cdot 2\pi \cdot \text{Raio}}$$

ou bem,

$$DMA_C = \frac{4 \cdot \text{Área}}{3 \cdot \text{Perímetro}} = \frac{4A}{3P}$$



onde:

$DAM_C$  = distância média de arraste para figuras de formato circular, expressa em m ou outra unidade linear;

A = área expressa em  $m^2$  ou outra unidade de superfície;

P = perímetro, expresso em m ou outra unidade linear;

R = raio, expresso em m ou outra unidade linear.

Quando a densidade de volume ou de toras é uniforme num setor circular, o cálculo da distância média de arraste é determinado por:

$$DMA_C = \frac{2}{3} \text{ Raio}$$

A análise anterior coincide com o determinado por DONNELLY<sup>8</sup>, que estabelece: "quando a densidade de toras é uniforme, as operações para o cálculo da distância média de arraste é:  $ASD = \frac{2}{3} \cdot \text{Raio circular}$ ." (DONNELLY<sup>8</sup>, p.10)

## V CONCLUSÕES

A aplicação dos novos modelos matemáticos, para o cálculo da distância média de arraste, apresentam as seguintes vantagens:

- 1 - Sua utilização demonstrou que é viável, em florestas nativas de *Pinus* spp., apresentando resultados consistentes.
- 2 - Quantificam em termos matemáticos o cálculo da distância média em função das características geométricas da figura do talhão ou compartimento.
- 3 - Proporcionam uma flexibilidade no planejamento da exploração de acordo com as condições das florestas nativas.
- 4 - Permitem ao planejador a estratificação ou divisão das florestas em aspectos de maior importância econômica; o que facilita isolar as características mais limitantes nos custos por setor ou compartimento. Sendo assim, permite a determinação do "tratamento adequado" ao compartimento ou talhão que possui características específicas, quanto ao volume, topografia, solos, etc., sem existir restrições quanto ao formato da figura resultante. Consequentemente, obtém-se uma aproximação mais real e consistente dos custos de exploração por atividade em cada setor e para a área total. Portanto, proporcionam ao planejador florestal, as bases para o cálculo do consumo de tempo por atividades de acordo com o rendimento esperado em cada setor da floresta, conforme as suas características.

- 5 - Proporcionam a obtenção de suficientes elementos para a aplicação de métodos de planejamento, tais como: Balanço de sistemas, Gráficos de Gantt, com o objetivo de:
  - a) racionalizar os recursos financeiros, mão de obra, maquinário, etc.;
  - b) prever as eventualidades e problemas da estrutura produtiva da Exploração Florestal;
  - c) supervisionar o desenvolvimento das atividades e detectar falhas ou erros na cadeia de produção.
- 6 - Através da análise do cálculo das coordenadas do centróide, por compartimento ou talhão, permite a localização do ponto, no qual as distâncias internas de arraste são otimizadas, o que se traduz na localização ideal do pátio de estocagem.
- 7 - A aplicação dos novos modelos matemáticos, tendo como referência as coordenadas cartesianas do centróide, proporcionam o resultado líquido da distância média de arraste referente ao ponto no qual estas distâncias são otimizadas, o que se traduz na otimização do meio de extração.
- 8 - Localizando-se as coordenadas cartesianas dos pátios de estocagem, as quais são facilmente identificadas no mapa e no mato, logra-se facilmente selecionar a rota das estradas, obtendo-se um racionamento na sua construção.
- 9 - Ao considerar as coordenadas cartesianas dos pátios de estocagem como pontos de controle ou pontos chaves do destino das estradas, permite-se uma notável redução dos custos de transporte rodoviário. Consequentemente, existe a facilidade de se estimar o número de quilômetros de

estradas necessários para a área total, no caso de se possuir dados com respeito ao solo, sub-solo, topografia e relevo da região, pode-se calcular o custo por quilômetro de estrada, por setor.

- 10 - A aplicação destas análises permite ao planejador das operações florestais, a facilidade de excluir dentro da área total as zonas proibidas ou não aptas para o exercício das operações da Exploração Florestal, sem a necessidade de mudar o esquema ou metodologia de cálculo.
- 11 - A utilização dos referidos modelos, apresentam uma facilidade no manuseio da informação, sendo processada em qualquer calculadora de bolso programável. Assim, proporcionando a flexibilidade de se obter os resultados dos cálculos, em qualquer lugar que o planejador se encontre, seja no mato ou no escritório. Em essência, se traduz numa rapidez, no processamento da informação, o que permite a facilidade da tomada de decisões no momento em que está executando a exploração.
- 12 - O uso destas análises é de fácil acessibilidade para qualquer um e sua aplicação não requer avançados conhecimentos em Matemática, portanto, podem ser utilizados por empreiteiros, técnicos e profissionais de qualquer área.
- 13 - Uma notável vantagem, na aplicação dos novos modelos matemáticos para o cálculo da distância média de arraste, consiste na integração dos planos de Manejo e Silvicultura à Exploração Florestal, isto é, a liberdade do silvicultor ou da autoridade florestal regional de ordenar ou sugerir as técnicas ou tratamentos adequados, para o aproveitamento da madeira, por setor ou compartimento.

- 14 - Uma vantagem adicional na aplicação destas análises é que permitem a avaliação dos possíveis danos ao recurso natural, causados por empreiteiros ou firmas nos compartimentos divididos ou classificados segundo os critérios considerados importantes, no caso que os danos sejam altamente significativos, implicaria a procura de fatores ou critérios mais relevantes para a divisão ou classificação dos compartimentos.
- 15 - Para efeitos práticos, tentou-se equacionar o cálculo da distância média de arraste em figuras de formato irregular através de análises de regressão linear, sem obter uma equação satisfatória, devido, possivelmente, à exclusão de outros parâmetros dependentes da parte física ou do serviço, ou bem, devido à inflexibilidade do modelo utilizado.
- 16 - No caso de existir a possibilidade de dividir a floresta em compartimentos de forma regular, ou seja, quadrados, retângulos, ou áreas de formato circular, deve-se utilizar as relações de MAZZAROTTO. Estas equações apresentam maior facilidade de aplicação, assim como reduzir a possibilidade de erros na utilização do cálculo da distância média de arraste, pois estas equações são de fácil manuseio.

## VI RECOMENDAÇÕES

Para a utilização dos modelos matemáticos, apresentados neste trabalho, para o cálculo da distância média de arraste é necessário:

- 1 - Que o ponto correspondente às coordenadas cartesianas do centróide seja localizado dentro da figura regular ou irregular, o qual é particularmente importante, na aplicação dos modelos CARNIERI I e CARNIERI II.
- 2 - A análise para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide requer que o formato da figura não seja em forma de: meia lua, J, L ou C, já que em tais casos, o centróide das ditas figuras, se localiza fora da área da figura.
- 3 - Deve-se ter especial atenção às escalas do mapa. A obtenção de resultados representativos da zona a ser explorada, e redução dos erros, só poderão ser obtidos quando a escala do mapa for igual à utilizada no sistema de coordenadas cartesianas.
- 4 - A utilização do modelo CARNIERI I é de uso restringido ou limitado para figuras de formato de tendência circular, carentes de bicos ou pontas aguçadas, já que em tais acidentes, deve-se aproximar para um formato circular o que proporciona erros no cálculo da área e perímetro.
- 5 - A aplicação do modelo CARNIERI II apresentará valores errados nas figuras cujo formato irregular se caracteriza por ter bicos e pontas bem pronunciadas perpendiculares

ou paralelas ao centróide.

- 6 - Fora da restrição antes expressa, o modelo CARNIERI II é o menos trabalhoso, mais acessível e sua configuração matemática consome menos memória de programação.
- 7 - No caso de existir áreas ou compartimentos não aptas ou não recomendáveis para o exercício das atividades da Exploração Florestal, deve-se utilizar a análise para o cálculo das coordenadas cartesianas do centróide para se calcular a área; o dito resultado deverá subtrair-se da área total, e assim se obterá a área total líquida a ser explorada.
- 8 - No caso de existir a possibilidade de que o ponto ideal para a localização do pátio de estocagem, isto é, o centróide do compartimento ou talhão, não apresente as condições necessárias para se construir o estaleiro, deve-se procurar na vizinhança do local um sítio que apresente as características desejadas, após isso, localiza-se o dito ponto com suas coordenadas cartesianas, no mapa, para se calcular a distância média de arraste em função do novo ponto, portanto, deve-se aplicar o modelo DONNELLY, sendo que o dito modelo matemático é o único que proporciona o cálculo da distância média de arraste sem considerar o centróide da figura.
- 9 - Sempre que seja possível a localização do pátio de estocagem no centróide do compartimento ou talhão, o modelo CASTELLÓN-DONNELLY apresentará os resultados mais consistentes, nos seguintes casos:
  - que os segmentos de linha reta aproximem melhor as irregularidades da figura, isto é, quanto maior seja o

número de segmentos de linha reta a exatidão será maior;  
- que as coordenadas cartesianas de cada vértice da figura que ingressarão ao cálculo do centróide devem ser as mesmas.

- 10 - Nas figuras em cujo formato existam bicos pronunciados, tanto interna como externamente, os modelos DONNELLY e CASTELLÓN-DONNELLY são os únicos que compensam as áreas não compreendidas dentro ou fora do formato da figura.
- 11 - Para áreas de formato regular, recomenda-se a utilização de equações, que para tais efeitos, foram desenvolvidas, a fim de facilitar o cálculo da distância média de arraste.
- 12 - Devido que a distância média de arraste calculada pelos modelos propostos fornece a distância sempre em linha reta, e que esta não é a normalidade das áreas de exploração florestal, sugere-se que sejam feitos estudos para calcular índices de aproximação, a fim de se compensar os efeitos de topografia e obstáculos naturais, e desta forma obter a distância de arraste verdadeira.



## SUMMARY

The present work lies on an introduction of a new conception, based upon geometric terms, for the calculus of the average skidding distance, without considering the factors and coefficients normally used in the traditional methodology which includes this new calculus.

Here we present three mathematics models that developed from the mathematical conception from one model considered as conventional, whose use is almost unknown.

The new mathematics patterns for the skidding average distance calculation are applicable for the stratificated areas or divided into compartments in accordance with the most relevant criteria in the costs, independently of the regular or irregular shape of the resultant figure.

In addition to what was said above, it is necessary to consider an introduction of an analysis that can determine, in the same geometrical terms, the calculus of the point on which the skidding inner distances reach the optimum point, that is, the ideal localization of the storage yarding, represented in cartesian co-ordinates of the centroid, applicable to the regular or irregular shape of the figure.

By definition, the three new mathematics models for the skidding average distance calculus are based upon:

- a) the fundamental characteristics of the cartesian co-ordinates axes system;
- b) upon the geometric properties of the figures, having as

reference point for its application, the cartesian co-ordinate of the centroid.

The applicability of such models is demonstrated and also practicable in the natives woods of *Pinus* spp. presenting natural advantages with respect to the methods known up to now.

The utilization of this method is easy, flexible and accessible to people without a profound knowledge on Mathematics and its use can be done with the help of any pocket electronic programmed rule.

The equations established for the calculus of the skidding medium distance were determined by the use of the linear regression analysis, for both rectangular and squared figures, the geometric deductions and determinations were applied to circular sections and also for circular shaped figures, usually used in cable skidding systems.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BECKER, G. Vantagens e problemas na estruturação de trabalhos na colheita de madeira do ponto de vista ergonômico. Curitiba. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1981 (III Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal) 105 p.
- 2 - CAMPOS, R. Estructura de los costos de extracción y transporte de madera rolliza en la selva baja. Lima, FAO. 1983. 71 p.
- 3 - CHRISTIANSEN, P. et alii. Transporte forestal con tractores y equipo de carga y descarga. 1971, tomo I, Edit. Centro de Publicaciones. Medellin, Colombia. 142 p.
- 4 - COHDEFOR. Plan de Manejo forestal. Unidad de Manejo de Siguatepeque. Comayagua, Honduras. 1978. 160 p.
- 5 - CONWAY, S. Logging practices, principles of timber harvesting systems. Washington. Miller Freeman Publications. 1979. 3a. Ed. 416 p.
- 6 - DE LA MAZA, J. Criterios y factores que condicionan los aprovechamientos forestales. 1970. Madrid. Edit. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- 7 - DIETZ, P. Tarefas e modelos da rede viária florestal. Curitiba. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 1983. (IV Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal) 105 p.
- 8 - DONNELLY, M.D. Computing average skidding distance for logging areas with irregular boundaries and variable log density. Colorado. Forest Serv., U.S. Dept. Agric., 1978. (General technical report R.M-58) 10 p.

- 9 - DUERR, W.A. Fundamentos da economia florestal. 1972. Lisboa. Trad. Eugenio J. Lamas da Silva. Edit. Fundação Calouste Gulbenkian. 754 p.
- 10 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Technical report of the FAO/Austria training course on forest roads and harvesting en mountains forest. Roma, 1979. 242 p.
- 11 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. La explotación maderera y el transporte de trozas en el monte alto tropical, manual sobre producción y costos. 1974. FAO, Roma. 99 p.
- 12 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Harvesting man-made forest in developing countries. Roma, 1976. Edit. FAO. 181 p.
- 13 - FORBES, R.B. Foresting handbook. New York, the Ronald Press, 1965. 452 p.
- 14 - GIECK DURT. Manual de fórmulas técnicas. Trad. Arnulf Riedl S. Ed. 13-1970. pp K-5. Edit. Representaciones y servicios de ingeniería S.A. México.
- 15 - HEINRICH R. Mountain forest roads and harvesting. Roma. 1978. Edit. FAO. 37 p.
- 16 - HEWLETT-PACKARD - HP-41C. Structural analysis Pac. Section properties. Referência: Wojiechowski, Felix, "Properties of plane cross sections", Machine design. p. 105, jan., 1976. Edit. Hewlett Packard. Singapore, 1980.
- 17 - HEWLETT-PACKARD - HP-41C. Conjunto estatístico. Curvas de ajuste. Referência: HP 67/97 Math Pac I, program MA 1-07. Edit. Hewlett-Packard, Singapore, 1980.
- 18 - HEWLETT-PACKARD. Properties of special sections. Brasil. Edit. Hewlett-Packard, 1980. 72 p. (HP-41C, users' library solutions, Civil Engineering)
- 19 - JOHNSTON, D.R. et alii. Planeamento florestal. 1977. Lisboa. Trad. Jaime Salazar Sampaio. Edit. Fundação Calouste Gulbenkian. 798 p.

- 20 - MACHADO, C.C. Planejamento e controle de custos na exploração florestal. Viçosa. U.F.V. 1984. 138 p.
- 21 - MALINOVSKI, J.R. Considerações básicas no planejamento da colheita da madeira. 1981. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. (III Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal) 105 p.
- 22 - MCNALLY, J.A. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Roma, FAO. 1978. 171 p.
- 23 - PNUD/FAO/IBDF/BRA. Estudo de viabilidade técnico-econômica da exploração mecanizada em floresta de terra firme na região de Curuá-Una. Belém, FAO. 1978. 131 p.
- 24 - POMARES, J.M. Planificación grafica de obras, Gantt-C.P.M.P.E.R.T.-Roy. Barcelona, 1977. Edit. Gustavo Gili, S.A. 143 p.
- 25 - RIGGS, L.J. Sistemas de producción, planeación, analisis y control. México. Edit. Limusa. 1977. 683 p.
- 26 - WACKERMAN, A.E. et alii. Harvesting timber crops. San Francisco. 2a. ed. 1966. Edit. McGraw-Hill. 540 p.
- 27 - WINOGOROW, G.K. Holzeinschlagsarbeiten. 1975. Trad. Oskar Kasperl. Edit. Veb Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. 175 p.

## ANEXO I

RESULTADOS DAS ANÁLISES DO CÁLCULO DAS COORDENADAS  
CARTESIANAS DO CENTRÓIDE E DAS APLICAÇÕES DOS MODELOS  
CARNIERI I, CARNIERI II, CASTELLÓN-DONNELLY E DONNELLY  
NA REGIÃO "LA GERMANIA".

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS  
DO CENTROIDE NO COMPARTIMENTO L-360.

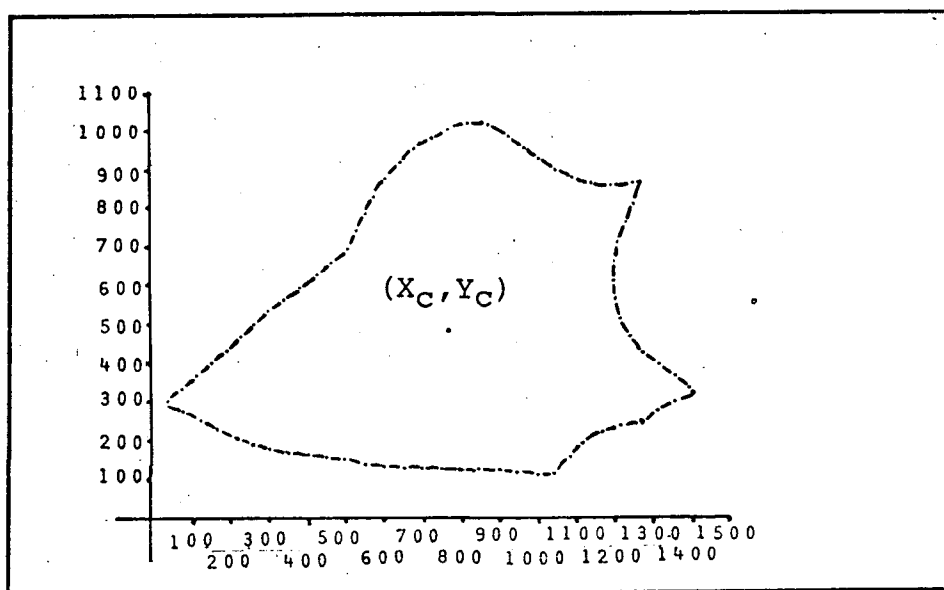


Figura 1 - COMPARTIMENTO L-360 DA REGIÃO "LA GERMANIA" EVIDENCIANDO O CENTROIDE.

Tabela 1 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-360.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
1040	(1) 105	350	(15) 160	300	(29) 530	820	(43) 1015	1200	(57) 605
1000	(2) 105	300	(16) 170	340	(30) 560	880	(44) 1010	1205	(58) 540
945	(3) 120	260	(17) 195	380	(31) 580	920	(45) 980	1220	(59) 505
900	(4) 120	220	(18) 205	430	(32) 620	960	(46) 940	1240	(60) 460
850	(5) 120	180	(19) 220	460	(33) 660	1000	(47) 920	1280	(61) 420
800	(6) 120	130	(20) 250	505	(34) 695	1050	(48) 900	1320	(62) 390
745	(7) 120	80	(21) 275	540	(35) 740	1100	(49) 880	1360	(63) 360
700	(8) 125	40	(22) 300	560	(36) 780	1140	(50) 860	1400	(64) 330
650	(9) 130	75	(23) 355	580	(37) 820	1200	(51) 850	1360	(65) 295
600	(10) 135	115	(24) 365	605	(38) 870	1260	(52) 860	1310	(66) 260
550	(11) 140	150	(25) 400	640	(39) 910	1250	(53) 800	1260	(67) 240
500	(12) 140	190	(26) 420	685	(40) 940	1230	(54) 760	1210	(68) 225
450	(13) 150	225	(27) 460	725	(41) 960	1210	(55) 710	1170	(69) 220
410	(14) 160	270	(28) 500	765	(42) 1000	1200	(56) 660	1120	(70) 190
								1090	(71) 150

Nº de dados: 71 (pares ordenados)

Perímetro: 3.675,00 m.

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 773,34$

$Y_c = 490,91$

Área: 716.887,50 m<sup>2</sup>.

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I NO COMPARTIMENTO L-360.

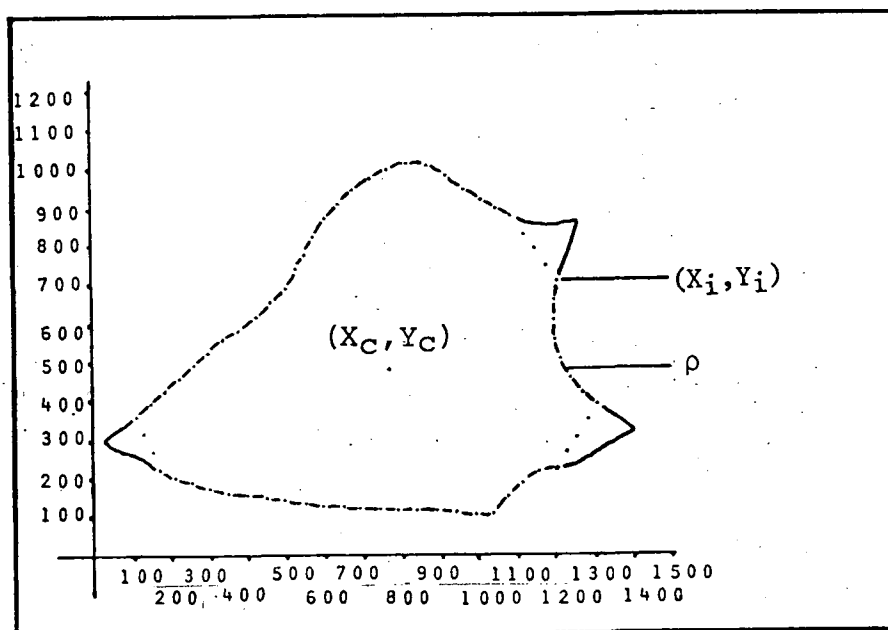


Figura 2 - COMPARTIMENTO L-360 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 2 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-360 SEGUNDO O MODELO CARNIERI I.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
1040	(1) 105	410	(14) 160	300	(27) 530	765	(40) 1000	1200	(53) 605
1000	(2) 105	350	(15) 160	340	(28) 560	820	(41) 1015	1205	(54) 540
945	(3) 120	300	(16) 170	380	(29) 580	880	(42) 1010	1220	(55) 505
900	(4) 120	260	(17) 195	430	(30) 620	920	(43) 980	1240	(56) 460
850	(5) 120	220	(18) 205	460	(31) 660	960	(44) 940	1280	(57) 420
800	(6) 120	180	(19) 220	505	(32) 695	1000	(45) 920	1320	(59) 390
745	(7) 120	160	(20) 270	540	(33) 740	1050	(46) 900	1295	(59) 350
700	(8) 125	130	(21) 320	560	(34) 780	1100	(47) 880	1265	(60) 310
650	(9) 130	115	(22) 365	580	(35) 820	1125	(48) 830	1240	(61) 260
600	(10) 135	150	(23) 400	605	(36) 870	1135	(49) 795	1210	(62) 225
550	(11) 140	190	(24) 420	640	(37) 910	1190	(50) 750	1170	(63) 220
500	(12) 140	225	(25) 460	685	(38) 940	1210	(51) 710	1120	(64) 190
450	(13) 150	270	(26) 500	725	(39) 960	1200	(52) 660	1090	(65) 150

Nº de pontos: 65 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 773,34$  $Y_c = 490,91$ 

Distância média de arraste: 355, 90 m.



## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II NO COMPARTIMENTO L-360.

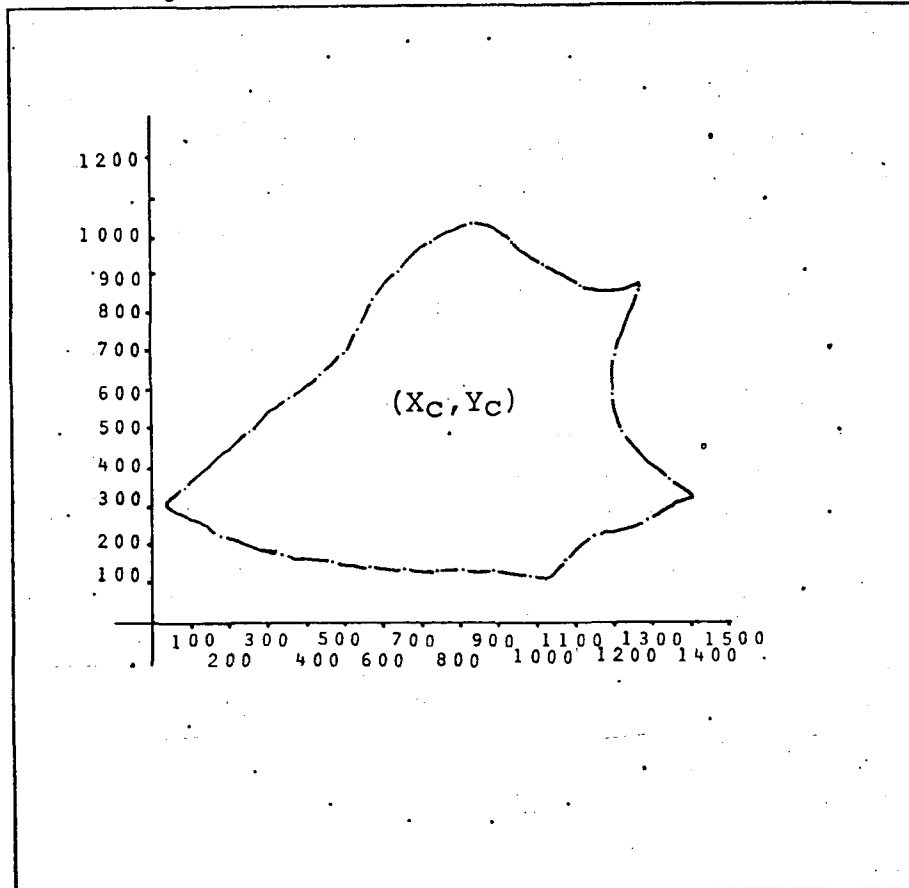


Figura 3 - COMPARTIMENTO L-360 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 3 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-360, SEGUNDO O MODELO CARNIERI II.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
995 (1)	105	470 (7)	150	440 (13)	640	830 (19)	1020	1200 (25)	580
890 (2)	120	340 (8)	170	500 (14)	680	940 (20)	980	1230 (26)	480
815 (3)	125	180 (9)	220	535 (15)	740	1020 (21)	920	1350 (27)	360
740 (4)	125	90 (10)	340	575 (16)	825	1115 (22)	860	1290 (28)	250
655 (5)	130	250 (11)	485	640 (17)	900	1260 (23)	845	1150 (29)	210
570 (6)	140	355 (12)	575	725 (18)	980	1200 (24)	680	1080 (30)	150

Nº de pontos: 30 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 773,34$

$Y_C = 490,91$

Distância média de arraste: 336,80 m.

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-360.

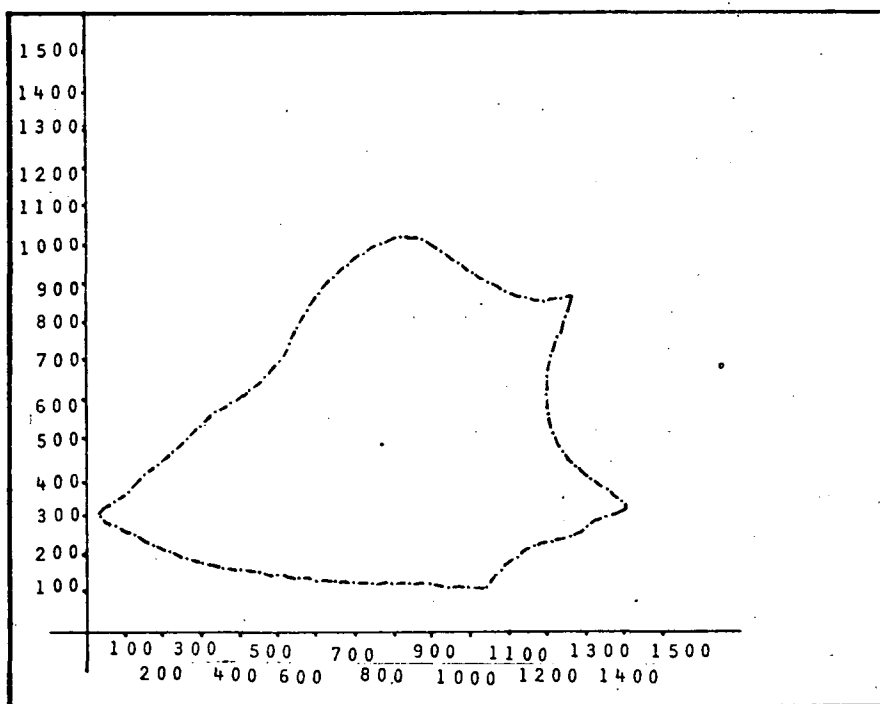


Figura 4 - COMPARTIMENTO L-360 DA REGIÃO "LA GERMANIA"

Tabela 4 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-360 SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
1040	(1) 105	350	(15) 160	300	(29) 530	820	(43) 1015	1200	(57) 605
1000	(2) 105	300	(16) 170	340	(30) 560	880	(44) 1010	1205	(58) 540
945	(3) 120	260	(17) 195	380	(31) 580	920	(45) 980	1220	(59) 505
900	(4) 120	220	(18) 205	430	(32) 620	960	(46) 940	1240	(60) 460
850	(5) 120	180	(19) 220	460	(33) 660	1000	(47) 920	1280	(61) 420
800	(6) 120	130	(20) 250	505	(34) 695	1050	(48) 900	1320	(62) 390
745	(7) 120	80	(21) 275	540	(35) 740	1100	(49) 880	1360	(63) 360
700	(8) 125	40	(22) 300	560	(36) 780	1140	(50) 860	1400	(64) 330
650	(9) 130	75	(23) 355	580	(37) 820	1200	(51) 850	1360	(65) 295
600	(10) 135	115	(24) 365	605	(38) 870	1260	(52) 860	1310	(66) 260
550	(11) 140	150	(25) 400	640	(39) 910	1250	(53) 800	1260	(67) 240
500	(12) 140	190	(26) 420	685	(40) 940	1230	(54) 760	1210	(68) 225
450	(13) 150	225	(27) 460	725	(41) 960	1210	(55) 710	1170	(69) 220
410	(14) 160	270	(28) 500	765	(42) 1000	1200	(56) 660	1120	(70) 190
								1090	(71) 150

Nº de pontos: 71 (pares ordenados)

Perímetro: 3.675,00 m.

Área: 716.887,50 m<sup>2</sup>.Coordenadas cartesianas do centroide: X<sub>c</sub> = 773,34Y<sub>c</sub> = 490,91

Distância média de arraste: 336,23 m.

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-360.

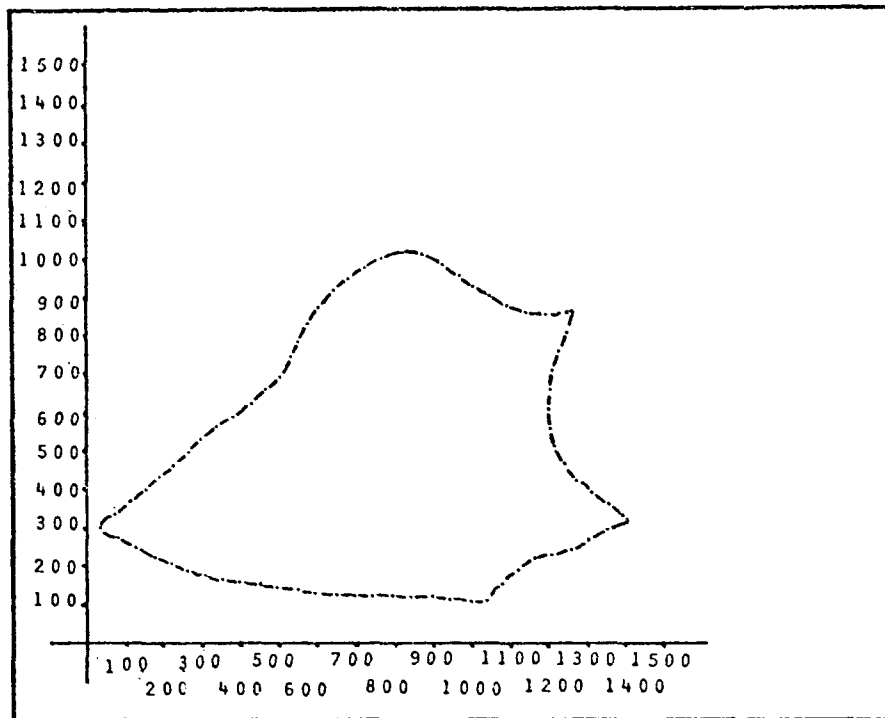


Figura 5 - COMPARTIMENTO L-360 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 5 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-360 SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
1040	(1) 105	350	(15) 160	300	(29) 530	820	(43) 1015	1200	(57) 605
1000	(2) 105	300	(16) 170	340	(30) 560	880	(44) 1010	1205	(58) 540
945	(3) 120	260	(17) 195	380	(31) 580	920	(45) 980	1220	(59) 505
900	(4) 120	220	(18) 205	430	(32) 620	960	(46) 940	1240	(60) 460
850	(5) 120	180	(19) 220	460	(33) 660	1000	(47) 920	1280	(61) 420
800	(6) 120	130	(20) 250	505	(34) 695	1050	(48) 900	1320	(62) 390
745	(7) 120	80	(21) 275	540	(35) 740	1100	(49) 880	1360	(63) 360
700	(8) 125	40	(22) 300	560	(36) 780	1140	(50) 860	1400	(64) 330
650	(9) 130	75	(23) 355	580	(37) 820	1200	(51) 850	1360	(65) 295
600	(10) 135	115	(24) 365	605	(38) 870	1260	(52) 860	1310	(66) 260
550	(11) 140	150	(25) 400	640	(39) 910	1250	(53) 800	1260	(67) 240
500	(12) 140	190	(26) 420	685	(40) 940	1230	(54) 760	1210	(68) 225
450	(13) 150	225	(27) 460	725	(41) 960	1210	(55) 710	1170	(69) 220
410	(14) 160	270	(28) 500	765	(42) 1000	1200	(56) 660	1120	(70) 190
								1090	(71) 150

Nº de pontos: 71 (pares ordenados)

Perímetro: 3.675,00 m.

Área: 716.887,50 m<sup>2</sup>.

Distância média de arraste: 941,24 m.

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS  
CARTESIANAS DO CENTROIDE NO COMPARTIMENTO L-314.

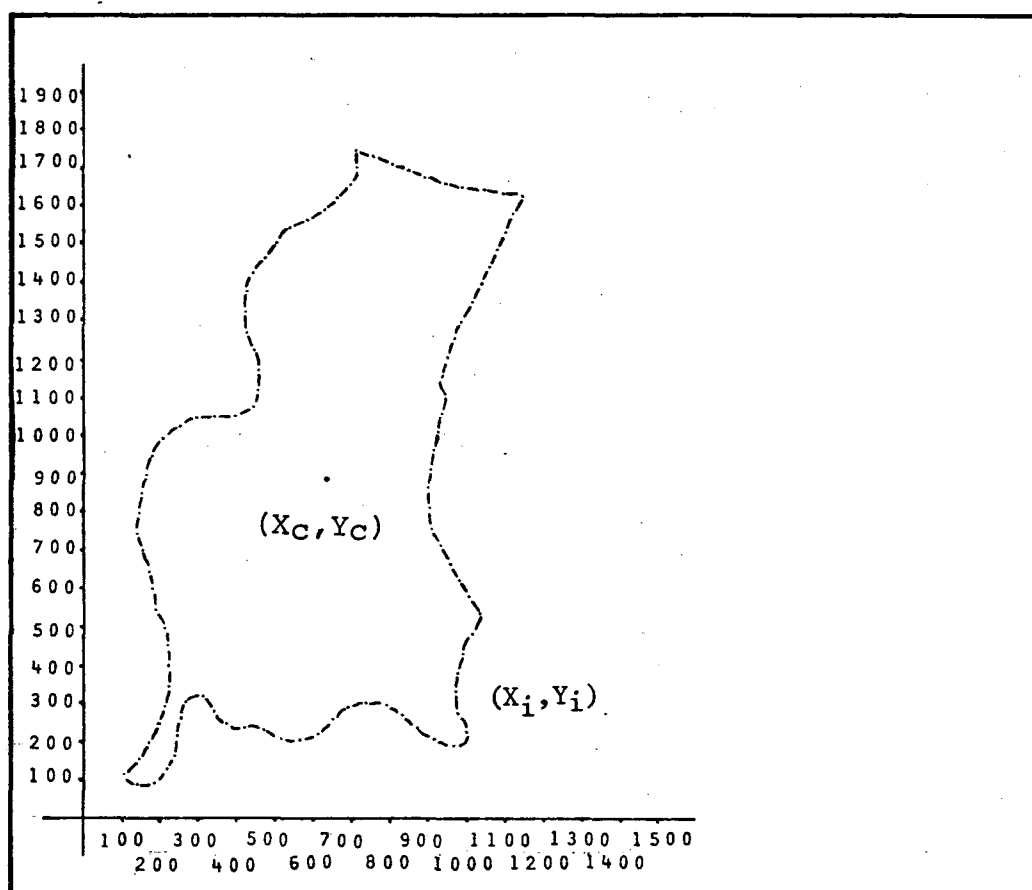


Figura 6 - COMPARTIMENTO L-314 DA REGIÃO "LA GERMANIA" EVIDENCIANDO O CENTROIDE.

Tabela 6 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-314.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$					
100	(1)	110	295	(21)	1050	750	(41)	1720	930	(61)	1060	870	(81)	240
140	(2)	160	340	(22)	1050	800	(42)	1710	920	(62)	1010	840	(82)	270
170	(3)	200	400	(23)	1050	840	(43)	1695	910	(63)	960	790	(83)	295
200	(4)	245	440	(24)	1075	890	(44)	1680	900	(64)	910	740	(84)	300
220	(5)	300	460	(25)	1120	940	(45)	1660	900	(65)	860	695	(85)	295
230	(6)	350	450	(26)	1180	985	(46)	1650	900	(66)	810	650	(86)	260
220	(7)	400	450	(27)	1230	1090	(47)	1690	905	(67)	760	615	(87)	220
225	(8)	450	430	(28)	1280	1090	(48)	1630	930	(68)	710	560	(88)	200
220	(9)	500	420	(29)	1330	1140	(49)	1620	950	(69)	670	520	(89)	210
190	(10)	550	420	(30)	1380	1120	(50)	1580	980	(70)	620	470	(90)	230
180	(11)	605	440	(31)	1430	1100	(51)	1535	1000	(71)	580	420	(91)	240
170	(12)	650	470	(32)	1460	1085	(52)	1490	1030	(72)	540	375	(92)	240
160	(13)	700	500	(33)	1500	1060	(53)	1440	1020	(73)	490	340	(93)	280
140	(14)	745	535	(34)	1540	1040	(54)	1400	990	(74)	440	320	(94)	320
150	(15)	800	580	(35)	1560	1010	(55)	1350	980	(75)	380	270	(95)	310
150	(16)	850	620	(36)	1580	990	(56)	1305	965	(76)	340	250	(96)	260
160	(17)	900	660	(37)	1620	970	(57)	1260	980	(77)	280	245	(97)	220
180	(18)	950	700	(38)	1670	950	(58)	1205	1000	(78)	230	240	(98)	160
205	(19)	1000	705	(39)	1700	935	(59)	1140	970	(79)	190	215	(99)	130
260	(20)	1030	700	(40)	1750	940	(60)	1110	915	(80)	200	190	(100)	90
												140	(101)	95

Nº de dados: 101 (pares ordenados)  
Coordenadas do centroide:  $X_c = 631,20$   
 $Y = 889,03$

Perímetro: 5.176,08 m

Área: 956.550,00 m<sup>2</sup>

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I NO COMPARTIMENTO L-314

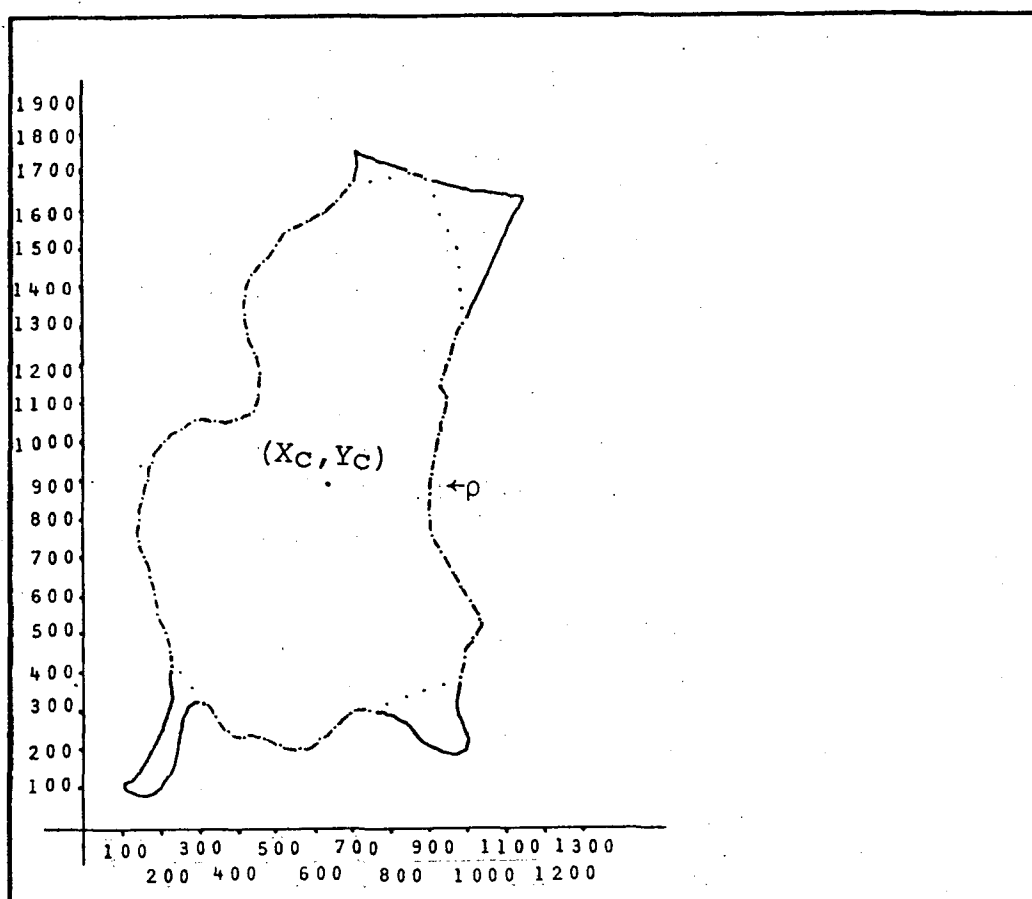


Figura 7 - COMPARTIMENTO L-314 DA REGIÃO "LA GERMANIA"

Tabela 7 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-314 SEGUNDO O MODELO CARNIERI I

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
225 (1)	450	440 (17)	1075	800 (33)	1680	920 (49)	1010	840 (65)	340
220 (2)	500	460 (18)	1120	840 (34)	1695	910 (50)	960	790 (66)	320
190 (3)	550	450 (19)	1180	890 (35)	1680	900 (51)	910	740 (67)	300
180 (4)	605	450 (20)	1230	910 (36)	1630	900 (52)	860	695 (68)	295
170 (5)	650	430 (21)	1280	925 (37)	1580	900 (53)	810	650 (69)	260
160 (6)	700	420 (22)	1330	950 (38)	1540	905 (54)	760	615 (70)	220
140 (7)	745	420 (23)	1380	970 (39)	1500	930 (55)	710	560 (71)	200
150 (8)	800	440 (24)	1430	980 (40)	1440	950 (56)	670	520 (72)	210
150 (9)	850	470 (25)	1460	980 (41)	1390	980 (57)	620	470 (73)	230
160 (10)	900	500 (26)	1500	990 (42)	1340	1000 (58)	580	420 (74)	240
180 (11)	950	535 (27)	1540	990 (43)	1305	1030 (59)	540	375 (75)	240
205 (12)	1000	580 (28)	1560	970 (44)	1260	1020 (60)	490	340 (76)	280
260 (13)	1030	620 (29)	1580	590 (45)	1205	990 (61)	440	320 (77)	320
295 (14)	1050	660 (30)	1620	935 (46)	1140	980 (62)	380	280 (78)	360
340 (15)	1050	700 (31)	1670	940 (47)	1110	935 (63)	375	250 (79)	400
400 (16)	1050	740 (32)	1675	930 (48)	1060	880 (64)	360		

Nº de pontos: 79 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 631,20$   
 $Y_C = 889,03$ 

Distância média de arraste: 435,99 m

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II NO COMPARTIMENTO L-314

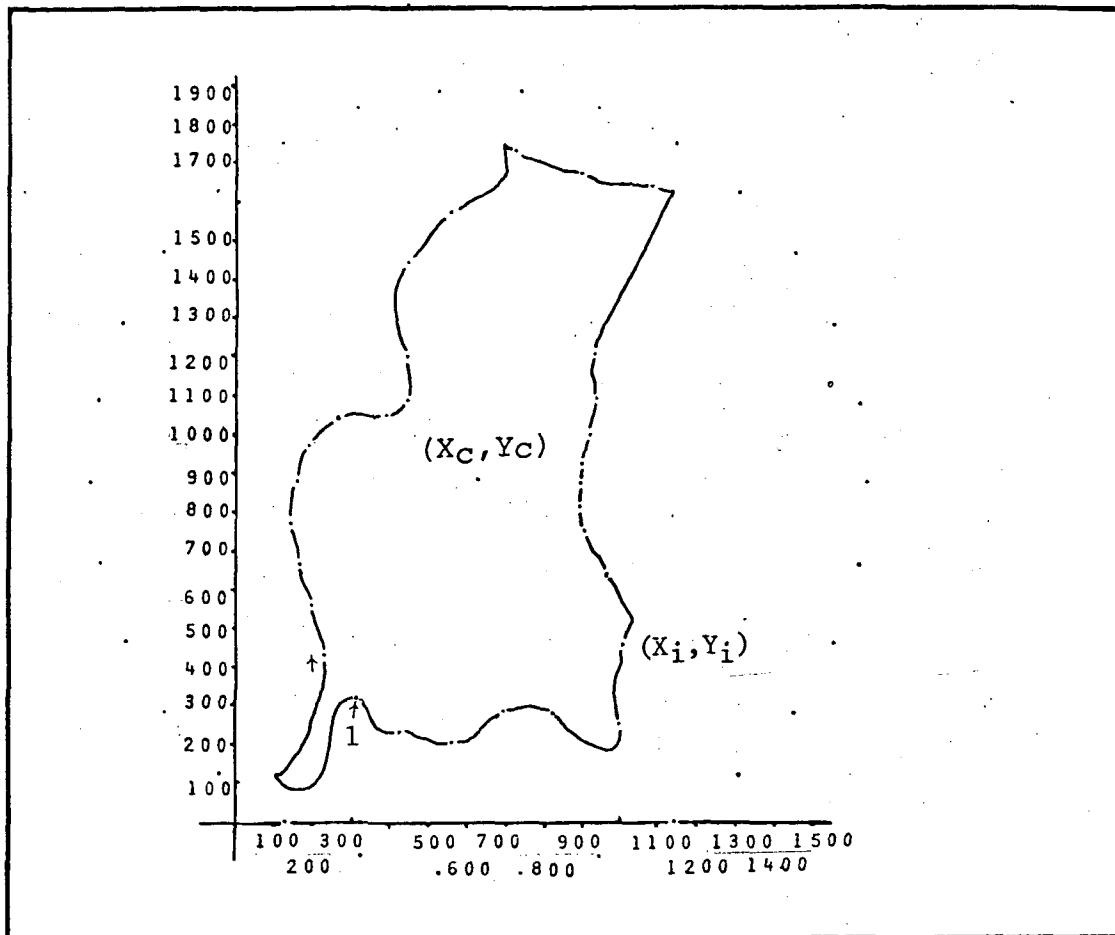


Figura 8 - COMPARTIMENTO L-314 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 8 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-314 SEGUNDO O MODELO CARNIERI II.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
320	(1) 320	195	(7) 970	560	(13) 1570	920	(19) 1000	1010	(25) 460
230	(2) 430	265	(8) 1040	725	(14) 1730	900	(20) 930	1000	(26) 250
200	(3) 560	395	(9) 1050	890	(15) 1670	900	(21) 880	830	(27) 280
170	(4) 660	445	(10) 1090	1080	(16) 1640	900	(22) 820	700	(28) 280
150	(5) 770	450	(11) 1200	940	(17) 1210	910	(23) 750	560	(29) 200
160	(6) 880	450	(12) 1440	940	(18) 1095	970	(24) 640	430	(30) 240

Nº de pontos: 30 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centróide:  $X_c = 631,20$

$Y_c = 889,03$

Distância média de arraste: 422,53 m

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-314.

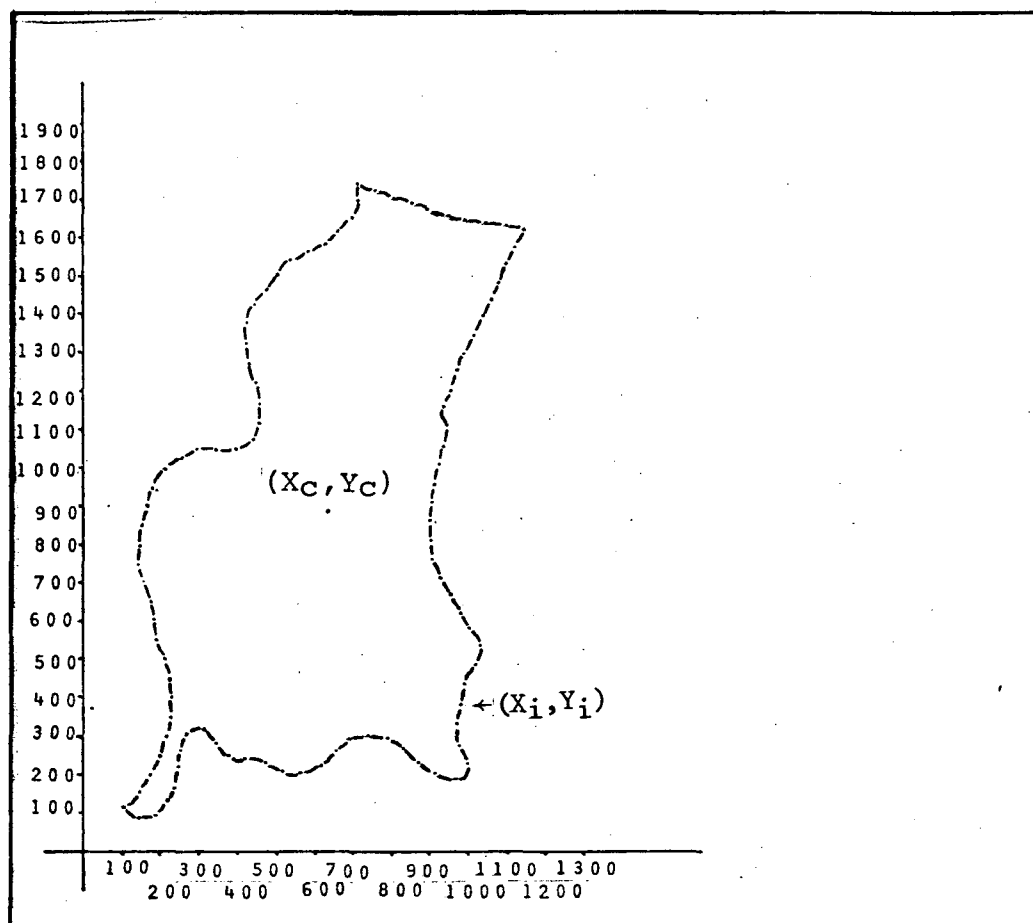


Figura 9 - COMPARTIMENTO L-314 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 9 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-314 SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	
100	(1)	110	295 (21)	1050	750 (41)	1720	930 (61)	1060	870 (81)	240
140	(2)	160	340 (22)	1050	800 (42)	1710	920 (62)	1010	840 (82)	270
170	(3)	200	400 (23)	1050	840 (43)	1695	910 (63)	960	790 (83)	295
200	(4)	245	440 (24)	1075	890 (44)	1680	900 (64)	910	740 (84)	300
220	(5)	300	460 (25)	1120	940 (45)	1660	900 (65)	860	695 (85)	295
230	(6)	350	450 (26)	1180	985 (46)	1650	900 (66)	810	650 (86)	260
220	(7)	400	450 (27)	1230	1040 (47)	1640	905 (67)	760	615 (87)	220
225	(8)	450	430 (28)	1280	1090 (48)	1630	930 (68)	710	560 (88)	200
220	(9)	500	420 (29)	1330	1140 (49)	1620	950 (69)	670	520 (89)	210
190	(10)	550	420 (30)	1380	1120 (50)	1580	980 (70)	620	470 (90)	230
180	(11)	605	440 (31)	1430	1100 (51)	1535	1000 (71)	580	420 (91)	240
170	(12)	650	470 (32)	1460	1085 (52)	1490	1030 (72)	540	375 (92)	240
160	(13)	700	500 (33)	1500	1060 (53)	1440	1020 (73)	490	340 (93)	280
140	(14)	745	535 (34)	1540	1040 (54)	1400	990 (74)	440	320 (94)	320
150	(15)	800	580 (35)	1560	1010 (55)	1350	980 (75)	380	270 (95)	310
150	(16)	850	620 (36)	1580	990 (56)	1305	965 (76)	340	250 (96)	260
160	(17)	900	660 (37)	1620	970 (57)	1260	980 (77)	280	245 (97)	220
180	(18)	950	700 (38)	1670	950 (58)	1205	1000 (78)	230	240 (98)	160
205	(19)	1000	705 (39)	1700	935 (59)	1140	970 (79)	190	215 (99)	130
260	(20)	1030	700 (40)	1750	940 (60)	1110	915 (80)	200	190 (100)	90
									140 (101)	95

Nº de pontos: 101 (pares ordenados); Perímetro: 5.176,08 m; Área: 956.550 m<sup>2</sup>Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 631,20$  $Y_c = 889,03$ 

Distância média de arraste: 427.41 m

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-314.

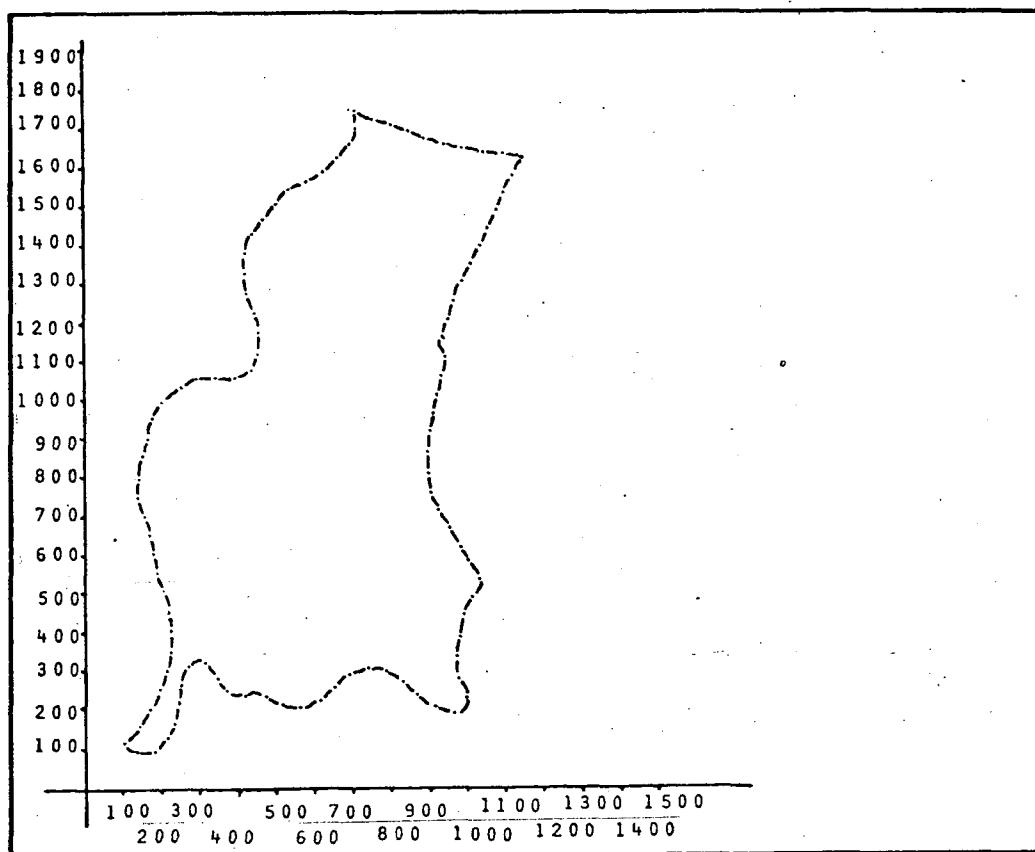


Figura 10 - COMPARTIMENTO L-314 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 10 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-314 SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi					
100	(1)	110	295	(21)	1050	750	(41)	1720	930	(61)	1060	870	(81)	240
140	(2)	160	340	(22)	1050	800	(42)	1710	920	(62)	1010	840	(82)	270
170	(3)	200	400	(23)	1050	840	(43)	1695	910	(63)	960	790	(83)	295
200	(4)	245	440	(24)	1075	890	(44)	1680	900	(64)	910	740	(84)	300
220	(5)	300	460	(25)	1120	940	(45)	1660	900	(65)	860	695	(85)	295
230	(6)	350	450	(26)	1180	985	(46)	1650	900	(66)	810	650	(86)	260
220	(7)	400	450	(27)	1230	1040	(47)	1640	905	(67)	760	615	(87)	220
225	(8)	450	430	(28)	1280	1090	(48)	1630	930	(68)	710	560	(88)	200
220	(9)	500	420	(29)	1330	1140	(49)	1620	950	(69)	670	520	(89)	210
190	(10)	550	420	(30)	1380	1120	(50)	1580	980	(70)	620	470	(90)	230
180	(11)	605	440	(31)	1430	1100	(51)	1535	1000	(71)	580	420	(91)	240
170	(12)	650	470	(32)	1460	1085	(52)	1490	1030	(72)	540	375	(92)	240
160	(13)	700	500	(33)	1500	1060	(53)	1440	1020	(73)	490	340	(93)	280
140	(14)	745	535	(34)	1540	1040	(54)	1400	990	(74)	440	320	(94)	320
150	(15)	800	580	(35)	1560	1010	(55)	1350	980	(75)	380	270	(95)	310
150	(16)	850	620	(36)	1580	990	(56)	1305	965	(76)	340	250	(96)	260
160	(17)	900	660	(37)	1620	970	(57)	1260	980	(77)	280	245	(97)	220
180	(18)	950	700	(38)	1670	950	(58)	1205	1000	(78)	230	240	(98)	160
205	(19)	1000	705	(39)	1700	935	(59)	1140	970	(79)	190	215	(99)	130
260	(20)	1030	700	(40)	1750	940	(60)	1110	915	(80)	200	190	(101)	90
												140	(101)	95

Nº de pontos: 101 (pares ordenados)  
 Área: 956.550,00 m<sup>2</sup>

Perímetro: 5.176,00 m  
 Distância média de arraste: 1.120,76 m



RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS  
DO CENTROIDE NO COMPARTIMENTO L-357

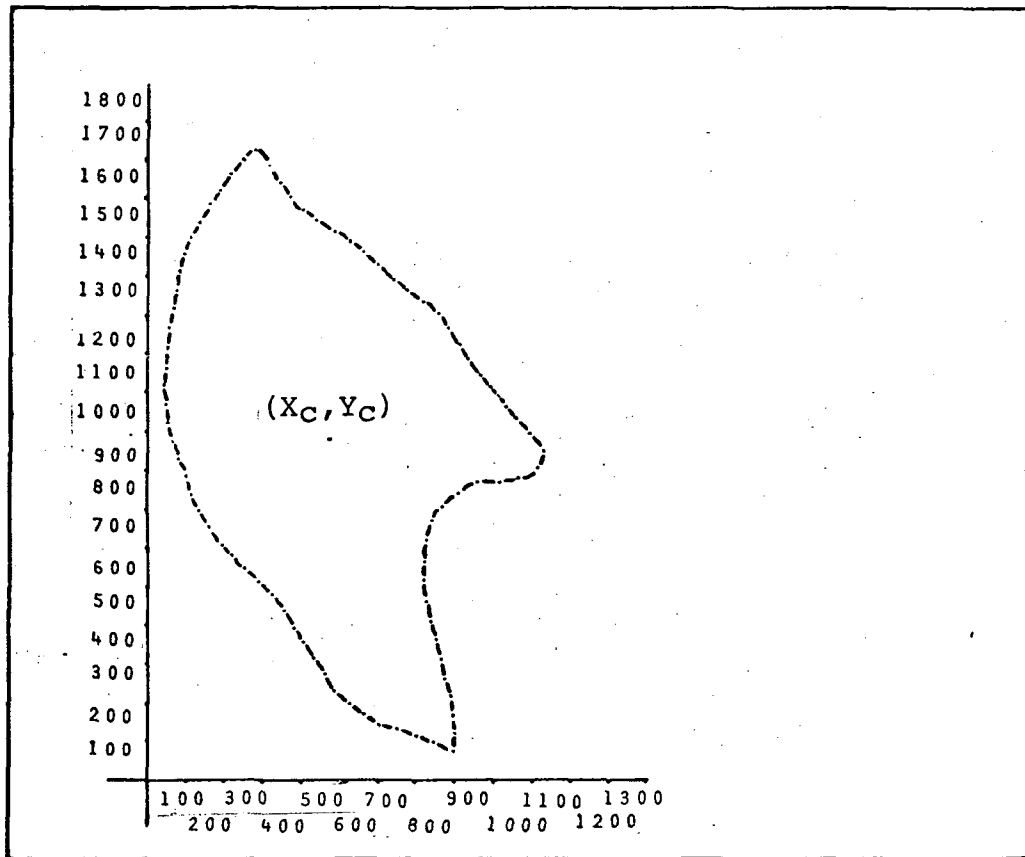


Figura 11 - COMPARTIMENTO L-357 DA REGIÃO "LA GERMANIA" EVIDENCIANDO O CENTROIDE.

Tabela 11 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES  
AO COMPARTIMENTO L-357.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
800	(1) 70	185	(18) 615	120	(35) 1405	675	(52) 1280	765	(69) 720
750	(2) 100	160	(19) 660	140	(36) 1440	720	(53) 1240	740	(70) 670
700	(3) 115	140	(20) 700	160	(37) 1495	760	(54) 1220	720	(71) 620
650	(4) 135	115	(21) 740	185	(38) 1530	780	(55) 1170	720	(72) 570
605	(5) 145	100	(22) 790	220	(39) 1565	805	(56) 1140	720	(73) 520
560	(6) 180	80	(23) 830	250	(40) 1600	835	(57) 1095	730	(74) 460
525	(7) 200	60	(24) 880	280	(41) 1640	870	(58) 1050	740	(75) 415
485	(8) 240	60	(25) 925	318	(42) 1600	895	(59) 1010	750	(76) 365
460	(9) 275	50	(26) 975	340	(43) 1550	920	(60) 980	760	(77) 380
435	(10) 320	40	(27) 1020	360	(44) 1510	960	(61) 940	780	(78) 265
410	(11) 360	50	(28) 1065	400	(45) 1480	990	(62) 900	790	(79) 220
380	(12) 400	60	(29) 1120	440	(46) 1450	1020	(63) 860	800	(80) 175
360	(13) 440	50	(30) 1170	480	(47) 1420	1020	(64) 810	800	(81) 120
320	(14) 480	60	(31) 1220	520	(48) 1400	960	(65) 790		
290	(15) 510	75	(32) 1270	560	(49) 1370	920	(66) 780		
255	(16) 550	80	(33) 1320	600	(50) 1340	860	(67) 775		
220	(17) 580	95	(34) 1360	635	(51) 1300	810	(68) 740		

Nº de dados: 81 (pares ordenados)

Perímetro: 4.066,05 m

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 472,13$

$Y_c = 887,71$

Área: 795.097,50 m<sup>2</sup>

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I NO COMPARTIMENTO L-357

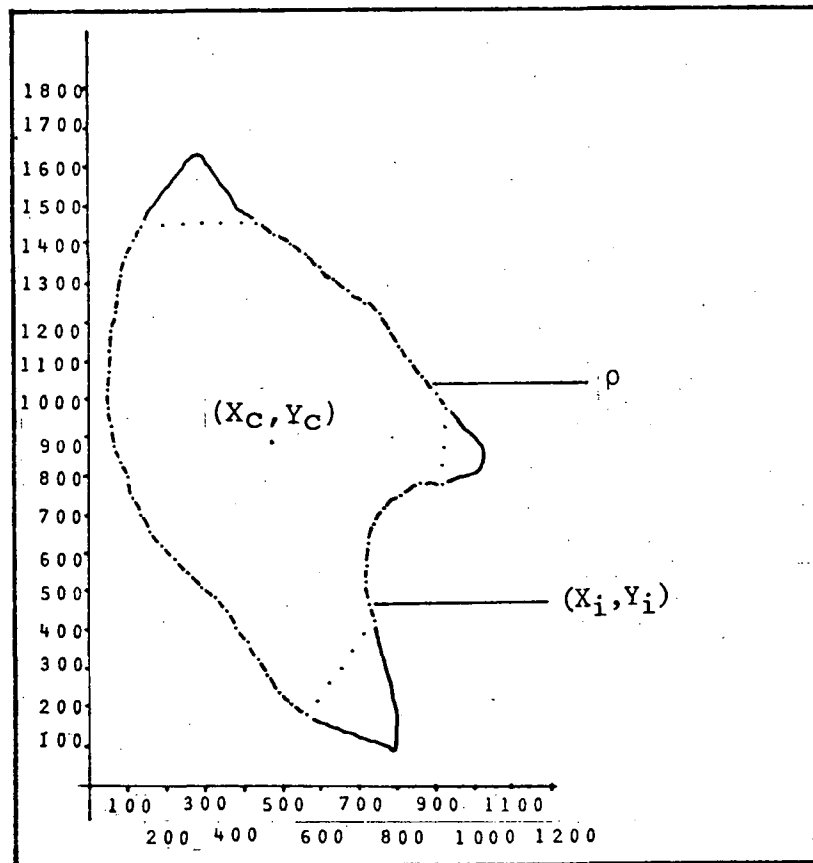


Figura 12 - COMPARTIMENTO L-357 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 12 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-357 SEGUNDO O MODELO CARNIERI I.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
380 (1)	400	50 (15)	975	342 (29)	1445	870 (43)	1050	730 (57)	460
360 (2)	440	40 (16)	1020	395 (30)	1445	895 (44)	1010	740 (58)	415
320 (3)	480	50 (17)	1065	440 (31)	1450	920 (45)	980	720 (59)	390
290 (4)	510	60 (18)	1120	480 (32)	1420	925 (46)	920	690 (60)	340
255 (5)	550	50 (19)	1170	520 (33)	1400	930 (47)	875	660 (61)	295
220 (6)	580	60 (20)	1220	560 (34)	1370	915 (48)	825	630 (62)	260
185 (7)	615	75 (21)	1270	600 (35)	1340	920 (49)	780	595 (63)	215
160 (8)	660	80 (22)	1320	635 (36)	1300	860 (50)	775	560 (64)	180
140 (9)	700	95 (23)	1360	675 (37)	1280	810 (51)	740	525 (65)	200
115 (10)	740	120 (24)	1405	720 (38)	1240	765 (52)	720	485 (66)	240
100 (11)	790	140 (25)	1440	760 (39)	1220	740 (53)	670	460 (67)	275
80 (12)	830	195 (26)	1445	780 (40)	1170	720 (54)	620	435 (68)	320
60 (13)	880	245 (27)	1445	805 (41)	1140	720 (55)	570	410 (69)	360
60 (14)	925	295 (28)	1450	835 (42)	1095	720 (56)	520		

Nº de pontos: 69 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 472,13$   
 $Y_c = 887,71$ 

Distância média de arraste: 361,20 m

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II NO COMPARTIMENTO L-357.

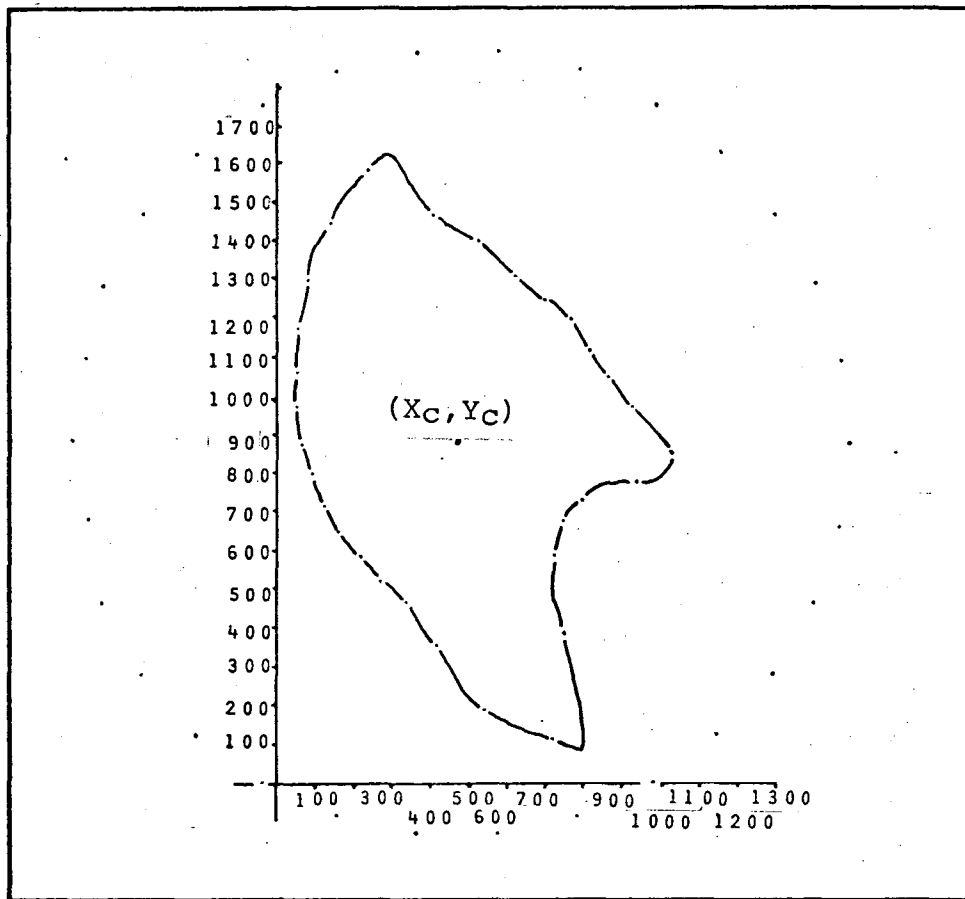


Figura 13 - COMPARTIMENTO L-357 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 13 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-357 SEGUNDO O MODELO CARNIERI II.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
720 (1)	110	160 (7)	645	60 (13)	1075	620 (19)	1310	1015 (25)	880
540 (2)	190	120 (8)	720	80 (14)	1300	700 (20)	1245	935 (26)	780
420 (3)	350	95 (9)	800	140 (15)	1440	765 (21)	1200	795 (27)	730
340 (4)	460	60 (10)	870	250 (16)	1580	820 (22)	1120	740 (28)	680
270 (5)	520	50 (11)	975	505 (17)	1460	860 (23)	1045	720 (29)	590
215 (6)	580	50 (12)	1060	520 (18)	1400	930 (24)	970	475 (30)	390

Nº de pontos: 30 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 472,13$

$Y_C = 887,71$

Distância média de arraste: 361,66 m.

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-357

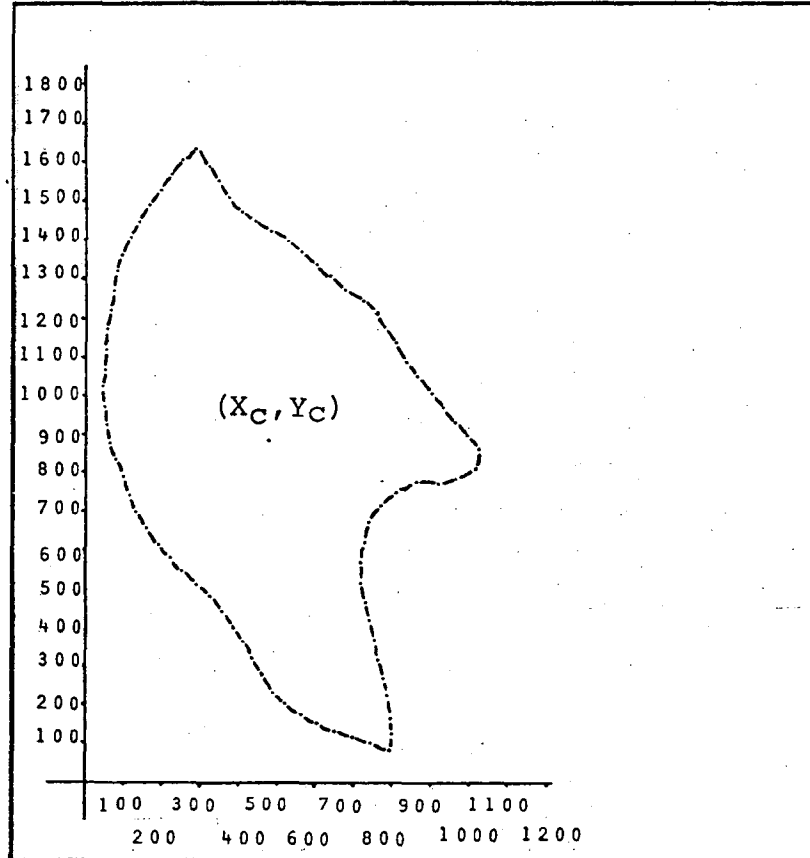


Figura 14 - COMPARTIMENTO L-357 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 14 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-357 SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
800	(1) 70	185	(18) 615	120	(35) 1405	675	(52) 1280	765	(69) 720
750	(2) 100	160	(19) 660	140	(36) 1440	720	(53) 1240	740	(70) 670
700	(3) 115	140	(20) 700	160	(37) 1495	760	(54) 1220	720	(71) 620
650	(4) 135	115	(21) 740	185	(38) 1530	780	(55) 1170	720	(72) 570
605	(5) 145	100	(22) 790	220	(39) 1565	805	(56) 1140	720	(73) 520
560	(6) 180	80	(23) 830	250	(40) 1600	835	(57) 1095	730	(74) 460
525	(7) 200	60	(24) 880	280	(41) 1640	870	(58) 1050	740	(75) 415
485	(8) 240	60	(25) 925	318	(42) 1600	895	(59) 1010	750	(76) 365
460	(9) 275	50	(26) 975	340	(43) 1550	920	(60) 980	760	(77) 320
435	(10) 320	40	(27) 1020	360	(44) 1510	960	(61) 940	780	(78) 265
410	(11) 360	50	(28) 1065	400	(45) 1480	990	(62) 900	790	(79) 220
380	(12) 400	60	(29) 1120	440	(46) 1450	1020	(63) 860	800	(80) 175
360	(13) 440	50	(30) 1170	480	(47) 1420	1020	(64) 810	800	(81) 120
320	(14) 480	60	(31) 1220	520	(48) 1400	960	(65) 790		
290	(15) 510	75	(32) 1270	560	(49) 1370	920	(66) 780		
255	(16) 550	80	(33) 1320	600	(50) 1340	860	(67) 775		
220	(17) 580	95	(34) 1360	635	(51) 1300	810	(68) 740		

Nº de pontos: 81 (pares ordenados)

Perímetro: 4.066,05 m

Área: 795.097,50 m<sup>2</sup>Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 472,13$  $Y_c = 887,71$ 

Distância média de arraste: 367,87 m

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-357.

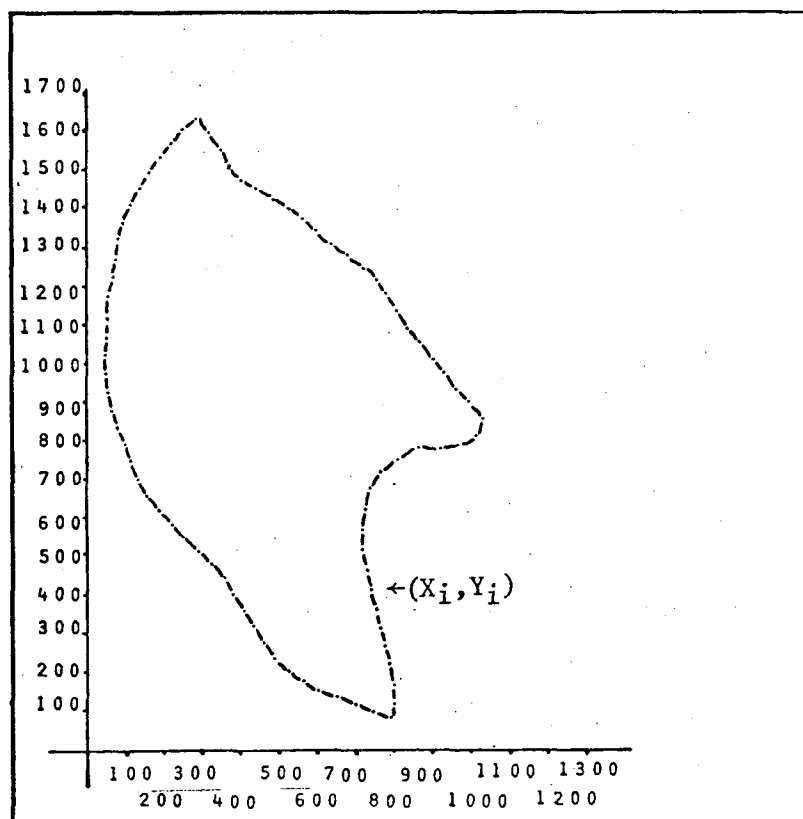


Figura 15 - COMPARTIMENTO L-357 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 15 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-357 SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
800	(1) 70	185	(18) 615	120	(35) 1405	675	(52) 1280	765	(69) 720
750	(2) 100	160	(19) 660	140	(36) 1440	720	(53) 1240	740	(70) 670
700	(3) 115	140	(20) 700	160	(37) 1495	760	(54) 1220	720	(71) 620
650	(4) 135	115	(21) 740	185	(38) 1530	780	(55) 1170	720	(72) 570
605	(5) 145	100	(22) 790	220	(39) 1565	805	(56) 1140	720	(73) 520
560	(6) 180	80	(23) 830	250	(40) 1600	835	(57) 1095	730	(74) 460
525	(7) 200	60	(24) 880	280	(41) 1640	870	(58) 1050	740	(75) 415
485	(8) 240	60	(25) 925	318	(42) 1600	895	(59) 1010	750	(76) 365
460	(9) 275	50	(26) 975	340	(43) 1550	920	(60) 980	760	(77) 320
435	(10) 320	40	(27) 1020	360	(44) 1510	960	(61) 940	780	(78) 265
410	(11) 360	50	(28) 1065	400	(45) 1480	990	(62) 900	790	(79) 220
380	(12) 400	60	(29) 1120	440	(46) 1450	1020	(63) 860	800	(80) 175
360	(13) 440	50	(30) 1170	480	(47) 1420	1020	(64) 810	800	(81) 120
320	(14) 480	60	(31) 1220	520	(48) 1400	960	(65) 790		
290	(15) 510	75	(32) 1270	560	(49) 1370	920	(66) 780		
255	(16) 550	80	(33) 1320	600	(50) 1340	860	(67) 775		
220	(17) 580	95	(34) 1360	635	(51) 1300	810	(68) 740		

Nº de pontos: 81 (pares ordenados)

Perímetro: 4.066,05 m

Área: 795.097,50 m<sup>2</sup>

Distância média de arraste: 1.050,14 m.

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS  
CARTESIANAS DO CENTROIDE NO COMPARTIMENTO L-358.

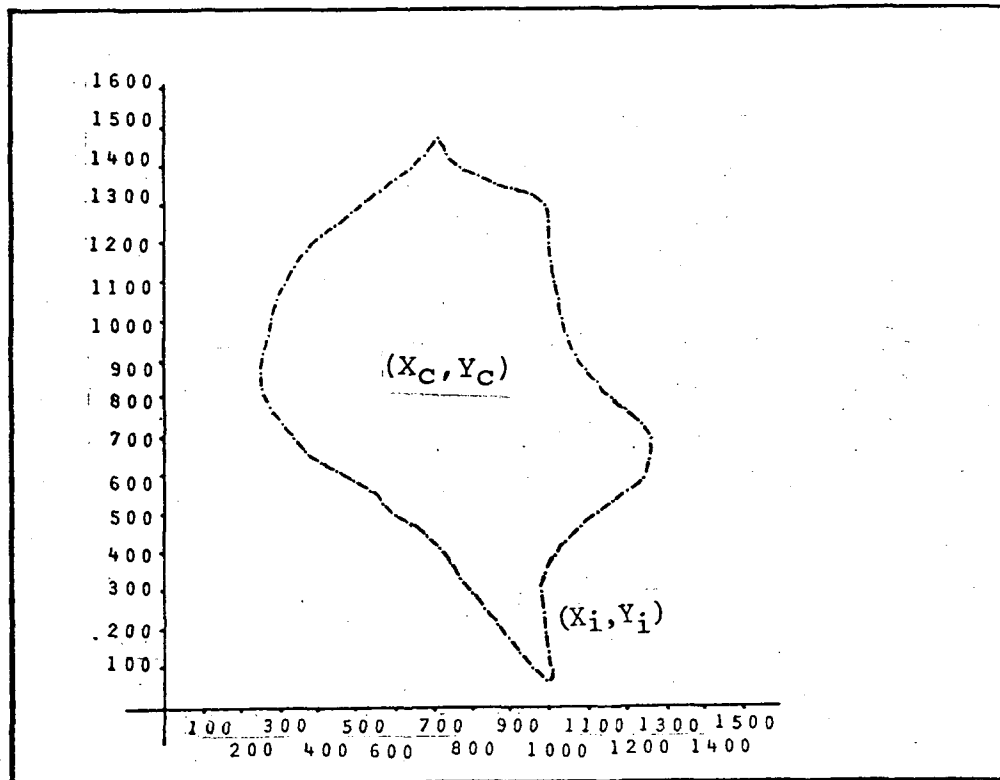


Figura 16 - COMPARTIMENTO L-358, DA REGIÃO "LA GERMANIA" EVIDENCIANDO O CENTROIDE.

Tabela 16 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO  
CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-358

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
990	(1) 80	490	(16) 580	370	(31) 1180	960	(46) 1320	1270	(61) 690
960	(2) 100	460	(17) 600	405	(32) 1220	990	(47) 1300	1260	(62) 630
920	(3) 140	400	(18) 630	440	(33) 1240	1000	(48) 1250	1250	(63) 580
895	(4) 170	360	(19) 660	480	(34) 1280	1000	(49) 1200	1210	(64) 550
865	(5) 205	330	(20) 690	520	(35) 1300	1005	(50) 1140	1160	(65) 520
835	(6) 245	310	(21) 730	560	(36) 1330	1020	(51) 1100	1130	(66) 495
800	(7) 280	280	(22) 780	600	(37) 1360	1030	(52) 1050	1090	(67) 460
770	(8) 320	260	(23) 820	640	(38) 1400	1040	(53) 1000	1050	(68) 420
745	(9) 365	250	(24) 860	670	(39) 1430	1050	(54) 950	1020	(69) 390
720	(10) 400	260	(25) 910	710	(40) 1470	1070	(55) 900	995	(70) 340
680	(11) 430	260	(26) 960	740	(41) 1430	1100	(56) 860	990	(71) 300
640	(12) 460	280	(27) 1000	780	(42) 1400	1130	(57) 840	995	(72) 240
600	(13) 490	300	(28) 1050	820	(43) 1370	1170	(58) 800	998	(73) 190
560	(14) 520	305	(29) 1095	860	(44) 1350	1200	(59) 760	1000	(74) 140
540	(15) 560	340	(30) 1140	905	(45) 1340	1240	(60) 720	1005	(75) 90

Nº de dados: 75 (pares ordenados)

Perímetro: 3.680,95 m

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 751,87$

$Y_c = 834,49$

Área: 733.662,50 m<sup>2</sup>

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I NO COMPARTIMENTO L-358.

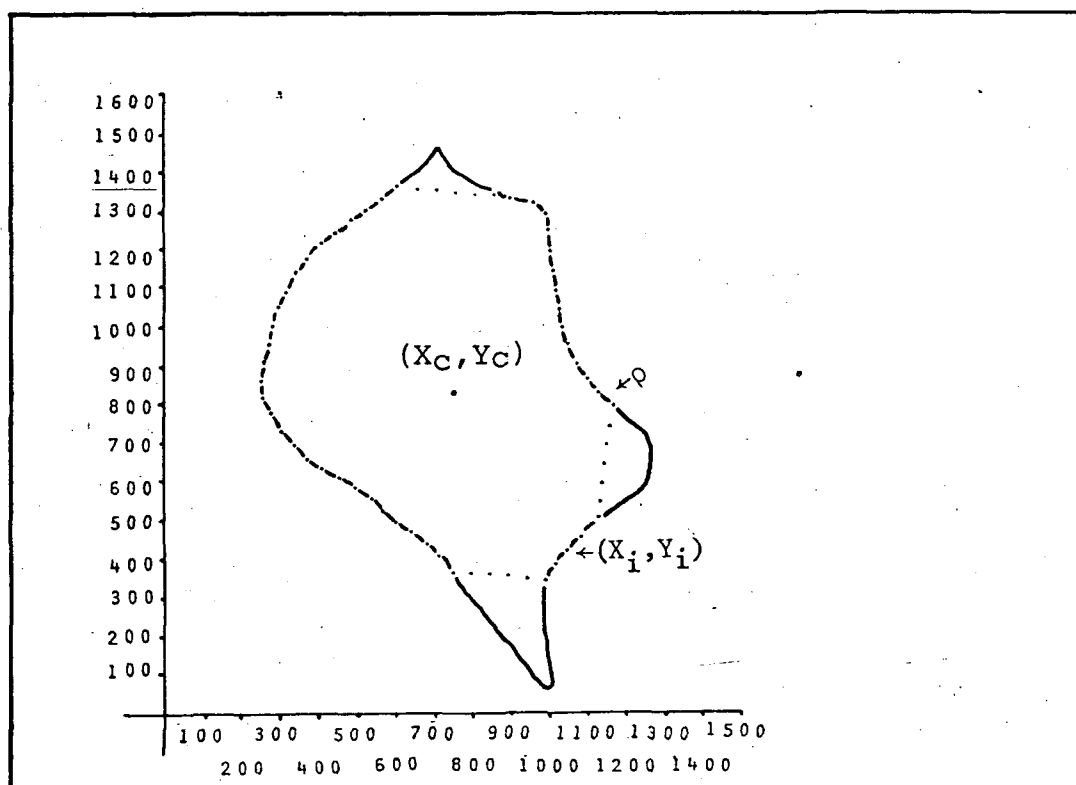


Figura 17 - COMPARTIMENTO L-358 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 17 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-358 SEGUNDO O MODELO CARNIERI I.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
745	(1) 365	280	(14) 780	520	(27) 1300	1005	(40) 1140	1250	(53) 580
720	(2) 400	260	(15) 820	560	(28) 1330	1020	(41) 1100	1210	(54) 550
680	(3) 430	250	(16) 860	600	(29) 1360	1030	(42) 1050	1160	(55) 520
640	(4) 460	260	(17) 910	660	(30) 1355	1040	(43) 1000	1130	(56) 495
600	(5) 490	260	(18) 960	705	(31) 1355	1050	(44) 950	1090	(57) 460
560	(6) 520	280	(19) 1000	750	(32) 1350	1070	(45) 900	1050	(58) 420
540	(7) 560	300	(20) 1050	805	(33) 1345	1100	(46) 860	1020	(59) 390
490	(8) 580	305	(21) 1095	850	(34) 1340	1130	(47) 840	995	(60) 340
460	(9) 600	340	(22) 1140	905	(35) 1340	1170	(48) 800	940	(61) 350
400	(10) 630	370	(23) 1180	960	(36) 1320	1200	(49) 760	890	(62) 365
360	(11) 660	405	(24) 1220	990	(37) 1300	1240	(50) 720	840	(63) 360
330	(12) 690	440	(25) 1240	1000	(38) 1250	1270	(51) 690	795	(64) 360
310	(13) 730	480	(26) 1280	1000	(39) 1200	1260	(52) 630		

Nº de pontos = 64 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 751,87$  $Y_C = 834,49$ 

Distância média de arraste = 326,38 m.

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II NO COMPARTIMENTO  
L-358.

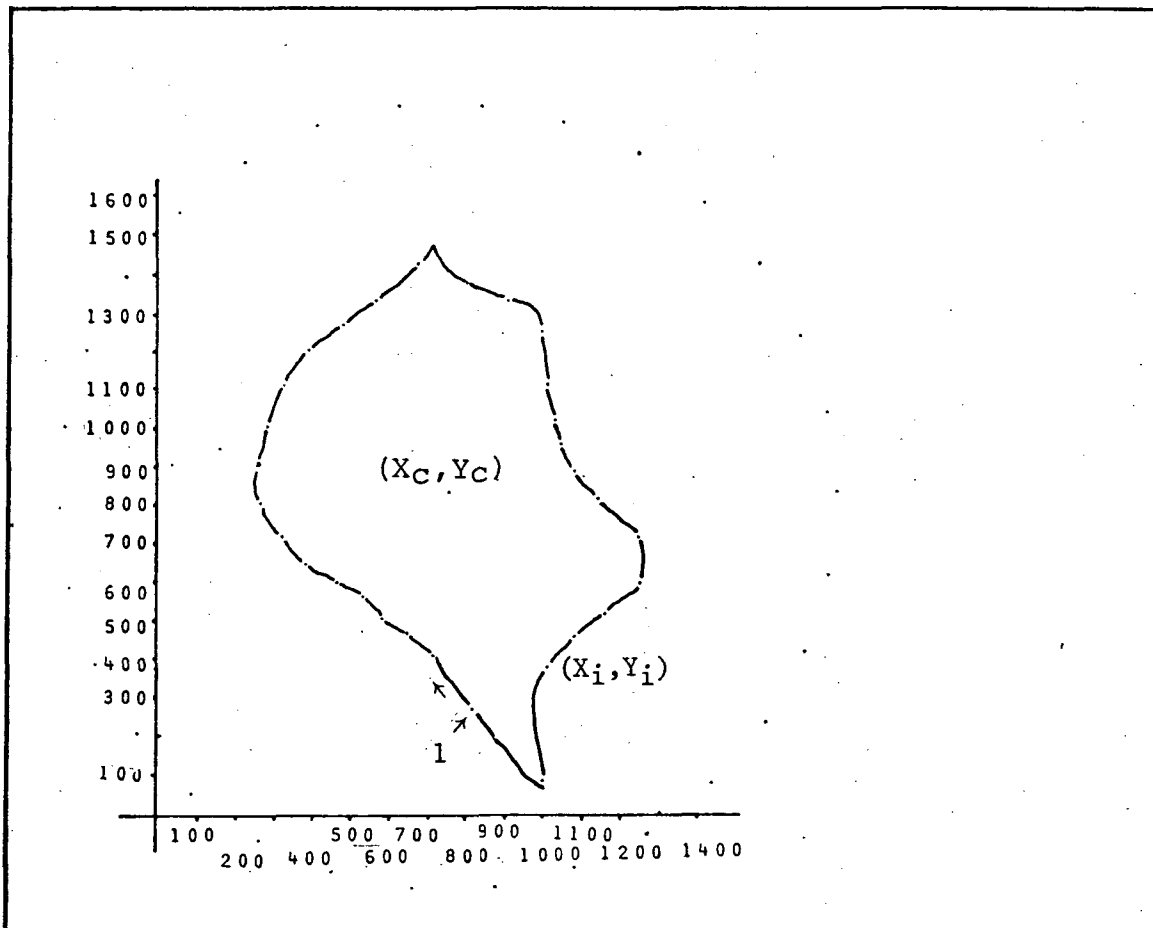


Figura 18 - COMPARTIMENTO L-358 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 18 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO  
CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-358 SEGUNDO O  
MODELO CARNIERI II.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
820 (1)	275	390 (7)	640	400 (13)	1200	1000 (19)	1250	1240 (25)	720
720 (2)	420	320 (8)	720	470 (14)	1260	1010 (20)	1110	1250 (26)	595
645 (3)	470	260 (9)	800	560 (15)	1330	1020 (21)	1020	1160 (27)	520
580 (4)	510	250 (10)	910	680 (16)	1420	1040 (22)	950	1080 (28)	460
530 (5)	560	280 (11)	1000	800 (17)	1370	1080 (23)	880	1010 (29)	370
470 (6)	600	340 (12)	1010	190 (18)	1330	1140 (24)	820	1000 (30)	80

Nº de pontos = 30 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 751,87$

$Y_C = 834,49$

Distância média de arraste: 341,13 m



## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-358.

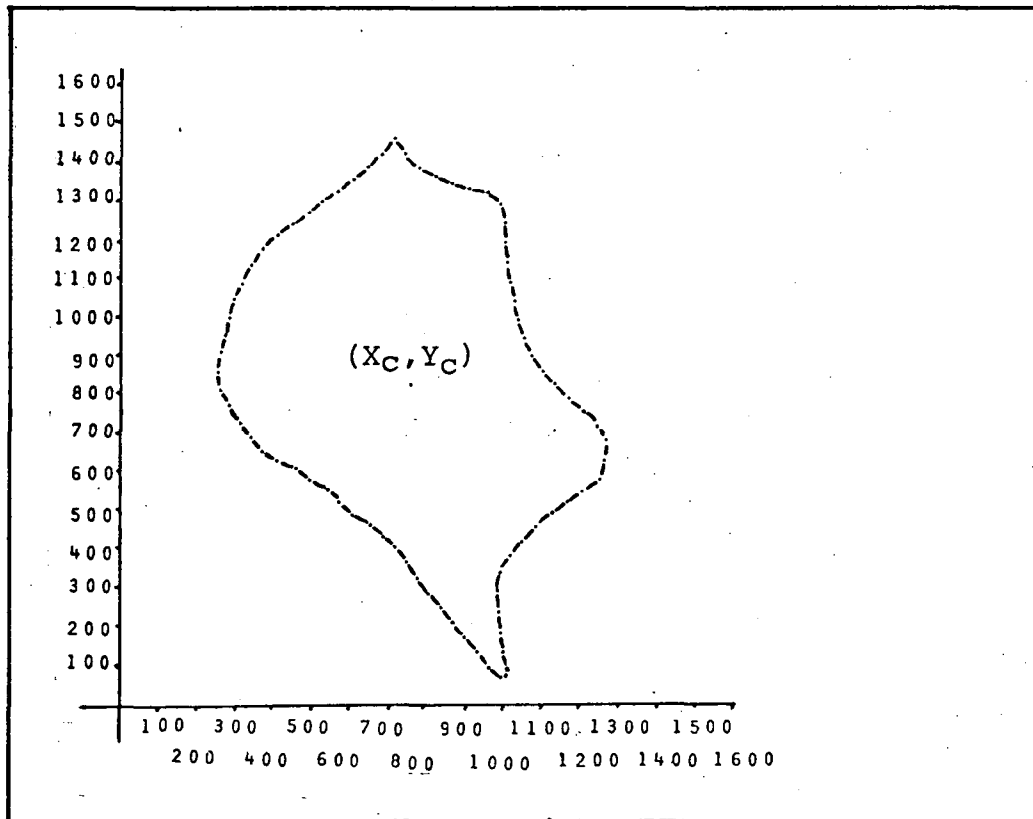


Figura 19 - COMPARTIMENTO L-358 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 19 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-358 SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
990	(1) 80	490	(16) 580	370	(31) 1180	960	(46) 1320	1270	(61) 690
960	(2) 100	460	(17) 600	405	(32) 1220	990	(47) 1300	1260	(62) 630
920	(3) 140	400	(18) 630	440	(33) 1240	1000	(48) 1250	1250	(63) 580
895	(4) 170	360	(19) 660	480	(34) 1280	1000	(49) 1200	1210	(64) 550
865	(5) 205	330	(20) 690	520	(35) 1300	1005	(50) 1140	1160	(65) 520
835	(6) 245	310	(21) 730	560	(36) 1330	1020	(51) 1100	1130	(66) 495
800	(7) 280	280	(22) 780	600	(37) 1360	1030	(52) 1050	1090	(67) 460
770	(8) 320	260	(23) 820	640	(38) 1400	1040	(53) 1000	1050	(68) 480
745	(9) 365	250	(24) 860	670	(39) 1430	1050	(54) 950	1020	(69) 390
720	(10) 400	260	(25) 910	710	(40) 1470	1070	(55) 900	995	(70) 340
680	(11) 430	260	(26) 960	740	(41) 1430	1100	(56) 860	990	(71) 300
640	(12) 460	280	(27) 1000	780	(42) 1400	1130	(57) 840	995	(72) 240
600	(13) 490	300	(28) 1050	820	(43) 1370	1170	(58) 800	998	(73) 190
560	(14) 520	305	(29) 1095	860	(44) 1350	1200	(59) 760	1000	(74) 140
540	(15) 560	340	(30) 1140	905	(45) 1340	1240	(60) 720	1005	(75) 90

Nº de pontos = 75 (pares ordenados)

Perímetro = 3.680,95 m.

Área: 733.662,50 m<sup>2</sup>Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 751,87$  $Y_C = 834,49$ 

Distância média de arraste = 339,66 m

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-358.

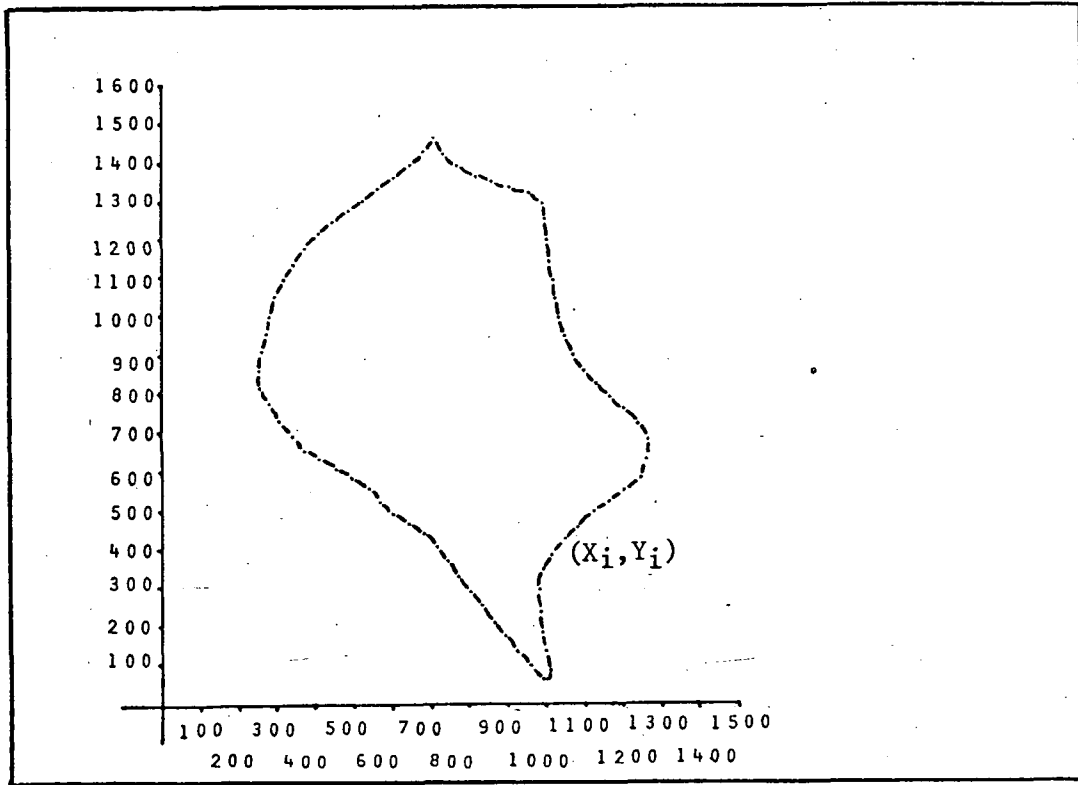


Figura 20 - COMPARTIMENTO L-358 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 20 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-358 SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
990	(1) 80	450	(16) 580	370	(31) 1180	960	(46) 1320	1270	(61) 690
960	(2) 100	460	(17) 600	405	(32) 1220	990	(47) 1300	1260	(62) 630
920	(3) 140	400	(18) 630	440	(33) 1240	1000	(48) 1250	1250	(63) 580
895	(4) 170	360	(19) 660	480	(34) 1280	1000	(49) 1200	1210	(64) 550
865	(5) 205	330	(20) 690	520	(35) 1300	1005	(50) 1140	1160	(65) 520
835	(6) 245	310	(21) 730	560	(36) 1330	1020	(51) 1100	1130	(66) 495
800	(7) 280	280	(22) 780	600	(37) 1360	1030	(52) 1050	1090	(67) 460
770	(8) 320	260	(23) 820	640	(38) 1400	1040	(53) 1000	1050	(68) 420
745	(9) 365	250	(24) 860	670	(39) 1430	1050	(54) 950	1020	(69) 390
720	(10) 400	260	(25) 910	710	(40) 1470	1070	(55) 900	995	(70) 340
680	(11) 430	260	(26) 960	740	(41) 1430	1100	(56) 860	990	(71) 300
640	(12) 460	280	(27) 1000	780	(42) 1400	1130	(57) 840	995	(72) 240
600	(13) 490	300	(28) 1050	820	(43) 1370	1170	(58) 800	998	(73) 190
560	(14) 520	305	(29) 1095	860	(44) 1350	1200	(59) 760	1000	(74) 140
540	(15) 560	340	(30) 1140	905	(45) 1340	1240	(60) 720	1005	(75) 90

Nº de pontos: 75 (pares ordenados)

Perímetro: 3.680,95 m

Área: 733.662,50m<sup>2</sup>

Distância média de arraste: 1.162,26 m

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO CÁLCULO DAS COORDENADAS  
CARTESIANAS DO CENTROIDE NO COMPARTIMENTO L-356.

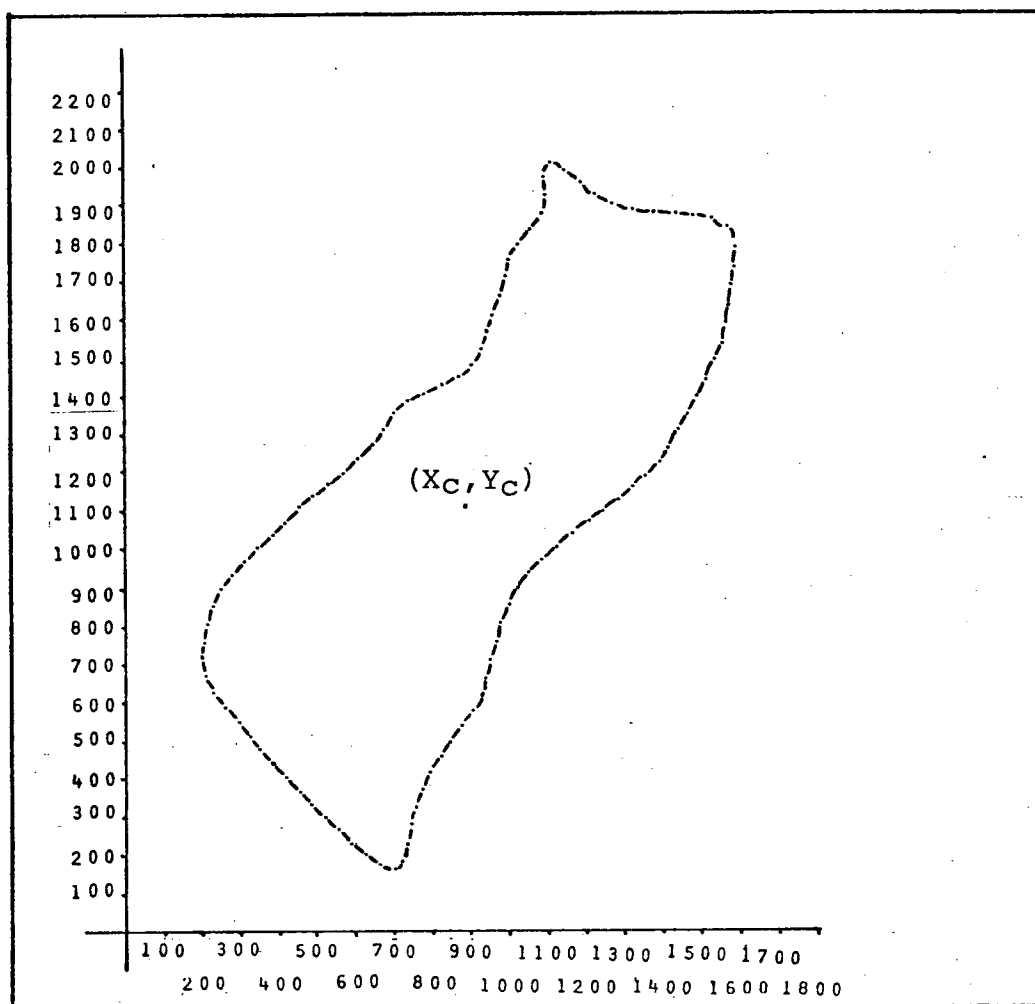


Figura 21 - COMPARTIMENTO L-356 DA REGIÃO "LA GERMANIA" EVIDENCIANDO O CENTRÓIDE.

Tabela 21 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO  
CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
700	(1) 160	250	(21) 890	940	(41) 1570	1570	(61) 1840	1130	(81) 1005
665	(2) 180	280	(22) 930	960	(42) 1620	1590	(62) 1790	1090	(82) 980
630	(3) 200	315	(23) 970	980	(43) 1660	1580	(63) 1740	1050	(83) 940
590	(4) 230	360	(24) 1000	990	(44) 1710	1580	(64) 1680	1020	(84) 900
560	(5) 260	390	(25) 1035	1000	(45) 1760	1570	(65) 1640	1000	(85) 860
520	(6) 300	420	(26) 1070	1020	(46) 1800	1560	(66) 1590	980	(86) 810
480	(7) 330	460	(27) 1100	1060	(47) 1840	1560	(67) 1540	970	(87) 760
460	(8) 360	490	(28) 1140	1080	(48) 1880	1540	(68) 1490	950	(88) 710
425	(9) 400	530	(29) 1170	1090	(49) 1930	1520	(69) 1440	940	(89) 660
390	(10) 440	570	(30) 1200	1090	(50) 1980	1495	(70) 1400	930	(90) 620
350	(11) 480	600	(31) 1230	1100	(51) 2020	1460	(71) 1360	910	(91) 580
330	(12) 510	640	(32) 1270	1140	(52) 2000	1440	(72) 1310	880	(92) 540
295	(13) 550	670	(33) 1320	1190	(53) 1960	1420	(73) 1260	850	(93) 500
260	(14) 585	700	(34) 1360	1220	(54) 1920	1395	(74) 1225	820	(94) 460
230	(15) 625	740	(35) 1390	1270	(55) 1900	1360	(75) 1195	795	(95) 420
210	(16) 665	780	(36) 1410	1320	(56) 1890	1320	(76) 1160	775	(96) 370
205	(17) 708	820	(37) 1430	1380	(57) 1880	1280	(77) 1130	760	(97) 320
205	(18) 760	865	(38) 1445	1430	(58) 1880	1240	(78) 1100	750	(98) 280
220	(19) 800	900	(39) 1480	1480	(59) 1870	1205	(79) 1030	740	(99) 215
240	(20) 860	930	(40) 1520	1530	(60) 1860	1160	(80) 1040	720	(100) 180

Nº de dados: 100 (pares ordenados)

Perímetro: 4.957,27 m.

Coordenadas cartesianas do centróide:  $X_c = 910$ ,  $Y_c = 1.068,46750$  m<sup>2</sup>

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI I NO COMPARTIMENTO L-356.

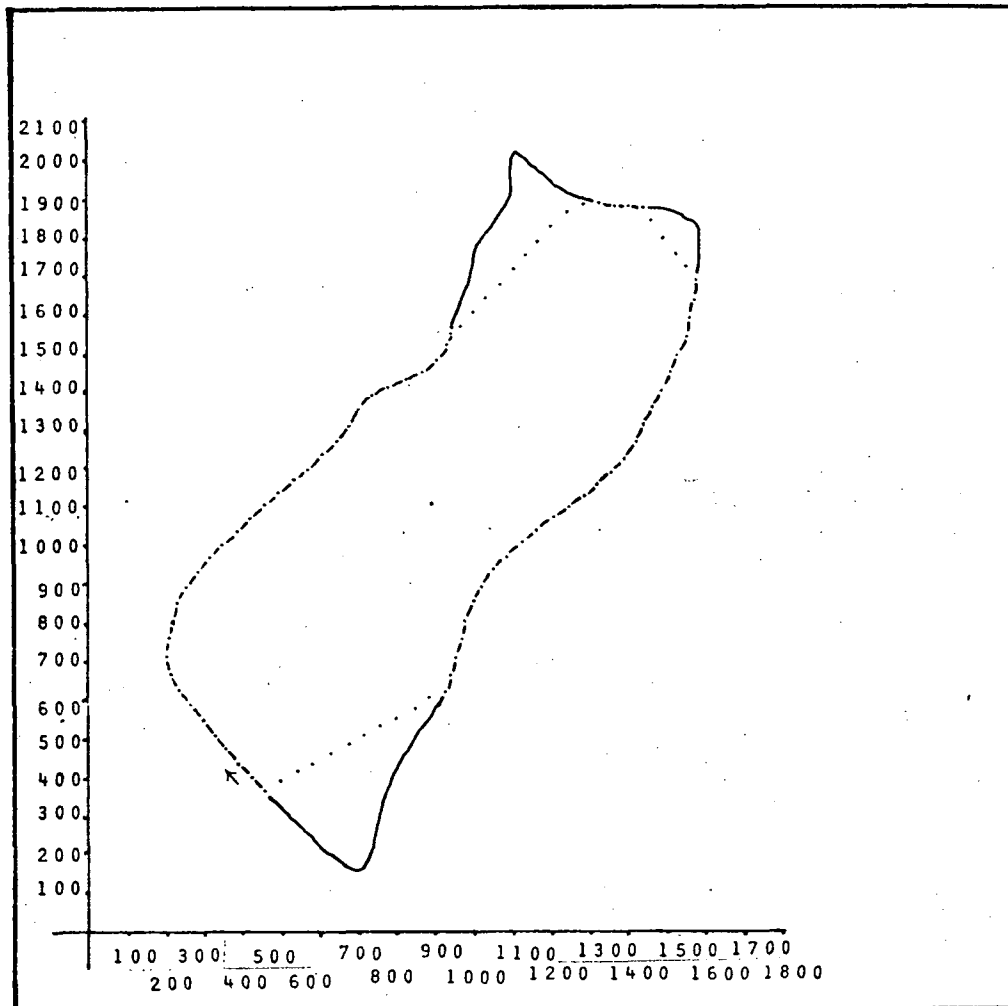


Figura 22 - COMPARTIMENTO L-356 da região "LA GERMANIA".

Tabela 22 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356, SEGUNDO O MODELO CARNIERI I.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
460	(1) 360	420	(19) 1070	1030	(37) 1640	1540	(55) 1490	980	(73) 810
425	(2) 400	460	(20) 1100	1065	(38) 1680	1520	(56) 1440	970	(74) 760
390	(3) 440	490	(21) 1140	1100	(39) 1720	1495	(57) 1400	950	(75) 710
350	(4) 480	530	(22) 1170	1140	(40) 1750	1460	(58) 1360	940	(76) 660
330	(5) 510	570	(23) 1200	1170	(41) 1795	1440	(59) 1310	930	(77) 620
295	(6) 550	600	(24) 1230	1200	(42) 1825	1420	(60) 1260	990	(78) 600
260	(7) 585	640	(25) 1270	1240	(43) 1860	1395	(61) 1225	850	(79) 580
230	(8) 625	670	(26) 1320	1280	(44) 1890	1360	(62) 1195	805	(80) 560
210	(9) 665	700	(27) 1360	1320	(45) 1890	1320	(63) 1160	760	(81) 535
205	(10) 708	740	(28) 1390	1380	(46) 1880	1280	(64) 1130	720	(82) 510
205	(11) 760	780	(29) 1410	1430	(47) 1880	1240	(65) 1100	675	(83) 490
220	(12) 800	820	(30) 1430	1480	(48) 1840	1205	(66) 1030	630	(84) 460
240	(13) 860	865	(31) 1445	1500	(49) 1800	1160	(67) 1040	580	(85) 440
250	(14) 890	900	(32) 1480	1560	(50) 1720	1130	(68) 1005	545	(86) 415
280	(15) 930	930	(33) 1520	1580	(51) 1680	1090	(69) 980	500	(87) 395
315	(16) 970	940	(34) 1570	1570	(52) 1640	1050	(70) 940		
360	(17) 1000	970	(35) 1570	1560	(53) 1590	1020	(71) 900		
390	(18) 1035	1000	(36) 1600	1560	(54) 1540	1000	(72) 860		

Nº de pontos considerados: 87 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 891,99$  $Y_c = 1.106,00$ 

Distância média de arraste: 531,50 m.

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CARNIERI II NO COMPARTIMENTO L-356.

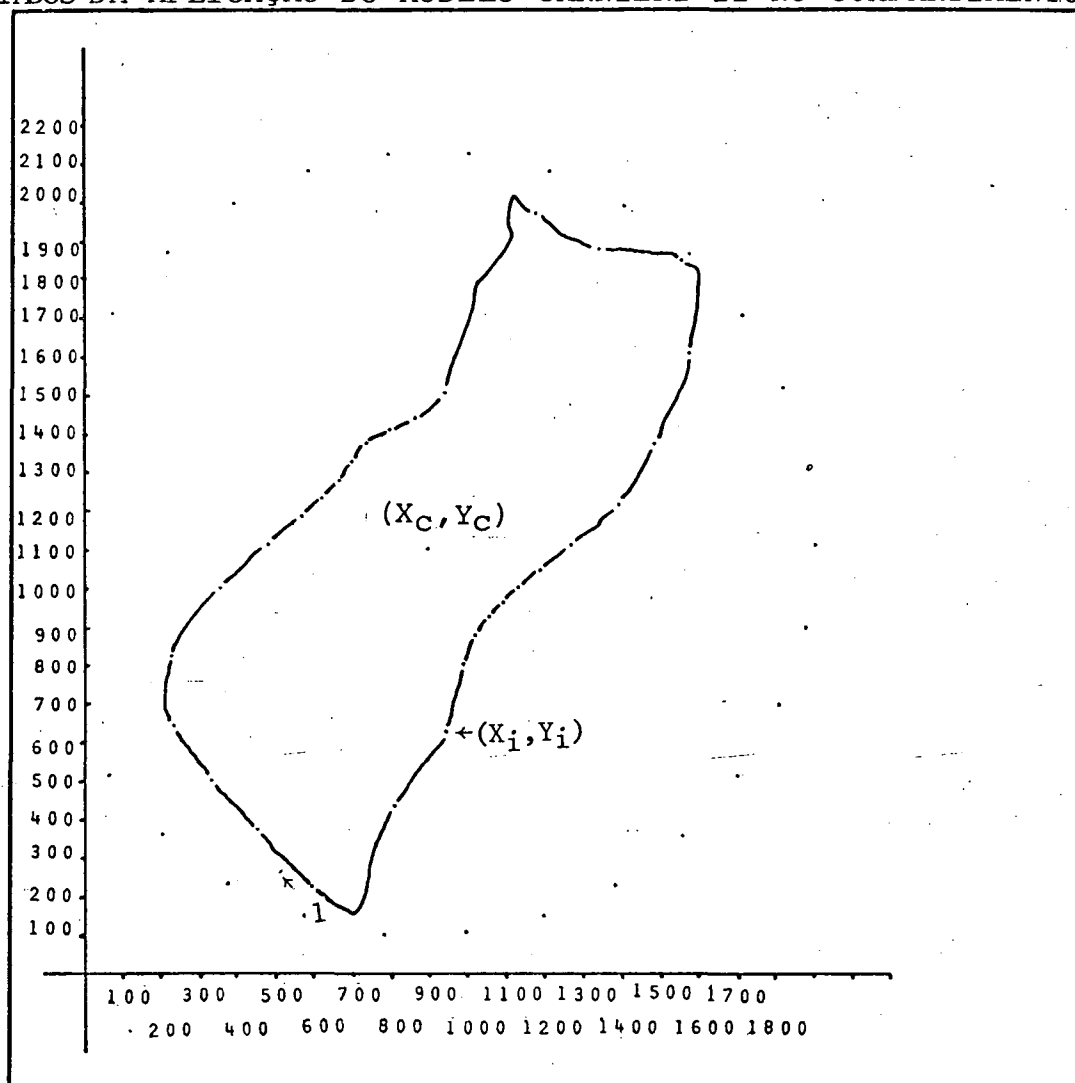


Figura 23 - COMPARTIMENTO L-356 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 23 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356 SEGUNDO O MODELO CARNIERI II.

$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$	$X_i$	$Y_i$
600	(1) 225	470	(7) 1120	790	(13) 1410	1570	(19) 1610	1090	(25) 970
450	(2) 350	460	(8) 1190	860	(14) 1440	1480	(20) 1370	1055	(26) 930
340	(3) 500	610	(9) 1240	930	(15) 1510	1390	(21) 1215	1020	(27) 880
240	(4) 640	660	(10) 1280	1170	(16) 1975	1260	(22) 1120	990	(28) 795
220	(5) 820	700	(11) 1330	1340	(17) 1880	1180	(23) 1050	960	(29) 630
350	(6) 1000	730	(12) 1380	1550	(18) 1850	1130	(24) 1000	815	(30) 435

Nº de pontos: 30 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_C = 891,99$

$Y_C = 1.106,00$

Distância média de arraste: 495,71 m.

## RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-356.

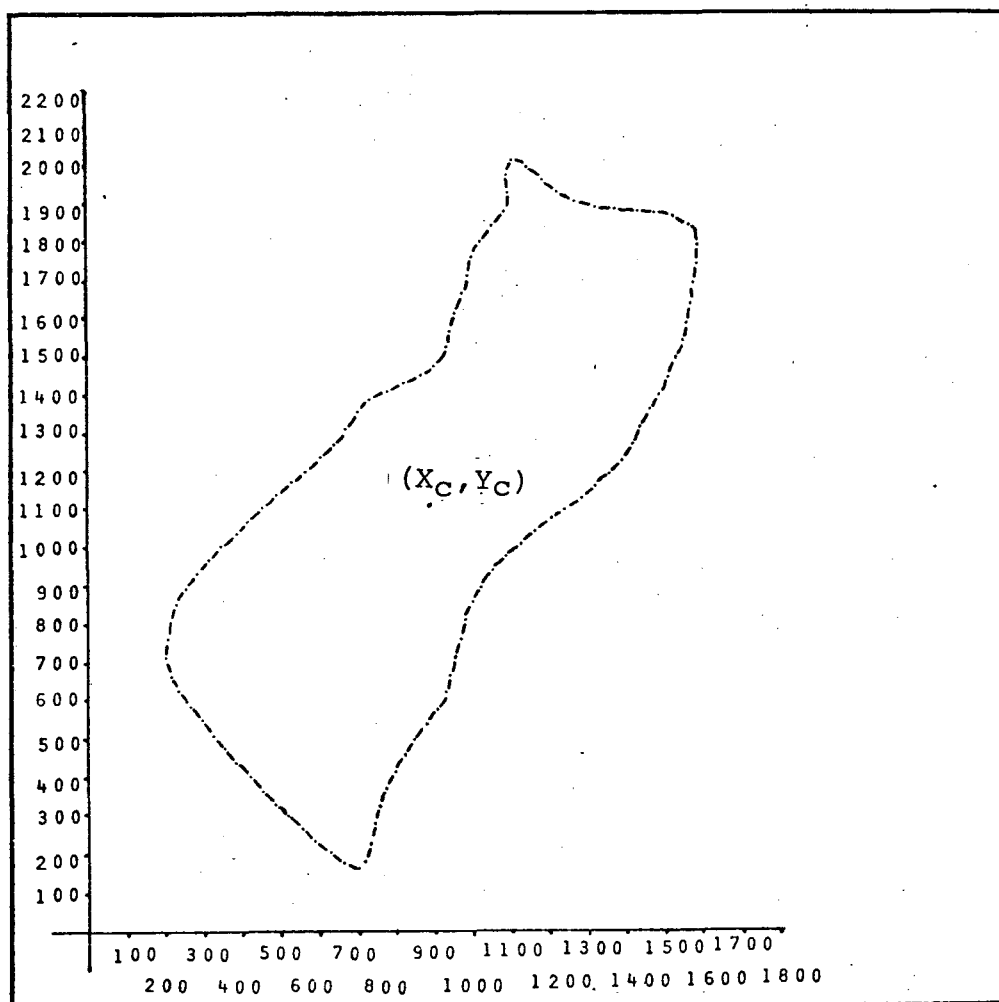


Figura 24 - COMPARTIMENTO L-356 DA REGIÃO "LA GERMANIA".

Tabela 24 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356 SEGUNDO O MODELO CASTELLÓN-DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
700	(1) 160	250	(21) 890	940	(41) 1570	1570	(61) 1840	1130	(81) 1000
665	(2) 180	280	(22) 930	960	(42) 1620	1590	(62) 1790	1090	(82) 980
630	(3) 200	315	(23) 970	980	(43) 1660	1580	(63) 1740	1050	(83) 940
590	(4) 230	360	(24) 1000	990	(44) 1710	1580	(64) 1680	1020	(84) 900
560	(5) 260	390	(25) 1035	1000	(45) 1760	1570	(65) 1640	1000	(85) 860
520	(6) 300	420	(26) 1070	1020	(46) 1800	1560	(66) 1590	980	(86) 810
480	(7) 330	460	(27) 1100	1060	(47) 1840	1560	(67) 1540	970	(87) 760
460	(8) 360	490	(28) 1140	1080	(48) 1880	1540	(68) 1490	950	(88) 710
425	(9) 400	530	(29) 1170	1090	(49) 1930	1520	(69) 1440	940	(89) 660
390	(10) 440	570	(30) 1200	1090	(50) 1980	1495	(70) 1400	930	(90) 620
350	(11) 480	600	(31) 1230	1100	(51) 2020	1460	(71) 1360	910	(91) 580
330	(12) 510	640	(32) 1270	1140	(52) 2000	1440	(72) 1310	880	(92) 540
295	(13) 550	670	(33) 1320	1190	(53) 1960	1420	(73) 1260	850	(93) 500
260	(14) 585	700	(34) 1360	1220	(54) 1920	1395	(74) 1225	820	(94) 460
230	(15) 625	740	(35) 1390	1270	(55) 1900	1360	(75) 1195	795	(95) 420
210	(16) 665	780	(36) 1410	1320	(56) 1890	1320	(76) 1160	775	(96) 370
205	(17) 708	820	(37) 1430	1380	(57) 1880	1280	(77) 1130	760	(97) 320
205	(18) 760	865	(38) 1445	1430	(58) 1880	1240	(78) 1100	750	(98) 280
220	(19) 800	900	(39) 1480	1480	(59) 1870	1205	(79) 1030	740	(99) 215
240	(20) 860	930	(40) 1520	1530	(60) 1860	1160	(80) 1040	720	(100) 180

Nº de pontos: 100 (pares ordenados)

Coordenadas cartesianas do centroide:  $X_c = 891,99$ Distância média de arraste: 497 11 m.  $Y_c = 1.106,00$ 

Perímetro: 4.957,27 m.

Área: 1.068.467,50 m<sup>2</sup>.

RÉSULTADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO DONNELLY NO COMPARTIMENTO L-356.

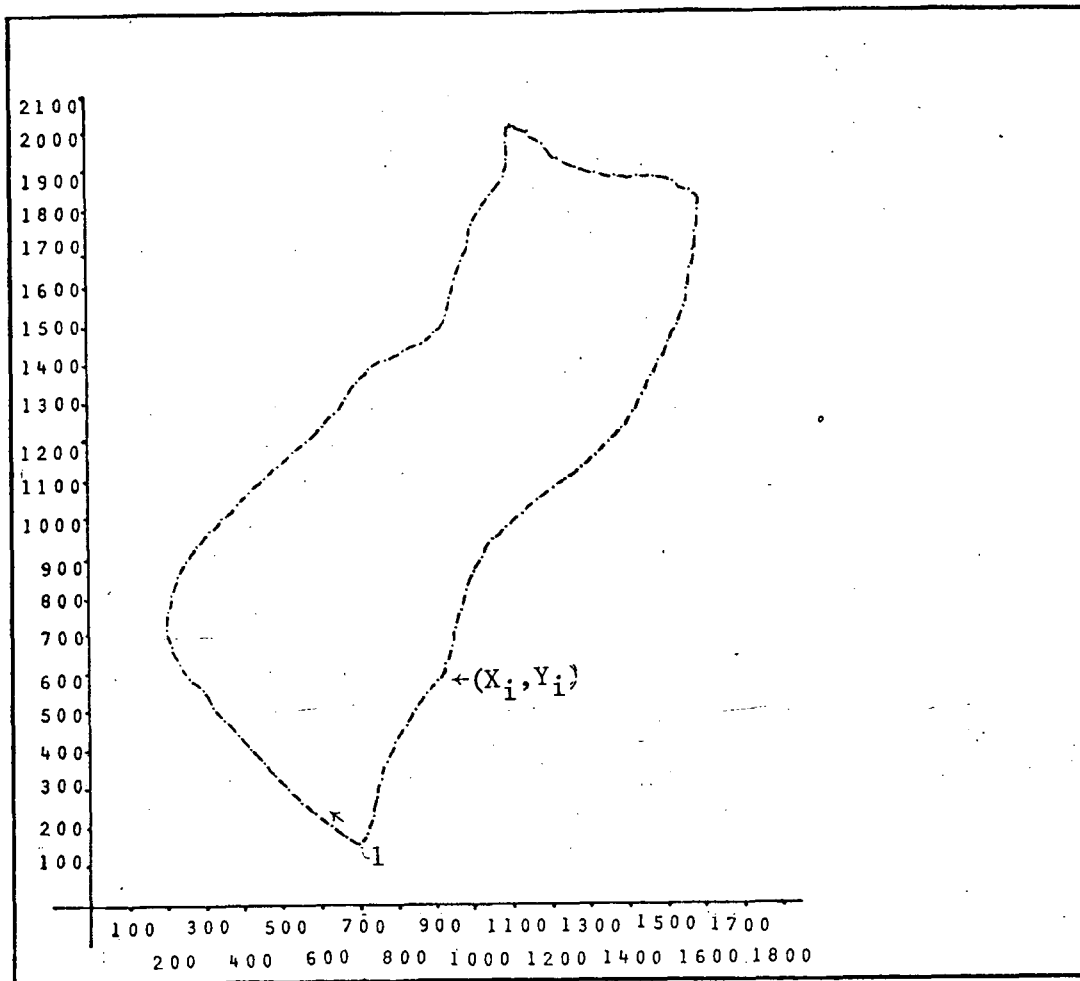


Figura 25 - COMPARTIMENTO L-356 DA REGIÃO "LA GERMANIA"

Tabela 25 - COORDENADAS CARTESIANAS DOS PONTOS DO PERÍMETRO CORRESPONDENTES AO COMPARTIMENTO L-356 SEGUNDO O MODELO DONNELLY.

Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi	Xi	Yi
700	(1) 160	250	(21) 890	940	(41) 1570	1570	(61) 1840	1130	(81) 1005
665	(2) 180	280	(22) 930	960	(42) 1620	1590	(62) 1790	1090	(82) 980
630	(3) 200	315	(23) 970	980	(43) 1660	1580	(63) 1740	1050	(83) 940
590	(4) 230	360	(24) 1000	990	(44) 1710	1580	(64) 1680	1020	(84) 900
560	(5) 260	390	(25) 1035	1000	(45) 1760	1570	(65) 1640	1000	(85) 860
520	(6) 300	420	(26) 1070	1020	(46) 1800	1560	(66) 1590	980	(86) 810
480	(7) 330	460	(27) 1100	1060	(47) 1840	1560	(67) 1540	970	(87) 760
460	(8) 360	490	(28) 1140	1080	(48) 1880	1540	(68) 1490	950	(88) 710
425	(9) 400	530	(29) 1170	1090	(49) 1930	1520	(69) 1440	940	(89) 660
390	(10) 440	570	(30) 1200	1090	(50) 1980	1495	(70) 1400	930	(90) 620
350	(11) 480	600	(31) 1230	1100	(51) 2020	1460	(71) 1360	910	(91) 580
330	(12) 510	640	(32) 1270	1140	(52) 2000	1440	(72) 1310	880	(92) 540
295	(13) 550	670	(33) 1320	1190	(53) 1960	1420	(73) 1260	850	(93) 500
260	(14) 585	700	(34) 1360	1220	(54) 1920	1395	(74) 1225	820	(94) 460
230	(15) 625	740	(35) 1390	1270	(55) 1900	1360	(75) 1195	795	(95) 420
210	(16) 665	780	(36) 1410	1320	(56) 1890	1320	(76) 1160	775	(96) 370
205	(17) 708	820	(37) 1430	1380	(57) 1880	1280	(77) 1130	760	(97) 320
205	(18) 760	865	(38) 1445	1430	(58) 1880	1240	(78) 1100	750	(98) 280
220	(19) 800	900	(39) 1480	1480	(59) 1870	1205	(79) 1030	740	(99) 215
240	(20) 860	930	(40) 1520	1530	(60) 1860	1160	(80) 1040	720	(100) 180

Nº de pontos: 100 (pares ordenados)  
Distância média de arraste: 1.435,66 m.

Perímetro: 4.957,27 m.  
Área: 1.068.467,50 m<sup>2</sup>.

## ANEXO 2

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO  
DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY E AS EXPRESSÕES MATEMÁTICAS  
DE MAZZAROTTO PARA O CÁLCULO DA DISTÂNCIA MÉDIA DE ARRASTE  
EM FIGURAS DE FORMATO RETANGULAR E QUADRADO.



COMPARAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY COM A RELAÇÃO MAZZAROTTO, EM FIGURAS DE FORMATO QUADRADO.

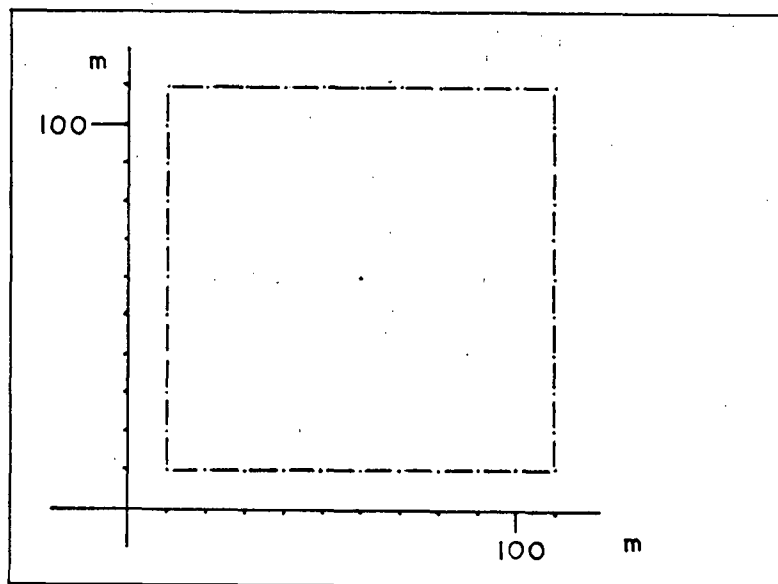


Figura 2 - DEMARCAÇÃO DOS PONTOS DO PERÍMETRO EM UM HECTARE DE ÁREA DE FORMATO QUADRADO.

Tabela 1 - RESULTADOS DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY

Coordenadas cartesianas dos pontos do perímetro

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10	(1)	10	(11)	110	110	(21)	110
10	(2)	20	(12)	110	110	(22)	100
10	(3)	30	(13)	110	110	(23)	90
10	(4)	40	(14)	110	110	(24)	80
10	(5)	50	(15)	110	110	(25)	70
10	(6)	60	(16)	110	110	(26)	60
10	(7)	70	(17)	110	110	(27)	50
10	(8)	80	(18)	110	110	(28)	40
10	(9)	90	(19)	110	110	(29)	30
10	(10)	100	(20)	110	110	(30)	20
							10
							(41)
							10

Perim = 400,00 m

$X_C = 60,00$

$Y_C = 60,00$

Área = 10.000,00 m<sup>2</sup>

D.M.A. = 38,22 m

Área = 10.000,00 m<sup>2</sup>

Perim = 400,00 m

Resultado da aplicação da relação de MAZZAROTTO em figuras de formato quadrado

$DMA_Q = 0,3826 \cdot \text{Lado}$

$DAM_Q = 38,26 \text{ m}$

COMPARAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY COM A RELAÇÃO DE MAZZAROTTO, EM FIGURAS DE FORMATO RETANGULAR.

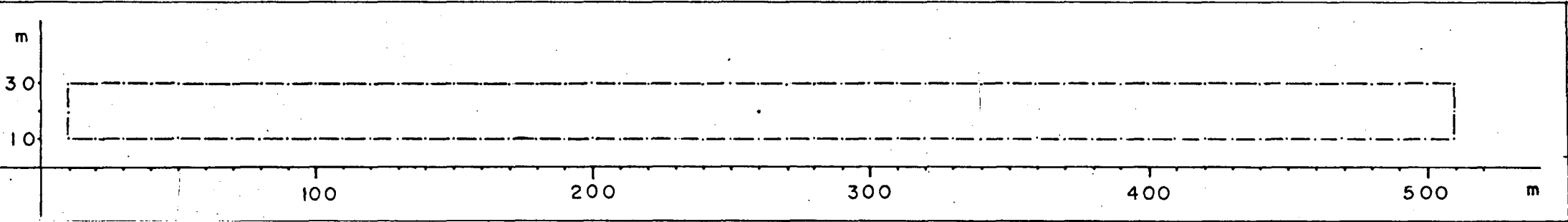


Figura 1 - DEMARCAÇÃO DOS PONTOS DO PERÍMETRO EM UM HECTARE DE ÁREA DE FORMATO RETANGULAR.

Tabela 2 - RESULTADO DA APLICAÇÃO DO MODELO CASTELLÓN-DONNELLY

Coordenadas cartesianas dos pontos do perímetro :

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
10	(1)	10	150	(17)	30	310	(33)	30	470	(49)	30	410	(65)	10
10	(2)	20	160	(18)	30	320	(34)	30	480	(50)	30	400	(66)	10
10	(3)	30	170	(19)	30	330	(35)	30	490	(51)	30	390	(67)	10
20	(4)	30	180	(20)	30	340	(36)	30	500	(52)	30	380	(68)	10
30	(5)	30	190	(21)	30	350	(37)	30	510	(53)	30	370	(69)	10
40	(6)	30	200	(22)	30	360	(38)	30	510	(54)	20	360	(70)	10
50	(7)	30	210	(23)	30	370	(39)	30	510	(55)	10	350	(71)	10
60	(8)	30	220	(24)	30	380	(40)	30	500	(56)	10	340	(72)	10
70	(9)	30	230	(25)	30	390	(41)	30	490	(57)	10	330	(73)	10
80	(10)	30	240	(26)	30	400	(42)	30	480	(58)	10	320	(74)	10
90	(11)	30	250	(27)	30	410	(43)	30	470	(59)	10	310	(75)	10
100	(12)	30	260	(28)	30	420	(44)	30	460	(60)	10	300	(76)	10
110	(13)	30	270	(29)	30	430	(45)	30	450	(61)	10	290	(77)	10
120	(14)	30	280	(30)	30	440	(46)	30	440	(62)	10	280	(78)	10
130	(15)	30	290	(31)	30	450	(47)	30	430	(63)	10	270	(79)	10
140	(16)	30	300	(32)	30	460	(48)	30	420	(64)	10	260	(80)	10
												250	(81)	10
												240	(82)	10
												230	(83)	10
												220	(84)	10
												210	(85)	10
												200	(86)	10
												190	(87)	10
												180	(88)	10
												170	(89)	10
												160	(90)	10
												150	(91)	10
												140	(92)	10
												130	(93)	10
												120	(94)	10
												110	(95)	10
												100	(96)	10
												90	(97)	10
												80	(98)	10
												70	(99)	10
												60	(100)	10
												50	(101)	10
												40	(102)	10
												30	(103)	10
												20	(104)	10
												10	(105)	10

Perim = 1.040,00 m  
 $X_c = 260,00$   
 $Y_c = 20,00$   
 Área = 10.000,00 m<sup>2</sup>

DMA = 125,31 m  
 Área = 10.000,00 m<sup>2</sup>  
 Perim = 1.040,00 m

Resultados da aplicação da relação de MAZZAROTTO, em figuras de formato retangular

$$DMA_R = \frac{1}{6} \left[ D + \frac{1}{2} \frac{A^2}{B} \ln \frac{D+B}{A} + \frac{1}{2} \frac{B^2}{A} \ln \frac{D+A}{B} \right]$$

Diag = 500,40 m  
 DMA<sub>R</sub> = 125,32 m

## ANEXO 3

INSTRUÇÕES E LISTAGEM DE PROGRAMAS DA ANÁLISE PARA O  
CÁLCULO DAS COORDENADAS CARTESIANAS DO CENTRÓIDE  
PARA OS MODELOS  
CARNIERI I, CARNIERI II, CASTELLÓN-DONNELLY E DONNELLY,  
REALIZADOS COM UMA HP-41CV.



STEP	KEY ENTRY	COMMENTS	STEP	KEY ENTRY	CENTROIDE	COMMENTS
001	Ø1	LBL <sup>E</sup> CENTROI	57		SORT	
002	Ø2	LBL 17	58		ST+ 2Ø	
003	Ø3	CLRG	59		RCL 12	
004	Ø4	17	060	6Ø	RCL 1Ø	
005	Ø5	LBL a	61		+	
006	Ø6	SF 21	62		STO Ø8	
007	Ø7	Ø	63		RCL 13	
008	Ø8	STO ØØ	64		RCL 11	
009	Ø9	STO Ø1	65		-	
010	1Ø	STO Ø2	66		STO Ø7	
11		STO Ø3	67		*	
12		STO Ø4	68		2	
13		STO Ø5	69		/	
14		LBL b	070	7Ø	ST- ØØ	
15		Ø	71		12	
16		STO 16	72		/	
17		SF ØØ	73		RCL 12	
18		LBL 2Ø	74		RCL 1Ø	
19		RCL 12	75		-	
020	2Ø	STO 1Ø	76		STO Ø6	
21		RCL 13	77		X+2	
22		STO 11	78		RCL Ø8	
23		FIX Ø	79		X+2	
24		CF 29	080	8Ø	+	
25		tx	81		*	
26		ARCL 16	82		ST- Ø4	
27		tx = ?	83		RCL Ø6	
28		ENG 3	84		RCL 11	
29		SF 29	85		RCL 13	
030	3Ø	TONE 9	86		+	
31		PROMPT	87		STO Ø9	
32		STO 12	88		*	
33		tx	89		24	
34		FIX Ø	090	9Ø	/	
35		CF 29	91		RCL Ø9	
36		ARCL 16	92		X+2	
37		tx = ?	93		RCL Ø7	
38		PROMPT	94		X+2	
39		STO 13	95		+	
040	4Ø	1	96		*	
41		ST+ 16	97		ST+ Ø3	
42		FS?C ØØ	98		RCL Ø6	
43		GTO 2Ø	99		RCL Ø9	
44		RCL 12	100	1ØØ	RCL Ø7	
45		RCL 1Ø	1Ø1		X+2	
46		-	1Ø2		3	
47		X+2	1Ø3		/	
48		STO 19	1Ø4		X<>Y	
49		RCL 13	1Ø5		X+2	
050	5Ø	RCL 11	1Ø6		+	
51		-	1Ø7		*	
52		X+2	1Ø8		8	
53		STO 13	1Ø9		/	
54		RCL 19	110	11Ø	ST+ Ø2	
55		RCL 18	111		RCL Ø7	
56		+	112		RCL Ø8	

REGISTERS

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	I				

STEP	KEY ENTRY	COMMENTS	STEP	KEY ENTRY	COMMENTS
113	RCL 06		169	CLX	
114	X↑2		170	LBL D	
115	3		171	FIX 2	
116	/		172	RCL 20	
117	X<>Y		173	↑PERIM=	
118	X↑2		174	ARCL X	
119	+		175	AVIEW	
120	120 *		176	CLST	
121	8		177	XEQ 02	
122	/		178	↑CENTROIDE?	
123	ST- 01		179	AVIEW	
124	RCL 12		180	180 FIX 2	
125	RCL 11		181	↑X=	
126	*		182	ARCL X	
127	RCL 10		183	AVIEW	
128	RCL 13		184	FIX 2	
129	*		185	↑Y	
130	130 -		186	ARCL Y	
131	ENTER↑		187	AVIEW	
132	ENTER↑		188	FIX 2	
133	4		189	↑AREA	
134	/		190	190 ARCL 00	
135	RCL 08		191	AVIEW	
136	*		192	GTO 10	
137	RCL 10		193	LBL 02	
138	RCL 12		194	RCL 02	
139	*		195	RCL-00	
140	140 RCL 12		196	/	
141	X↑2		197	STO 10	
142	STO 09		198	RCL 01	
143	+		199	RCL 00	
144	RCL 10		200	200 /	
145	X↑2		201	STO 11	
146	ST+ 09		202	RTN	
147	+		203	LBL 10	
148	RCL 07		204	FIX 4	
149	*		205	CF 00	
150	150 3		206	↑MAIS UM?	
151	/		207	PROMPT	
152	+		208	GTO 17	
153	*		209	END	
154	RCL 09		210		
155	8				
156	/				
157	RCL 08				
158	*				
159	RCL 07				
160	160 X↑2				
161	*				
162	+				
163	RCL 06				
164	X<0?		220		
165	/				
166	ST+ 05				
167	GTO 20				
168	LBL A				

LABELS					FLAGS	SET STATUS		
A	B	C	D	E	0	FLAGS		
a	b	c	d	e	1	ON	OFF	
0	1	2	3	4	2	0	<input type="checkbox"/>	DEG <input type="checkbox"/>
5	6	7	8	9	3	1	<input type="checkbox"/>	GRAD <input type="checkbox"/>
						2	<input type="checkbox"/>	RAD <input type="checkbox"/>
						3	<input type="checkbox"/>	



STEP	KEY ENTRY	COMMENTS	STEP	KEY ENTRY	CARNIERI I	COMMENTS
001 01	TCARN I		57	+		
02	LBL 05		58	ST+ 07		
03	CLRG		59	CLX		
04	tn.PONTOS?		060 60	1		
05	PROMPT		61	ST+ 16		
06	STO 00		62	FS?C 00		
07	ENTER↑		63	CLX		
08	STO 15		64	DSE 15		
09	tx.CENTR.?		65	GTO 02		
010 10	PROMPT		66	CLST		
11	STO 01		67	RCL 00		
12	ty.CENTR.?		68	ENTER↑		
13	PROMPT		69	RCL 03		
14	STO 02		070 70	*		
15	tr. ?		71	STO 08		
16	PROMPT		72	CLST		
17	STO 03		73	RCL 04		
18	tAREA ?		74	ENTER↑		
19	PROMPT		75	3		
020 20	STO 04		76	*		
21	LBL b		77	STO 29		
22	1		78	CLST		
23	STO 16		79	RCL 07		
24	SF 00		080 80	ENTER↑		
25	LBL 02		81	RCL 08		
26	CLST		82	*		
27	RCL 16		83	STO 10		
28	FIX 0		84	CLST		
29	CF 29		85	RCL 09		
030 30	tx.		86	ENTER↑		
31	ARCL X		87	RCL 00		
32	tr-?		88	*		
33	SF 29		89	STO 11		
34	TONE 8		090 90	CLST		
35	PROMPT		91	RCL 10		
36	ENTER↑		92	ENTER↑		
37	RCL 01		93	RCL 11		
38	-		94	/		
39	X↑2		95	FIX 2		
040 40	STO 05		96	SF 29		
41	CLST		97	td.M.A.=		
42	ty.		98	ARCL X		
43	FIX 0		99	AVIEW		
44	CF 29		100 100	PROMPT		
45	ARCL 16		101	GTO 05		
46	tr-?		102	END		
47	PROMPT					
48	ENTER↑					
49	RCL 02					
050 50	-					
51	X↑2					
52	STO 06					
53	CLST					
54	RCL 05		110			
55	ENTER↑					
56	RCL 06					

REGISTERS

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	I				





STEP	KEY ENTRY	COMMENTS	STEP	KEY ENTRY	COMMENTS
001 01	LBL <sup>t</sup> CARN-II		57	ST+ 08	
02	LBL 01		58	FS?C 00	
03	CLRG		59	CLX	
04	TONE 9		060 60	DSE 09	
05	<sup>t</sup> X. CENTR.?		61	GTO 02	
06	PROMPT		62	CLST	
07	STO 00		63	RCL 05	
08	<sup>t</sup> Y. CENTR.?		64	ENTER↑	
09	PROMPT		65	2	
010 10	STO 01		66	*	
11	LBL b		67	STO 06	
12	30		68	CLST	
13	STO 09		69	RCL 04	
14	CLST		070 70	ENTER↑	
15	1		71	3	
16	STO 08		72	*	
17	SF 00		73	STO 07	
18	LBL 02		74	CLST	
19	CLST		75	RCL 06	
020 20	RCL 08		76	ENTER↑	
21	FIX 0		77	RCL 07	
22	CF 29		78	/	
23	<sup>t</sup> X.		79	FIX 2	
24	ARCL X		080 80	SF 29	
25	<sup>t</sup>  -?		81	<sup>t</sup> D.M.A.=	
26	SF 29		82	ARCL X	
27	TONE 9		83	AVIEW	
28	PROMPT		84	PROMPT	
29	ENTER↑		85	<sup>t</sup> MAIS UM?	
030 30	RCL 00		86	PROMPT	
31	-		87	GTO 01	
32	X+2		88	END	
33	STO 02		090		
34	CLST				
35	<sup>t</sup> Y.				
36	FIX 0				
37	CF 29				
38	ARCL 08				
39	<sup>t</sup>  -?				
040 40	PROMPT				
41	ENTER↑				
42	RCL 01				
43	-				
44	X+2		100		
45	STO 03				
46	CLST				
47	RCL 02				
48	ENTER↑				
49	RCL 03				
050 50	+				
51	ST+ 04				
52	1.5				
53	X+Y				
54	ST+ 05		110		
55	CLST				
56	1				

REGISTERS

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A		B		C		D		E	



STEP	KEY ENTRY	COMMENTS	STEP	KEY ENTRY
01	LBL <sup>t</sup> CASTDON		57	ENTER↑
02	LBL 17		58	RCL 11
03	CLRG		59	+
04	<sup>t</sup> COORD. X?		060 60	2
05	PROMPT		61	/
06	STO 03		62	X+2
07	<sup>t</sup> COORD. Y?		63	STO 15
08	PROMPT		64	RCL 14
09	STO 04		65	ENTER↑
010 10	LBL b		66	RCL 15
11	0		67	+
12	STO 16		68	SORT
13	SF 00		69	2
14	LBL 20		070 70	*
15	RCL 12		71	3
16	STO 10		72	/
17	RCL 13		73	STO 17
18	STO 11		74	RCL 12
19	CLX		75	ENTER↑
020 20	RCL 16		76	RCL 11
21	FIX 0		77	*
22	CF 29		78	STO 18
23	<sup>t</sup> X		79	RCL 10
24	ARCL X		080 80	ENTER↑
25	<sup>t</sup> —=?		81	RCL 13
26	ENG 3		82	*
27	SF 29		83	STO 19
28	TONE 9		84	RCL 18
29	PROMPT		85	ENTER↑
030 30	ENTER↑		86	RCL 19
31	RCL 03		87	-
32	-		88	2
33	STO 12		89	/
34	<sup>t</sup> Y		090 90	STO 20
35	FIX 0		91	ST+ 21
36	CF 29		92	RCL 17
37	ARCL 16		93	ENTER↑
38	<sup>t</sup> —=?		94	RCL 20
39	PROMPT		95	*
040 40	ENTER↑		96	ST+22
41	RCL 04		97	RCL 10
42	-		98	ENTER↑
43	STO 13		99	RCL 12
44	1		100 100	-
45	ST+ 16		101	X+2
46	FS?C 00		102	STO 00
47	GTO 20		103	RCL 11
48	RCL 12		104	ENTER↑
49	ENTER↑		105	RCL 13
050 50	RCL 10		106	-
51	+		107	X+2
52	2		108	STO 01
53	/		109	CLST
54	X+2		110 110	RCL 00
55	STO 14		111	ENTER↑
56	RCL 13		112	RCL 01

REGISTERS

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A	B	C	D	E	I				





STEP	KEY ENTRY	COMMENTS	STEP	KEY ENTRY	COMMENTS
001	Ø1	LBL <sup>t</sup> DONNELLY	57	SQRT	
	Ø2	CLST	58	2	
	Ø3	LBL 17	59	*	
	Ø4	CLRG	060	6Ø	3
	Ø5	LBL b	61	/	
	Ø6	Ø	62	STO 17	
	Ø7	STO 16	63	RCL 12	
	Ø8	SF ØØ	64	ENTER†	
	Ø9	LBL 2Ø	65	RCL 11	
010	1Ø	RCL 12	66	*	
	11	STO 1Ø	67	STO 18	
	12	RCL 13	68	RCL 1Ø	
	13	STO 11	69	ENTER†	
	14	CLX	070	7Ø	RCL 13
	15	RCL 16	71	*	
	16	FIX Ø	72	STO 19	
	17	CF 29	73	RCL 18	
	18	TX	74	ENTER†	
	19	ARCL X	75	RCL 19	
020	2Ø	†-=?	76	-	
	21	ENG 3	77	2	
	22	SF 29	78	/	
	23	TONE 9	79	STO 2Ø	
	24	PROMPT	080	8Ø	ST+ 21
	25	STO 12	81	RCL 17	
	26	†Y	82	ENTER†	
	27	FIX Ø	83	RCL 2Ø	
	28	CF 29	84	*	
	29	ARCL 16	85	ST+ 22	
030	3Ø	†-=?	86	RCL 1Ø	
	31	PROMPT	87	ENTER†	
	32	STO 13	88	RCL 12	
	33	1	89	--	
	34	ST+ 16	090	9Ø	X+2
	35	FS?C ØØ	91	STO ØØ	
	36	GTO 20	92	RCL 11	
	37	RCL 12	93	ENTER†	
	38	ENTER†	94	RCL 13	
	39	RCL 1Ø	95	-	
040	4Ø	+	96	X+2	
	41	2	97	STO Ø1	
	42	/	98	CLST	
	43	X+2	99	RCL ØØ	
	44	STO 14	100	ØØ	ENTER†
	45	RCL 13	1Ø1	RCL Ø1	
	46	ENTER†	1Ø2	+	
	47	RCL 11	1Ø3	SQRT	
	48	+	1Ø4	ST+ Ø2	
	49	2	1Ø5	GTO 2Ø	
050	5Ø	/	1Ø6	LBL C	
	51	X+2	1Ø7	FIX 2	
	52	STO 15	1Ø8	RCL 22	
	53	RCL 14	1Ø9	ENTER†	
	54	ENTER†	110	RCL 21	
	55	RCL 15	111	/	
	56	+	112	†D.M.A.TOT=	

REGISTERS

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
A		B		C		D		E	

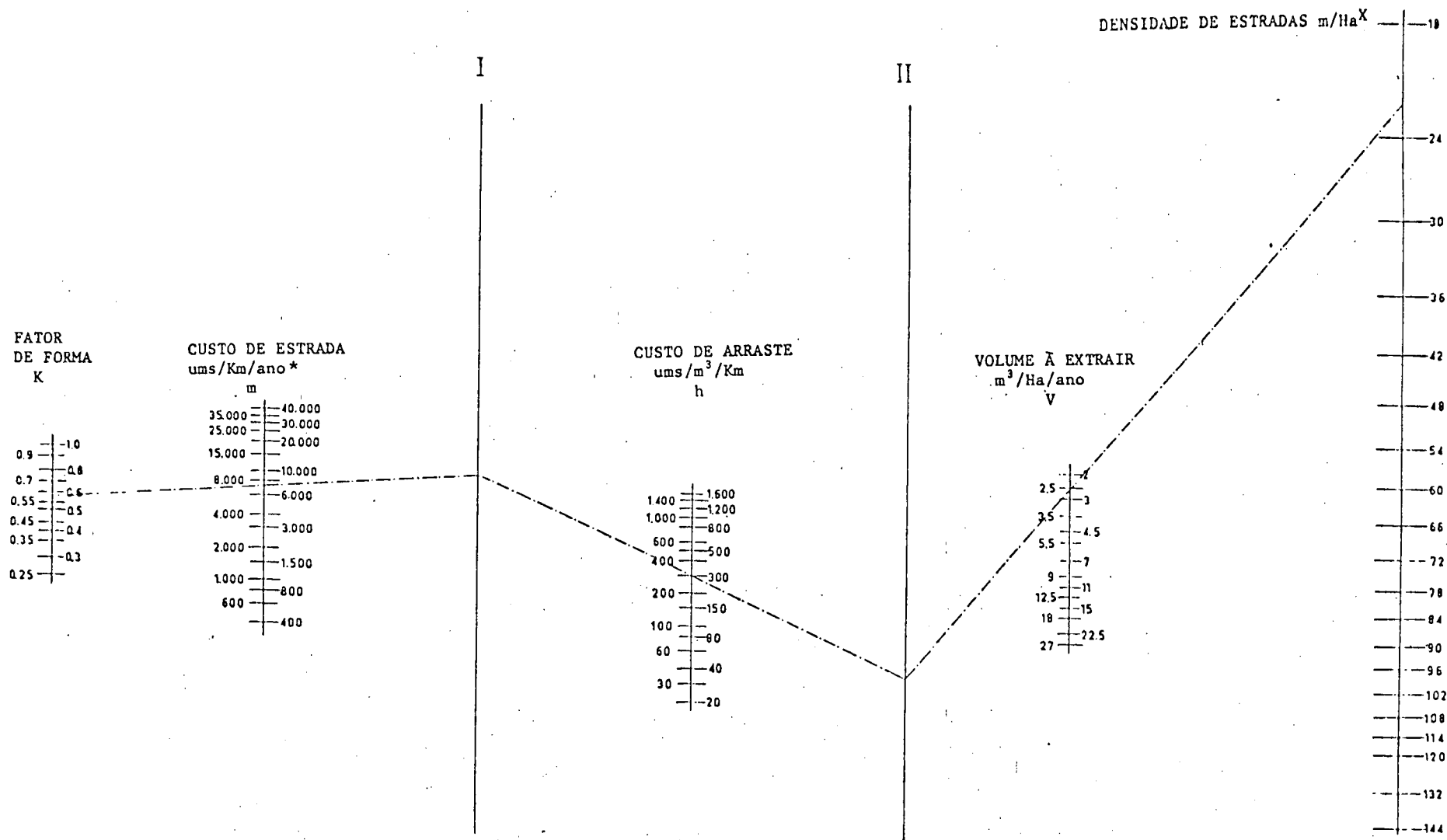




## ANEXO 4

ÁBACO CORRESPONDENTE AO CÁLCULO DO CUSTO DO ARRASTE  
EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE ESTRADAS,  
VOLUME À EXTRAIR E FATOR DE FORMA "K"

ÁBACO CORRESPONDENTE AO CÁLCULO DO CUSTO DO ARRASTE EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE ESTRADAS, VOLUME À EXTRAIR E FATOR DE FORMA "K".



Fonte: Planning and design of road systems in afforestation areas and in areas with heavy thinnings. E.H.Macmillen.  
 \* ums = unidades monetárias.

## ANEXO 5

NÚMERO DE PONTOS NECESSÁRIOS PARA ESTIMAR A  
DISTÂNCIA MAIS PRÓXIMA EM LINHA RETA A UMA ESTRADA,  
EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA ÁREA DE CORTE E DA MÉDIA  
ARITMÉTICA DAS DISTÂNCIAS MEDIDAS.

NÚMERO DE PONTOS NECESSÁRIOS PARA ESTIMAR A DISTÂNCIA MAIS PRÓXIMA EM LINHA RE-  
TA À UMA ESTRADA, EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA ÁREA DE CORTE E DA MÉDIA ARITMÉTICA  
DAS DISTÂNCIAS MEDIDAS.

Tamanho da área	Erro médio em percentagem														
	2,5					5					10				
	Distância média em linha reta da estrada mais próxima em Km.														
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
25	110					45					20				
50	140	80				60	35				25	15			
75	160	95				75	40				30	15			
100	180	110	80			75	45	35			30	20	15		
150	210	120	90	75		85	50	40	30		35	20	15	15	
200	230	140	100	80		95	60	45	35		40	25	20	15	
250	250	150	110	90	75	100	65	45	35	30	40	25	20	15	15
300	270	160	120	95	80	110	65	50	40	35	40	30	20	15	15
400	300	180	130	110	90	120	75	55	45	40	45	30	25	20	15
500	320	190	140	120	100	130	80	60	50	40	50	35	25	20	15
750	370	230	170	130	110	150	95	70	55	50	55	35	30	25	20
1.000	410	250	190	150	130	160	100	75	60	55	60	40	30	25	20
1.250	440	270	200	160	140	170	110	85	70	60	65	40	35	30	25
1.500	470	290	220	170	150	180	120	90	75	60	65	45	35	30	25
2.500	550	350	260	210	180	210	140	110	90	75	75	50	40	35	30
5.000	680	440	330	270	230	250	170	130	110	95	90	65	50	40	35
10.000	820	540	430	350	300	300	210	160	140	120	100	75	60	50	45
20.000	1000	680	520	440	380	350	250	200	170	150	110	90	75	65	55

Fonte: Von Segabaden. Op. Cit.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Marcio Emilio Castellón Diaz, filho de Emilio Castellón Ortiz e Bertha Diaz de Castellón, nasceu no dia 15 de fevereiro de 1953 em San Pedro Sula, Honduras, A.C.

Realizou o curso primário na Escola Republica de Cuba, o curso de plam Básico no colégio "La Salle" e científico no colégio "La Misión Evangelica".

Em 1970 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Nacional Autônoma de Honduras no Centro Universitário Regional do litoral Atlantico, graduando-se em 1975.

Em 1976 iniciou o curso de Engenharia Agronômica, no mesmo centro de estudos superiores, graduando-se em janeiro de 1978.

Foi dirigente estudantil e delegado proprietário ao Claustro Pleno Universitário da Universidade Nacional Autônoma de Honduras (1976-77).

Foi chefe de Ordenação e supervisor de Exploração Florestal do Projeto Siguatepeque (COHDEFOR) em 1978.

Foi gerente do Departamento de Operações florestais da Companhia Promotora de Aserraderos (1979).

Membro do "Programa de Reubicación de Poblaciones" do Projeto Hidro-elétrico "El Cajon", atuando como Coordenador da Assistência técnica e Crediticia (1980-81).

Em fevereiro de 1982 iniciou na Universidade Federal do Paraná, o curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, concluindo os requisitos para o grau de M.Sc. em junho de 1983.