

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UM MODELO DE DECISÃO COM APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR
PARA ELETRONIZAÇÃO DE REDES TELEFÔNICAS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA



UFSC-BU

SERGIO SEBOLD

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
SETEMBRO - 1984

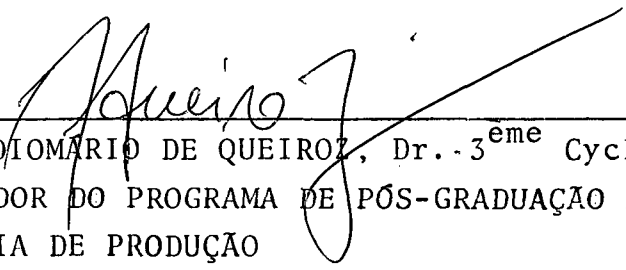
UM MODELO DE DECISÃO COM APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA
ELETRONIZAÇÃO DE REDES TELEFÔNICAS

SERGIO SEBOLD

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

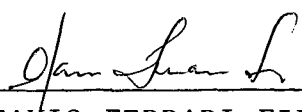
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA FINAL
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO




ANTONIO DIOMÁRIO DE QUEIROZ, Dr. - 3^{eme} Cycle
COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

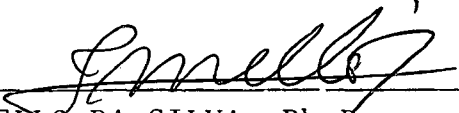
BANCA EXAMINADORA:



OTAVIO FERRARI FILHO, M.Sc. - Presidente



ANTONIO SERGIO COELHO, M.Sc.



JOÃO MELLO DA SILVA, Ph.D.

A minha esposa

Zeni

Aos meus filhinhos

Sergio

Luciara Fabiane

Cristiane e

Taís

Aos meus pais

Virgilio e Helga (em memória)

que embora pouco ou nada entendessem do assunto, mas com sua paciência monástica, muito contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A G R A D E C I M E N T O S

Desejo expressar meus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- ao Prof. ANTONIO DIOMÁRIO DE QUEIROZ , pela sua dedicação e esforço para que este trabalho fosse concluído;

- à CAPES, pelo auxílio financeiro prestado;

- à TELECOMUNICAÇÕES DO PARÁ SA - TELEPARÁ, na pessoa de seu ex-Presidente Eng^o, Roberto Lamoglia de Carvalho que, pelo estímulo e confiança depositado em minha pessoa, permitiu a realização deste curso;

- ao Prof. RAMIRO FERNANDES NAZARÉ da UFPa, pelo apoio e estímulo dado a todo momento;

- à COMPANHIA RIOGRANDENSE DE TELECOMUNICAÇÕES - CRT, pela cessão de seus equipamentos de computação para elaboração dos programas computacionais;

- aos Engenheiros e Técnicos do Departamento de Desenvolvimento da CRT, em especial aos Eng^o PAULO CESAR NUNES RICHTER e Eng^o NEWTON JULIO MANGONI, pelas informações técnicas em redes telefônicas;

- aos Engenheiros MANFRED ARNO BOER, FRANCISCO CARLOS LAJUS e LUIZ FERNANDO HEINZEN da TELESC, pela assessoria prestada à Banca Examinadora, referente aos aspectos técnicos de engenharia de redes telefônicas urbanas;

- e, finalmente a todas as pessoas que de uma maneira ou outra não me permitiram fraquejar na busca deste objetivo.

R E S U M O

O presente trabalho é um método analítico-computacional, sobre todas as tecnologias (disponíveis no país), de eletrônica de redes telefônicas, através de um enfoque tri-dimensional: a) Distância da demanda à central de comutação; b) Horizonte de planejamento; e c) Demanda a ser atendida no período planejado.

A cada distância oferecida, em função das características da central, é gerado um conjunto de alternativas tecnicamente viáveis. A geração de uma alternativa é decorrente da aplicação da Programação Linear, oferecendo os segmentos ótimos da distância com referência aos calibres do cabo. Cada alternativa tecnológica, por sua vez, é avaliada economicamente, através do fluxo de investimentos necessários ao longo do período de planejamento.

Com aplicação de técnicas de engenharia econômica, a uma taxa de desconto, é obtido o valor presente dos investimentos de cada alternativa.

A função objetivo do modelo consiste na minimização dos valores presentes dos investimentos do conjunto de alternativas.

Um programa computacional em linguagem APL (IBM) desenvolve e testa todas as alternativas tecnicamente viáveis, oferecendo as opções ótimas de cada tecnologia, para a tomada de decisão.

A B S T R A C T

The present work is an analytic-computer program about all technologies (available in the country), that use electronic devices in the telephone networks, through a tri-dimensional approach: a) Distance from the demand to the Central Office; b) Planning range; c) Demand to be met during the planned period.

A set of feasible technical alternatives is generated to each distance, according to the Central Office's characteristics.

The generation of an alternative is due to Linear Programing application, offering optimal segments of distance, with diameter reference of the wire. Each technological alternative, in turn, is economically evaluated, through investments flows necessary during the planning period.

With the application of economic engeneering technics with a discount tax, the Present Value of investments is gotten in each alternative.

The Objective function of the model is to minimize the Present Value of the investments of the alternative set.

A computer program using an APL (IBM) language develops and tests all the technically feasible alternatives, thus offering optimal options of each technology, in order to take a decision.

S U M Á R I O

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo do Trabalho	1
1.2. Finalidade do Trabalho	1
1.3. Esquema Geral do Estudo	1
1.4. Conceitos e Definições Básicos	2
1.5. Abordagem do Problema	3
1.6. Premissas e Hipóteses Adotadas	5

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA PARA ANÁLISE	8
2.1. Análise da Demanda	8
2.1.1. Cálculo da capacidade do cabo para qualquer tecnologia, exceto Ondas Portadoras	8
2.1.2. Cálculo da capacidade do cabo para ondas portadoras, uso misto	10
2.1.2.1. Equipamentos Monocanal I e II	11
2.1.2.2. Equipamento Multicanal	12
2.1.3. Cálculo da capacidade do cabo para ondas portadoras exclusivas	13
2.1.3.1. Equipamentos Monocanal I e II	13
2.1.3.2. Equipamento Multicanal	14
2.1.4. Regra de escolha do cabo padrão (mínimo) para Ondas Portadoras	15
2.1.5. Determinação do número de equipamentos	16
2.1.5.1. Equipamentos Monocanal I e II	16
2.1.5.2. Equipamento Multicanal	17

2.1.6. Determinação do tempo de esgotamento do cabo ..	19
2.2. Análise da Distância	20
2.2.1. Atendimento com cabo	23
2.2.2. Cabo Pupinizado	24
2.2.3. Cabo pupinizado com Extensores de Enlace (EE) .	25
2.2.4. Cabo pupinizado com Extensores de Enlace e Repetidores de Frequência de Voz (RFV)	26
2.2.5. Cabo não pupinizado com Repetidores de Frequência de Voz	27
2.2.6. Cabo não pupinizado com Extensores de Enlace ..	28
2.2.7. Cabo não pupinizado com Repetidores de Frequência de Voz e Extensores de Enlace	28
2.2.8. Sistemas de Ondas Portadoras	28
2.2.8.1. Equipamento Monocanal I	28
2.2.8.2. Equipamento Monocanal II	29
2.2.8.3. Equipamento Multicanal	29
2.3. Obtenção dos Calibres Ótimos do Cabo	32
2.4. Análise Econômica do Investimento	35
2.4.1. Custos Fixos (CF)	35
2.4.2. Custos Semi-Variáveis (CS)	35
2.4.3. Custos Variáveis (CV)	35
2.4.4. Custos Permanentes (CP)	36
2.4.5. Custos de Reposição (CR)	36
2.4.6. Expressão Geral do Custo (CT)	36
2.5. Seleção da Melhor Alternativa	40

CAPÍTULO III

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A OCUPAÇÃO DO CABO	41
3.1. Ocupação em Tecnologia Não Ondas Portadoras	41
3.2. Ocupação em Ondas Portadoras Uso Misto	42

3.2.1. Monocanal I e II	42
3.2.2. Multicanal	44
3.3. Ocupação em Ondas Portadoras Uso Exclusivo	46
3.3.1. Monocanal I e II	46
3.3.2. Multicanal	48
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSÃO	51
4.1. Considerações Finais	51
4.2. Sugestões e Recomendações para Futuras Pesquisas	52
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	54
ANEXO I - Tabelas de Custo	56
ANEXO II - Procedimentos Computacionais	62
ANEXO III - Manual de Utilização do Programa <u>ELETRON II</u>	66
ANEXO IV - Exemplo e Tabela de Exercícios Práticos	75
ANEXO V - Listagem do Programa <u>ELETRON II</u>	82

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Esboço do Problema
- FIGURA 2 - Visão Tri-Dimensional do Problema
- FIGURA 3 - Esquema de Pupinização
- FIGURA 4 - Distribuição dos Segmentos da Distância
- FIGURA 5 - Ocupação do Cabo para Tecnologias Não Ondas Portadoras
- FIGURA 6 - Ocupação do Cabo para Monocanal I e II Uso Misto
- FIGURA 7 - Ocupação do Cabo para Multicanal Uso Misto
- FIGURA 8 - Ocupação do Cabo para Monocanal I e II Uso Exclusivo
- FIGURA 9 - Ocupação do Cabo para Multicanal Uso Exclusivo

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Tecnologias Disponíveis
- TABELA 2 - Limites de Ocupação do Cabo
- TABELA 3 - Combinações Admissíveis de Calibre de Cabo
- TABELA 4 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Aéreo na Frequência de 800 Hz
- TABELA 5 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Subter-râneo na Frequência de 800 Hz
- TABELA 6 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Subter-râneo na Frequência de 1600Hz
- TABELA 7 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Aéreo na Frequência de 1600 Hz
- TABELA 8 - Tabela de Atenuações para Monocanal I e II na Frequên-cia de 76KHz
- TABELA 9 - Tabela de Atenuações para Multicanal na Frequência de 112 Khz

TABELA 10 - Atendimento da Demanda com Monocanal I e II em Uso Misto

TABELA 11 - Atendimento da Demanda com Multicanal em Uso Misto

TABELA 12 - Atendimento da Demanda com Monocanal I e II em Uso Exclusivo

TABELA 13 - Atendimento da Demanda com Multicanal em Uso Exclusivo

"Nada é tão difícil de fazer, tão perigoso de conduzir ou mais incerto em seus resultados, do que tomar as rédeas para estabelecer uma nova ordem de coisas, porque aqueles que inovam, tem por inimigos todos aqueles que foram bem sucedidos no antigo estado de coisas e só encontram moderado apoio nos que poderão vir a ser beneficiados com a nova situação."

Maquiavel, em "O PRÍNCIPE"

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo do Trabalho

O objetivo do trabalho é desenvolver um modelo de análise de investimentos, com aplicação da Programação Linear e técnicas de Engenharia Econômica sobre os diversos tipos de equipamentos e letrônicos homologados pela TELEBRÁS, para redes telefônicas urbanas.

1.2. Finalidade do Trabalho

O presente trabalho tem por finalidade apresentar, de forma otimizada, os parâmetros básicos necessários para subsidiar os projetos de rede telefônica urbana.

1.3. Esquema Geral do Estudo

O procedimento adotado para realização do estudo obedeceu as etapas abaixo enunciadas:

a) Pesquisa sobre os tipos de equipamentos homologados pela TELEBRÁS;

b) Pesquisa sobre restrições e/ou limites tecnológicos estabelecidos para cada tipo de equipamento no sentido de garantir os níveis de qualidade exigidos por normas nacionais e/ou internacionais;

c) Elaboração de um programa computacional, associado ao modelo final, capaz de atender o objetivo proposto.

1.4. Conceitos e Definições Básicos

Por razões de ordem prática, serão estabelecidos a seguir alguns conceitos e definições mais relevantes, relativos a telecomunicações, como subsídio ao desenvolvimento do trabalho. Uma leitura mais aprofundada sobre os diversos tipos de equipamentos, poderá ser encontrada nas Práticas TELEBRAS - Série Engenharia, bem como no Glossário de Termos Técnicos de Telecomunicações (1978), editado pela TELEBRAS.

a) TECNOLOGIA: considera-se como tecnologia a qualidade de transmitir sinais de telecomunicações, por dispositivos eletrônicos aplicados sobre cabo telefônico, de maneira isolada ou combinada através de uma distância considerada;

b) PAR DE ASSINANTE: considera-se par de assinante o conjunto de dois condutores (geralmente de cobre ou alumínio) paralelos que unem um assinante à central telefônica;

c) CALIBRE: é o diâmetro (espessura) dos fios do par de assinante;

d) CABO DE PARES: é o cabo telefônico formado por pares simétricos de condutores isolados e reunidos em grupos ou coroas e protegidos por blindagem e capa;

e) ASSINANTE FÍSICO: é o assinante atendido por facilidade física de rede externa, como por exemplo, um par de assinante;

f) ASSINANTE DERIVADO: é o assinante atendido através de um Sistema de Ondas Portadoras Monocanal, usando como suporte um par físico que está, em geral, atendendo a um assinante físico;

g) ELETRONIZAÇÃO: é o processo de acoplamento de dispositivos e/ou equipamentos eletrônicos junto a rede de assinantes, que permitam a melhoria de qualidade na transmissão telefônica.

1.5. Abordagem do Problema

A grande preocupação com os investimentos em redes externas é decorrente de sua importância no conjunto dos investimentos em telecomunicações.

Segundo dados da TELEBRAS¹, a rede externa (urbana) tem participado, em média, com trinta por cento do investimento global. Outro fato de significativa importância é a alta utilização de cobre na rede. Considerando que este metal depende sobretudo de importação, a TELEBRAS tem demonstrado, através de encontros seminários e congressos nacionais, a necessidade de pesquisas intensas que possam aumentar a eficiência das redes urbanas com menor custo de investimentos. Dentre as modalidades tecnológicas disponíveis, os equipamentos eletrônicos tem-se revelado uma boa opção para reduzir o consumo de cobre.

Entretanto, em razão da complexidade e diversidade de equipamentos que possibilitam a eletronização das redes telefônicas, tornou-se necessário desenvolver um modelo que gerasse todas as alternativas tecnicamente viáveis, a fim de permitir uma análise econômica para tomada de decisão.

O problema da eletronização deve considerar três dimensões fundamentais:

- a) Distância da demanda à Central de Comutação;
- b) Horizonte de Planejamento;
- c) Demanda a ser atendida no período planejado.

A geração de uma alternativa, portanto, implica na conside

¹ DEF-TENDÊNCIAS, Telecomunicações Brasileiras SA -TELEBRAS,p.97

ração das tres dimensões citadas.

Por sua vez, o modelo se limita a considerar projetos de implantação de rede para uma distância (d) considerada, um período de planejamento (T) e uma demanda projetada no período. A Figura 1 procura ilustrar as dimensões do problema.

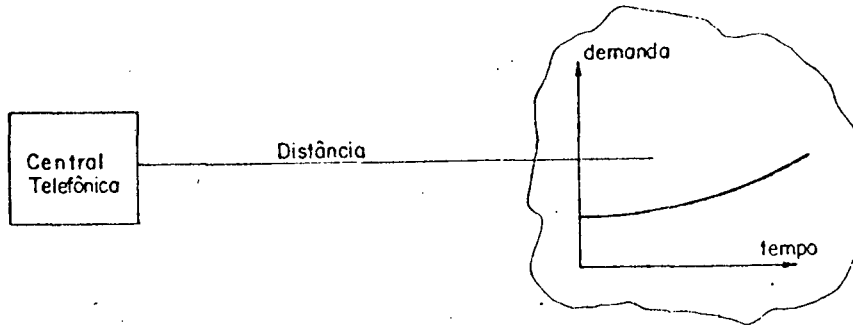


Figura 1 - Esboço do Problema

Encontradas as alternativas tecnicamente viáveis, o modelo aloca os investimentos necessários ao longo do período de planejamento. A determinação da melhor alternativa consiste em obter aquela que apresente o menor Valor Presente dos Investimentos (VPI) no período determinado.

Uma melhor visão do problema pode ser dada pela representação da Figura 2, onde cada alternativa (representada por planos) se situa no limite viável de sua distância. Assim, os planos A, B e C representam alternativas tecnicamente viáveis no sentido do eixo da distância. Enquanto o plano D representa uma alternativa inviável, pois se situa aquém do ponto d .

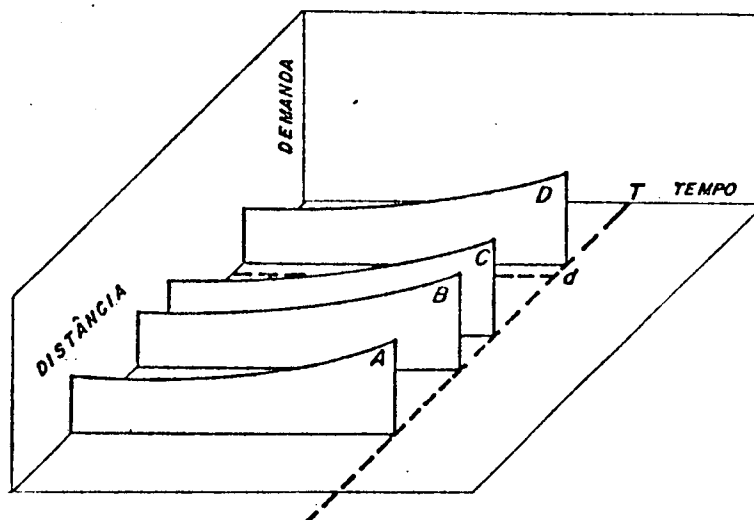


Figura 2 - Visão Tri-Dimensional do Problema

Para o atendimento operacional, considerou-se o elenco de recursos tecnológicos atualmente disponíveis no país.

O problema acima descrito já foi abordado por SEBOLD^{2, 3}, no VI Seminário de Redes Externas do STB e no XV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional ambos no Rio de Janeiro em 1982.

1.6. Premissas e Hipóteses Adotadas

Para o desenvolvimento do modelo, foram consideradas as seguintes premissas e hipóteses:

- a) Como limites técnicos relevantes de cada tecnologia i-

² SEBOLD, Sergio Um Programa de Análise Técnica e Econômica...
p. 206-232.

³ SEBOLD, Sergio Um Modelo de Decisão ... p. 767-791.

iguais aos estabelecidos para redes telefônicas⁴

b) Considera-se distância aquela referente ao assinante mais distante da central. Consideram-se irrelevantes no modelo as derivações na rede;

c) O limite máximo do Equivalente de Referência (ER) 9.5 dB (decibéis);

d) As capacidades admitidas dos cabos existentes no mercado são: 3, 6, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1800 e 2400 pares de assinantes;

e) Considera-se o ano como unidade básica para o período de planejamento;

f) Adotou-se como hipótese para a taxa de desconto, 12% a. a.;

g) Admitiu-se 10 anos como tempo de vida útil para qualquer tecnologia;

h) Os limites de ocupação da capacidade do cabo iguais aos determinados por normas técnicas⁵ da TELEBRAS;

i) Considerou-se custos dos equipamentos a preços de mercado, vigentes na mesma data;

j) Adotou-se que o crescimento da demanda ocorre a taxas acumuladas, admitindo ser conhecidas a demanda inicial e a demanda final;

l) Admitiu-se que a demanda se situa de forma concentrada, ou seja, dentro dos limites de tolerância de qualidade dos serviços telefônicos;

m) As aplicações dos equipamentos considerados no estudo, bem como os limites e ganhos tecnológicos, estão representados na Tabela 1.

⁴ ESTUDO TÉCNICO.. Eletrônica da Rede... p. 16-86.

⁵ NORMA TÉCNICA TELEBRAS.. Procedimentos de Projeto ... p. 1-15.

TECNOLOGIA	SISTEMA DOS EQUIPAMENTOS		Freq. KHz	LRE	ER	GANHO	LIMITE MÁX.	
	Central	Assinante					LRE	ER
CABO			0,8	V	V	0	0	V
CABO + RFV			0,8	V	V	-120	+4	V-120 V+4
CABO + EE			0,8	V	V	α	+0,5	3200 V-0,5
CABO + RFV + EE			0,8	V	V	α	+4	3080 V+3,5
CABO + PUP			1,6	V	V	0	0	V
CABO + PUP + EE			1,6	V	V	α	-0,5	3200 V-0,5
CABO + PUP + EE + RFV			1,6	V	V	α	+6,5	3080 V+6
CABO + MONOI			0,8	V	V	-25	-1	V-25 V-1
CABO + MONOII			76	-	43	-	0	-
CABO + MULTI (S / REP)			0,8	V	V	-25	-1	V-25 V-1
CABO + MULTI + REP			76	-	60	-	0	-
CABO + MULTI (S / REP)			112	-	40	-	0	-
CABO + MULTI + REP			112	-	140	-	35k	-

LEGENDA:

- V = Variável
- α = 3200 - LRE
- K = Nº de repetidores (K=3)
- LRE = Limite de resistência de enlace (Ω)
- ER = Equivalente de referência (dB)

Tabela 1 - Tecnologias Disponíveis

2. METODOLOGIA PARA ANÁLISE2.1. Análise da Demanda

A análise da demanda tem por finalidade estabelecer a capacidade do cabo, para o atendimento no período planejado.

Considerando que, por hipótese, a demanda se comporta a taxas acumuladas, em relação a Demanda Inicial (DMO) e a Demanda Final (DMT) no período T, a seguinte equação pode ser estabelecida:

$$DMT = DMO(1 + \lambda)^T \quad (1)$$

onde,

λ = Taxa de crescimento da demanda.

Considerando, por outro lado, que a demanda inicial (DMO) e a demanda final (DMT) são conhecidas, por transformação da equação (1) conclui-se que:

$$\lambda = (DMT/DMO)^{1/T} - 1 \quad (2)$$

A taxa λ determina o grau de crescimento da demanda no período de planejamento T.

2.1.1. Cálculo da capacidade do cabo para qualquer tecnologia, exceto Ondas Portadoras

Como para diversos padrões de cabo tem-se diferentes ra-

zões de ocupação⁶ conforme Tabela 2, somente através de um processo iterativo pode-se obter a capacidade do cabo para atendimento da demanda.

K	LIMITES		DENOMINAÇÃO COMERCIAL
	Inferior	Superior	
1	0,40	0,70	CCE - APL - ASF (AUTO SUSTENTAVEL)
2	0,40	0,70	CTP - APL (CABO AÉREO)
3	0,50	0,75	CT (SUBTERRÂNEO)
4	0,525	0,775	CT (SUBTERRÂNEO)
5	0,550	0,80	CT (SUBTERRÂNEO)
6	0,575	0,825	CT (SUBTERRÂNEO)
7	0,60	0,85	CT (SUBTERRÂNEO)

Tabela 2 - Limites de Ocupação do Cabo

Para formulação dos procedimentos computacionais, faz-se necessário estabelecer uma matriz lógica (M) de correspondência entre a classe k da Tabela 2 e a capacidade dos Cabos⁷ (CB). Logo,

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

ou seja, quando,

$$m_{i,j} = \begin{cases} 1 & ; \text{ satisfaz uma condição de Norma Técnica} \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases}$$

⁶ NORMA TÉCNICA TELEBRAS.. Procedimentos de ... p. 1-15

⁷ ESTUDO TÉCNICO.. Eletrônica da Rede... p. 16-86

Por exemplo, para $m_{3,9} = 1$ implica que os limites da classe $k = 3$ é somente aplicável para cabos de 300 pares.

Assim, para cada classe de cabo tem-se um conjunto de capacidades associadas.

Como a análise considera um período de planejamento, o limite inferior de ocupação do cabo torna-se um fator irrelevante.

Assim, o modelo somente considera o limite superior da ocupação do cabo. Para obtenção da capacidade mínima do cabo é necessário o procedimento computacional (AL1) conforme descrito no ANEXO II.

2.1.2. Cálculo da capacidade do cabo para ondas portadoras, uso misto

Seja considerado CB o conjunto de capacidade dos cabos, onde cada elemento identifica uma capacidade padrão existente no mercado. Seja também C_k o conjunto de capacidades associado a classe de cabos, onde cada conjunto k é definido em função dos limites de ocupação⁸. Logo, por definição, obtêm-se

$$CB = \bigcup C_k ; \text{ para qualquer } k \quad (4)$$

e, para qualquer k , $C_1 \neq C_2 \neq \dots \neq C_K$, a condição (5) abaixo deve-se verificar:

$$\bigcap C_k = \phi ; \text{ para qualquer } k \quad (5)$$

Em outros termos, qualquer capacidade do conjunto CB somen

⁸ NORMA TÉCNICA TELEBRAS.. Procedimentos de... p. 1-15

te poderá pertencer a uma única classe k.

2.1.2.1. Equipamentos Monocanal I e II

Os equipamentos Monocanal I e II são sistemas de Ondas Portadoras projetados para fornecer um segundo circuito de voz, sobre um par de cabo existente⁹.

A aplicação destes equipamentos representa um ganho tecnológico, em termos de demanda, de dois assinantes por par eletronicizado. Por outro lado, devem ser consideradas as seguintes regras básicas¹⁰ de planejamento:

a) O número de pares eletronicizáveis não poderá exceder de cinquenta por cento a capacidade do cabo, a fim de evitar o fenômeno de diafonia;

b) O número de pares para atendimento da demanda não pode ultrapassar o limite da classe k correspondente.

Pelas regras e condições acima, pode-se estabelecer a seguinte expressão de demanda em relação a capacidade do cabo:

$$DMT = \frac{2CI(k)'}{2} + PF(k) \cdot CI(k)' - \frac{CI(k)'}{2} \quad (6)$$

onde a primeira parcela do segundo membro satisfaz a regra a) e as demais parcelas o item b).

Por transformação algébrica obtém-se que:

⁹ SISTEMA DE PRÁTICAS TELEBRAS.. Especificações do Sistema...

p. 1-15

¹⁰ NORMA TÉCNICA TELEBRAS.. Opus cit..

$$CI^{(k)'} = \frac{DMT}{PF^{(k)} + 0,5} \quad (7)$$

onde,

$CI^{(k)'}$ = Capacidade "ideal" do cabo para atender a demanda com folga estabelecida para a classe k;

$PF^{(k)}$ = Razão de ocupação (limite superior) do cabo.

2.1.2.2. Equipamento Multicanal

Os equipamentos Multicanal são Sistemas de Ondas Portadoras projetadas para fornecer circuitos de voz a assinantes, que se encontram relativamente concentrados na área. Pode atender até oito assinantes em processo de frequência múltipla¹¹.

O cálculo para estabelecimento do cabo na utilização de equipamentos Multicanal, segue as mesmas regras básicas do item anterior. A única diferença é que um par destinado ao Multicanal, poderá ser ampliado para oito frequências múltiplas diferentes, isto é, o fator multiplicador passa a oito. Portanto, a expressão aplicada aos sistemas Multicanal, será dada por:

$$DMT = \frac{8CI^{(k)'}}{2} + PF^{(k)} \cdot CI^{(k)'} - \frac{CI^{(k)'}}{2} \quad (8)$$

a qual, por transformação algébrica, fornecerá:

$$CI^{(k)'} = \frac{DMT}{PF^{(k)} + 3,5} \quad (9)$$

¹¹SISTEMA DE PRÁTICAS TELEBRAS.. Especificação do ... p. 1-15

Observa-se que as equações (7) e (9) diferem apenas na constante. Substituindo-se estas constantes por P, obtem-se uma expressão geral para qualquer equipamento de Ondas Portadoras. Logo,

$$CI(k)' = \frac{DMT}{PF(k) + P} \quad (10)$$

Portanto, P deve assumir 0,5 para os casos Monocanal I ou II e 3,5 para os casos de Multicanal.

2.1.3. Cálculo da capacidade do cabo para ondas portadoras exclusivas

Para esta tecnologia não há utilização dos pares livres, isto é, ficarão ociosos por hipótese, além dos limites permitidos para eletrização.

2.1.3.1. Equipamento Monocanal I e II

Cada par eletrizado com este equipamento permite atender dois assinantes, sendo um como assinante físico e outro como assinante derivado¹².

A análise para esta tecnologia somente leva em consideração os assinantes derivados. Neste caso, tomando-se por base a regra a) do sub-ítem 2.1.2.1., somente a metade daquele limite será considerada, uma vez que a outra metade será tratada como assinante físico. Isto leva à seguinte expressão de demanda em relação a capacidade do cabo:

¹² ESTUDO TÉCNICO.. Eletrização da Rede... p. 16-86

$$DMT = \frac{CI^{(k)'}}{4} \quad (11)$$

ou seja, por transformação algébrica:

$$CI^{(k)'} = 4DMT \quad (12)$$

2.1.3.2. Equipamento Multicanal

A análise para este tipo de equipamento considera somente os assinantes contemplados pela multifrequência. Os pares livres também não serão considerados neste caso. Como cada par pode suportar até oito frequências múltiplas e no máximo cinquenta por cento dos pares do cabo é permitido receber equipamentos, pode-se estabelecer a seguinte expressão de demanda com relação a capacidade do cabo:

$$DMT = \frac{8CI^{(k)'}}{2} \quad (13)$$

a qual por transformação algébrica fornecerá:

$$CI^{(k)'} = \frac{DMT}{4} \quad (14)$$

A fim de se estabelecer uma expressão genérica para as equações (12) e (14), introduz-se convenientemente um fator P1 para se obter:

$$CI^{(k)'} = DMT \frac{4}{P1} \quad (15)$$

Portanto, PI deve assumir um para os casos de Monocanal e dezesseis para os casos de Multicanal.

2.1.4. Regra de escolha do cabo padrão (mínimo) para Ondas Portadoras

As capacidades dos cabos ($CI^{(k)}$) estabelecidas nos itens anteriores em relação a demanda, são expressões "numéricas ideais". Entretanto, como as capacidades oferecidas no mercado são padronizadas, é necessário convencionar uma regra de seleção que seja mínima e que atenda as condições do modelo. Para tanto, seja considerado T o período de planejamento e, por definição, o tempo mínimo de ocupação do cabo. Para cada classe k (vide Tabela 9) deve ser encontrada a taxa de ocupação correspondente. Considerando-se $PI^{(k)}$ o limite inferior de ocupação do cabo de classe k e $PF^{(k)}$ o limite superior correspondente, com base na equação (1) obter-se-á:

$$PF^{(k)} = PI^{(k)} \cdot (1 + I^{(k)})^T \quad (16)$$

a qual por transformação algébrica, fornecerá:

$$I^{(k)} = \left[\frac{PF^{(k)}}{PI^{(k)}} \right]^{1/T} \quad (17)$$

onde,

$I^{(k)}$ = Taxa de crescimento da ocupação do cabo de classe k no tempo T.

O cálculo de $CI^{(k)}$ estabelecido nas equações (10) e (15)

dos sub-ítems 2.1.2.2. e 2.1.3.2. respectivamente, nem sempre conduz a um valor igual aos padrões das capacidades (CB). Neste caso se recorre à seguinte regra de decisão:

$$CI^{(k)} = \begin{cases} CB_j & ; \text{ se } \lambda \leq I^{(k)} \\ CB_{j-1} & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (18)$$

onde j identifica o cabo padrão de capacidade superior e j-1 a capacidade inferior a $CI^{(k)}$ calculado, respectivamente.

Para qualquer situação na expressão (18), deve ser verificada ainda se a escolha do cabo padrão pertence a mesma classe k de $CI^{(k)}$. Se ocorrer o contrário, fixa-se o limite superior em função do cabo padrão escolhido.

2.1.5. Determinação do número de equipamentos

2.1.5.1. Equipamento Monocanal I e II

Para determinação do número de equipamentos Monocanal I e II a serem adotados em função da demanda (DM) num tempo qualquer, duas regras básicas devem ser atendidas:

a) A soma dos pares livres (y) com os pares a serem eletrinizados (x), deverá ser menor ou igual ao limite de ocupação do cabo de classe k;

b) A soma dos assinantes atendidos por pares livres com os assinantes atendidos por equipamentos Monocanal, deverá ser menor ou igual a demanda em análise.

Com base nestas regras e condicionando-se pelos seus limites, pode-se estabelecer o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} y + x = PF^{(k)} \cdot CIK \\ y + 2x = DM \end{cases} \quad (19)$$

onde, $CIK = CI^{(k)}$ é o cabo padrão de capacidade escolhido segundo a regra do item 2.1.4.

Aplicando-se as técnicas de resolução de sistemas de equações, obtém-se:

$$x = DM - PF^{(k)} \cdot CIK \quad (20)$$

e

$$y = DM - 2x \quad (21)$$

onde,

$x = 0$ número de pares a serem eletronicizados em equipamentos Monocanal I e II;

$y = 0$ número de pares livres.

2.1.5.2. Equipamento Multicanal

Para determinação do número de equipamentos Multicanal, segue-se as mesmas regras do Monocanal I e II, mudando-se apenas a constante para oito da segunda equação do sistema de equações(19). Portanto,

$$\begin{cases} y + x = PI^{(k)} \cdot CIK \\ y + 8x = DM \end{cases} \quad (22)$$

Por transformação algébrica obtém-se:

$$x = \frac{DM - PI^{(k)} \cdot CIK}{7} \quad (23)$$

e

$$y = DM - 8x \quad (24)$$

Observa-se que o conjunto de equações {(20),(21) e (23), (24)} diferem apenas nas constantes. Isto permite estabelecer du as expressões gerais para x e y em qualquer tipo de equipamento de Ondas Portadoras. Logo,

$$x = \frac{DM - PI^{(k)} \cdot CIK}{2P} \quad (25)$$

e

$$y = DM - (2P + 1)x \quad (26)$$

onde P (definido no ítem 2.1.2.2.) assume 0,5 para os casos de Monocanal e 3,5 para os casos de Multicanal.

Entretanto, as equações acima (25) e (26) apresentam soluções puramente matemáticas, isto é, podem assumir qualquer número do conjunto dos reais (R). Logo, isto pode levar a soluções não verdadeiras do problema (Por exemplo: $x < 0$).

Por outro lado, como a política empresarial visa aplicar o mínimo e mais tardiamente os equipamentos eletrônicos em função da demanda, ao longo do período de planejamento, deve-se em consequência estabelecer novas condições de contorno. Estas condições serão estabelecidas através do procedimento computacional (AL2) conforme descrito no ANEXO II, considerando-se neste caso $CIK = CI^{(k)}$ e $PF = PF^{(k)}$. As condições de contorno acima são aplicáveis apenas àquelas alternativas que podem ser atendidas tam bém com cabo, simultaneamente.

2.1.6. Determinação do tempo de esgotamento do cabo

Como a restrição mínima é atender a demanda no tempo T, a capacidade de atendimento de qualquer condição tecnológica será sempre maior ou igual a demanda. Em decorrência, o tempo real (T') de ocupação do cabo será também maior ou igual ao tempo T. Com a aplicação dos procedimentos computacionais (AL2) a condição $T' \geq T$ se verifica.

Para avaliação de T', utiliza-se a expressão (10) podendo-se afirmar que:

$$DMT' = CIK(PF^{(k)} + P) \quad (27)$$

onde,

DMT' = Demanda máxima que pode atender o cabo de capacidade de CIK.

Obtido DMT', pode-se obter agora o tempo de ocupação do cabo proposto, com base na expressão (1), ou seja,

$$DMT' = DMO(1 + \lambda)^{T'} \quad (28)$$

onde se conclui que:

$$T' = \frac{\text{Log}(DMT'/DMO)}{\text{Log}(1 + \lambda)} \quad (29)$$

Os valores inteiros oferecidos por T' correspondem aos anos de ocupação. Transformando-se convenientemente a parte fracionária, obtêm-se os trimestres em número inteiros.

2.2. Análise da Distância

As normas de planejamento de redes, recomendam sempre estabelecer uma combinação de calibre, de tal forma que o custo seja o mínimo possível. Se um calibre é insuficiente para atender u ma determinada distância, deve-se encontrar alternativas combi- natórias que mantenha os níveis de qualidade de serviço, com o menor custo de investimento¹³.

Para atender as premissas acima, o modelo deve efetuar a se- guinte análise:

- a) Atendimento com um único tipo de calibre de cabo;
- b) Atendimento com dois tipos de calibres de cabo.

Portanto, as combinações admissíveis para análise de cabo dos itens acima estão definidos na Tabela 3.

COMBINAÇÕES ADMISSÍVEIS				
DISTÂNCIA CALIBRES		d2		
		40 mm	50 mm	65mm
d1	40mm	SIM	SIM	SIM
	50mm	NÃO	SIM	SIM
	65mm	NÃO	NÃO	SIM

Tabela 3 - Combinações Admissíveis de Calibre de Cabo

Usando-se uma matriz de correspondência lógica, a Tabela acima de combinações pode ser expressa na seguinte forma:

¹³ESTUDO TÉCNICO.. Opus cit,

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (30)$$

onde,

$$b_{i,j} = \begin{cases} 1 & ; \text{ se } i \leq j \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (31)$$

Estas condições devem satisfazer as combinações da Tabela 3.

Por sua vez, uma alternativa (combinação) é tecnicamente viável se satisfaz a seguinte condição tecnológica:

$$b_{i,j} \{d1 \cdot A_i^{(\tau)} + d2 \cdot A_j^{(\tau)}\} \leq R^{(\tau)} \quad ; \quad b_{i,j} \neq 0 \quad (32)$$

onde,

d1 = Comprimento do primeiro segmento ;

d2 = Comprimento do segundo segmento ;

$A_i^{(\tau)}$ = Parâmetro da tecnologia τ com cabo de diâmetro i ;

$A_j^{(\tau)}$ = Parâmetro da tecnologia τ com cabo de diâmetro j ;

$R^{(\tau)}$ = Limite tecnológico de qualidade de serviços .

Da condição (32) obtém-se uma nova matriz (lógica) B'onde,

$$b'_{i,j} = \begin{cases} 1 & ; \text{ se a condição (32) satisfaz} \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (33)$$

A seguir será desenvolvida uma análise particular de cada tecnologia em relação a distância.

A matriz de combinações admissíveis é a mesma das expressões (30) e (31). Em razão dos aspectos técnicos, deverão ser fornecidos o "Limite de Resistência de Enlace" (LRE) em Ohms, conforme o tipo de central telefônica (vide NT 224-3109-01/01 da TB) e o "Equivalente de Referência" (ER) em dB's disponível na central telefônica.

Portanto, uma distância (d) é tecnicamente viável se as condições LRE e ER forem satisfeitas.

Seja considerado $A = AT800A$ (Matriz da Tabela 4), $S = AT800S$ (Matriz da Tabela 5) e, $P1$ e $P2$ o indicador, se subterrâneo ou aéreo, respectivamente, isto é:

$$P1 = \begin{cases} 1 & ; \text{ se } CIK > 200 \\ 0 & ; \text{ caso contrario} \end{cases} \quad (34)$$

e

$$P2 = \begin{cases} 1 & ; \text{ se } P1 = 0 \\ 0 & ; \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (35)$$

Desdobrando-se a expressão (32) em relação as suas restrições tecnológicas e em função ainda das expressões (34) e (35), obtém-se:

$$\{P1(d1 \cdot A_{i,1} + d2 \cdot A_{j,1}) + P2(d1 \cdot S_{i,1} + d2 \cdot S_{j,1})\} b_{i,j} \leq LRE \quad (36)$$

e

$$\{P1(d1 \cdot A_{i,2} + d2 \cdot A_{j,2}) + P2(d1 \cdot S_{i,2} + d2 \cdot S_{j,2})\} b_{i,j} \leq ER \quad (37)$$

Se o primeiro membro de (36) e/ou (37) for igual a zero, a alternativa é tecnicamente inexistente.

2.2.1. Atendimento com cabo

A análise para este tipo de tecnologia leva em consideração dois aspectos técnicos fundamentais em telecomunicações:

- a) Nível de atenuação (dB) por tipo de calibre de cabo;
- b) Nível de resistência (Ohms) por tipo de calibre de cabo.

Por outro lado, os níveis acima são desdobrados em padrões de temperaturas: 20° C e 45°C na frequência de 800 Hz. Estas duas situações correspondem ao conceito de cabo subterrâneo e aéreo respectivamente.

CABO AÉREO

AT 800A

Diametro(mm)	Ω /km	dB/km
0,40	330	1,87
0,50	212	1,50
0,65	124	1,15

Tabela 4 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Aéreo

CABO SUBTERRÂNEO

AT600S

Diametro(mm)	Ω /km	dB/km
0,40	288	1,74
0,50	184	1,43
0,65	106	1,10

Tabela 5 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Subterrâneo

2.2.2. Cabo pupinizado

O processo de pupinização consiste na inserção de bobinas de indutância especificada, em série com os condutores do par, em pontos bem definidos, com a finalidade principal de reduzir a atenuação do par em determinada faixa de frequência¹⁴.

A análise para este tipo de tecnologia (Pupinização) segue os mesmos princípios do item anterior, com modificações apenas nos níveis de atenuação e da frequência (1600Hz) conforme Tabelas 6 e 7 abaixo.

CABO SUBTERRÂNEO
AT 1.600 S

Diâmetro (mm)	Ω /km	dB/km
0,40	288	1,16
0,50	184	0,77
0,65	106	0,49

Tabela 6 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Subterrâneo na Frequência de 1600Hz

CABO AÉREO
AT 1600 A

Diâmetro(mm)	Ω /km	dB/km
0,40	330	1,27
0,50	212	0,84
0,65	124	0,54

Tabela 7 - Tabela de Atenuações e Resistências para Cabo Aéreo na Frequência de 1600 Hz

¹⁴NORMA TÉCNICA TELEBRAS... Procedimentos de Projeto... p. 1-29

O processo de pupinização na rede, implica em instalar os "potes" de pupinização ao longo da distância oferecida. Para alocação dos pots adota-se os seguintes critérios¹⁵:

- a) O primeiro deve ser instalado a 636 metros da central;
- b) Os demais em espaços de 1372 metros;
- c) Situando-se o último pote no intervalo $609 \leq x \leq 2700$, em relação a localização da demanda, este deve ser suprimido.

A figura 3 demonstra a esquematização deste procedimento.

O número de pots (PUP) ao longo da distância (d) dada em quilômetros, é obtido através do procedimento computacional (AL3) conforme ANEXO II. Portanto, a variável PUP oferece o número mínimo necessário de pots para o atendimento da pupinização ao longo do cabo.

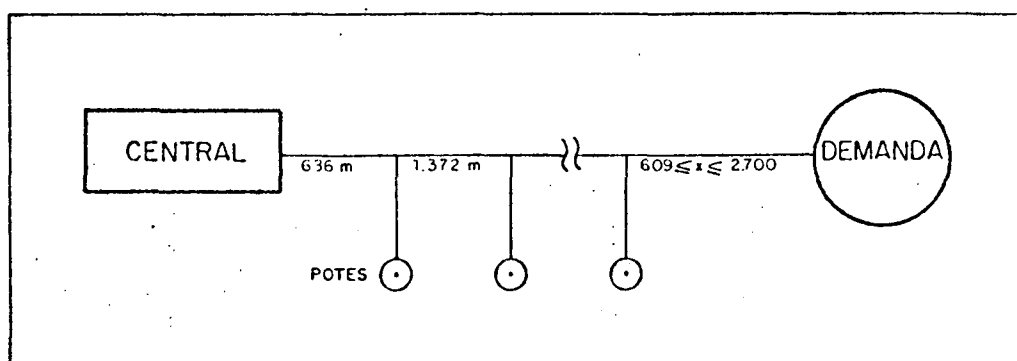


Figura 3 - Esquema de Pupinização

2.2.3. Cabo pupinizado com Extensores de Enlace (EE)

O Extensor de Enlace (EE) é um equipamento destinado a elevar o limite de supervisão de uma central telefônica a um valor acima do especificado, seja para uma linha de assinantes ou

¹⁵ESTUDO TÉCNICO.. Opus Cit,

tronco. O Extensor de Enlace sendo um equipamento do tipo ativo, aplica um reforço de tensão à linha, obtendo desta forma, a necessária corrente de transmissão para a operação do telefone, podendo ser utilizado em redes de cabos pupinizado ou não¹⁶.

A utilização de Extensores de Enlace (EE) em cabos pupinizados, resulta num ganho de LRE. Este ganho (limite) passa a ser de 3200 Ohms. Considerando $LRE' = 3200 - LRE$, a condição técnica (36) passa a assumir a seguinte forma:

$$\{P1(d1 \cdot A_{i,1} + d2 \cdot A_{j,1}) + P2(d1 \cdot S_{i,1} + d2 \cdot S_{j,1})\} b_{i,j} \leq LRE + LRE' \quad (38)$$

Por outro lado, há uma perda no nível de atenuação de $G = 0,5$ dB com o uso deste equipamento. Logo, a condição técnica (37) passa a assumir a seguinte forma:

$$\{P1(d1 \cdot A_{i,2} + d2 \cdot A_{j,2}) + P2(d1 \cdot S_{i,2} + d2 \cdot S_{j,2})\} b_{i,j} \leq ER - G \quad (39)$$

Se o primeiro membro da expressão (38) e/ou (39) for menor ou igual a zero, a alternativa é tecnicamente inexistente, passando-se a próxima alternativa.

2.2.4. Cabo pupinizado com Extensores de Enlace e Repetidores de Frequência de Voz (RFV)

O Repetidor de Frequência de Voz (RFV), é um equipamento repetidor bidirecional para circuitos a dois fios, que possui dispositivo para converter a impedância da linha em valores negativos, reduzindo portanto a sua atenuação. Em outros termos é um dispo

¹⁶NORMA TÉCNICA TELEBRAS.. Especificação Geral... p. 1-10

sitivo que permite estender o limite de atenuação de uma determinada rede, gerando um ganho na linha¹⁷.

Esta tecnologia (EE+RFV) é uma sobreposição com a anterior. As características deste equipamento, permitem um ganho $C=6,5\text{dB}$. Como o Extensor por sua vez, provoca uma perda de $0,5\text{dB}$, obtém-se um ganho líquido $G'=6\text{dB}$. Adicionando-se este ganho a condição técnica (37), a mesma passa a assumir a seguinte forma:

$$\{P1(d1 \cdot A_{i,2} + d2 \cdot A_{j,2}) + P2(d1 \cdot S_{i,2} + d2 \cdot S_{j,2})\} b_{i,j} \leq ER+G' \quad (40)$$

Entretanto, esta sobreposição do RFV provoca por sua vez, uma perda no nível de resistência da ordem de $RS=120\text{ Ohms}$. Logo, a condição técnica (38) passa a ser:

$$\{P1(d1 \cdot A_{i,1} + d2 \cdot A_{j,1}) + P2(d1 \cdot S_{i,1} + d2 \cdot S_{j,1})\} b_{i,j} \leq LRE+LRE'-RS \quad (41)$$

Se o primeiro membro das expressões (40) e/ou (41) for menor ou igual a zero, a alternativa é tecnicamente inviável, passando-se à próxima alternativa.

2.2.5. Cabo não pupinizado com Repetidores de Frequência de Voz

As expressões de atenuação e resistência (A e S) são agora baseadas nas Tabelas 4 e 5 na frequência de 800Hz . O uso desta tecnologia proporciona um ganho no ER (maior dB) o qual é reconhecido pela aplicação da condição (40) com ganho $G'=4$.

Quanto ao LRE, há uma perda de 120 Ohms , sendo aplicável a condição (41) para esta tecnologia.

¹⁷SISTEMA DE PRÁTICAS TELEBRAS.. Especificação de Repetidores...

Se o primeiro membro da expressão (40) e/ou (41) for menor ou igual a zero, como nos casos anteriores, a alternativa é inviável.

2.2.6. Cabo não pupinizado em Extensores de Enlace

A diferença desta tecnologia para a anterior está no ganho do LRE, sendo neste caso aplicável a condição (38). A outra condição a ser aplicada é a (39) com uma perda $G=0,5\text{dB}$. Considera-se também inexistente a alternativa quando o primeiro membro da condição (38) e/ou (39) for menor ou igual a zero.

2.2.7. Cabo não pupinizado com Repetidores de Frequência de Voz e Extensores de Enlace

A modificação agora está no ganho do ER em 4 dB pelo RFV, porém com uma perda de 0,5 dB em função do EE, o qual resulta num ganho líquido $G'=3,5\text{ dB}$. Neste caso as condições técnicas (40) e (41) são aplicáveis.

2.2.8. Sistemas de Ondas Portadoras

2.2.8.1. Equipamento Monocanal I

Na aplicação desta tecnologia somente se considera o Equivalente de Referência, conforme expressão (37). Por outro lado, ER assume o valor de 43 dB para uma frequência de 76 Khz. A Tabela 8 é aplicável nesta tecnologia, para o assinante derivado. Para o assinante físico, ocorre uma perda tanto no ER como no LRE, sendo no primeiro caso $G=1\text{ dB}$ e para o segundo caso $R_S=25\text{ Ohms}$. Para es

te caso (assinante físico) as condições técnicas (39) e (41) são aplicáveis.

2.2.8.2. Equipamento Monocanal II

Esta tecnologia segue os mesmos critérios do Monocanal I, aumentando apenas o limite do ER para 60 dB, com o uso da Tabela 8, para o assinante derivado.

Para o assinante físico, as perdas do Monocanal I e as condições (39) e (41) são aplicáveis para o Monocanal II.

2.2.8.3. Equipamento Multicanal

Para aplicação desta tecnologia a frequência agora exigida é de 112 Khz. A Tabela 9 é aplicável neste caso. Quanto ao limite tecnológico exigido, é agora de 140 dB. Conforme já foi definido no ítem 2.1.2.2., no Multicanal não existe a figura do assinante físico.

Ø do Condutor mm	Isolação de papel dB / Km	Isolação de Plástico dB / Km
0,40	11,2	9,2
0,50	8,2	7,2
0,65	5,8	5,0

Tabela 8 - Tabela de Atenuações para Monocanal I e II na Frequência de 76Khz

Ø do Condutor mm	Isolação de papel dB / Km	Isolação de Plástico dB/Km
0,40	12,42	10,17
0,50	8,96	7,88
0,65	6,24	5,58

Tabela 9 - Tabela de Atenuações Para Multicanal na Frequência de 112 Khz

Nas tabelas 8 e 9 estão caracterizados dois tipos de atenuações: 1) para isolamento de papel e 2) para isolamento de plástico. A definição para o uso de um ou outro tipo, está caracterizada na capacidade do cabo calculado nos itens e sub-ítems, 2.1.2 e 2.1.3., isto é, quando $CIK > 200$ pares usa-se o tipo de isolamento de papel, caso contrário o tipo para isolamento de plástico.

Para o atendimento de assinante com sistemas Multicanal é necessário efetuar, ainda, a análise do número de repetidores a serem alocados ao longo da distância oferecida.

O "repetidor" de Ondas Portadoras Multicanal é um equipamento que amplifica o sinal das portadoras em ambos os sentidos de transmissão.

Como o modelo é baseado na divisão de dois segmentos da distância, torna-se necessário uma análise particular para cada segmento, conforme ilustra a Figura 4.

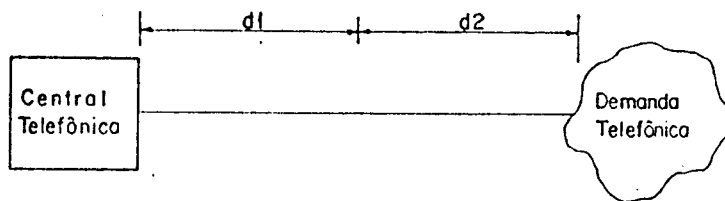


Figura 4 - Distribuição dos Segmentos da Distância

O sistema Multicanal não exigirá o uso de repetidores quando a condição abaixo (42) for satisfeita, isto é,

$$d1(A1) + d2(A2) \leq 40 \quad (42)$$

onde,

A1 = Nível de atenuação do segmento 1 ;

A2 = Nível de atenuação do segmento 2.

Quando a condição (42) não é satisfeita, o sistema necessita de repetidores. Em outros termos, quando a atenuação estiver no intervalo $40 \leq x \leq 140$, o sistema necessita de repetidores. Logo, o número de repetidores no primeiro segmento (N1) será dado por:

$$N1 = L\{d1 \cdot A1 / 35\} \quad (43)$$

onde a constante 35 é o limite de atenuação ¹⁸ permitido entre dois

¹⁸ESTUDO TÉCNICO.. Opus cit,

repetidores.

Para o segundo segmento o número necessário de repetidores (N2) será dado por:

$$N2 = L \left\{ \left[(d1 \cdot A1 - 35N1) + d2 \cdot A2 \right] \div 35 \right\} \quad (44)$$

A função L tem a finalidade de truncamento da parte fracionária.

Finalmente o número necessário de repetidores ao longo da distância (d) será, portanto, a soma de N1 e N2.

2.3. Obtenção dos Calibres Ótimos do Cabo

As distâncias d1 e d2 citadas no item 2.2. e seus sub-ítems, serão obtidos através da Programação Linear (PL)^{19,20,21} cuja função objetivo é encontrar o custo mínimo do cabo, ao longo da distância oferecida. Para tanto, considerando-se que j identifica a capacidade do cabo do conjunto (CB) e $C_{j,m}$ o custo do cabo j de calibre m, pode-se expressar a Programação Linear na seguinte forma:

$$CO(\tau)^* = \text{MIN} \sum C_{j,m} \cdot x_m \quad (45)$$

Sujeito a:

¹⁹HADLEY, G.. Linear Programming, p. 520

²⁰BREGADA, P.F. E OUTROS.. Introdução a Programação... p. 293

²¹MAO, JAMES C.. Quantitative Analysis... P. 625

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_m A_m^{(\tau)} \cdot x_m \leq ER^{(\tau)} \\ \sum_m R_m^{(\tau)} \cdot x_m \leq LRE^{(\tau)} \\ \sum_m x_m = d \\ x_m \geq 0 ; \quad m \end{array} \right. \quad (46)$$

onde,

$CO^{(\tau)*}$ = Custo mínimo de Cabos da tecnologia τ ;

$A_m^{(\tau)}$ = Nível de atenuação do cabo de calibre m da tecnologia τ ;

$R_m^{(\tau)}$ = Nível de resistência do cabo de calibre m da tecnologia τ ;

x_m = Distância (segmento) para o cabo de calibre m .

As distâncias (x_m) a serem encontradas através da PL, poderão, matematicamente, serem em número de três. Por outro lado, a distribuição dos custos em relação aos calibres dos cabos, tem demonstrado na prática, sempre resultados com no máximo duas hipóteses de distância (segmentos), fato este que satisfaz as normas técnicas TELEBRAS²². Entretanto, a ocorrência eventual de tres tipos de calibres (segmentos) acarretará a eliminação da alternativa.

A aplicação da PL para cada tecnologia τ , deverá ser precedida de uma análise particular da viabilidade mínima, através da bitola de menor atenuação ou resistência. Para tanto, esta a-

²²NORMA TÉCNICA TELEBRAS.. Procedimentos de Projeto... p.1-12

nálise é efetuada pela seguinte expressão lógica a uma determinada tecnologia, isto é, se

$$\{[(ER/A') \geq d] \wedge [(LRE/R') \geq d]\} = 1 \quad (47)$$

é aplicável a PL. Caso contrário, a tecnologia não suporta a distância (d) oferecida.

Obs.:

A' = Menor nível de atenuação;

R' = Menor nível de resistência.

As tabelas de custo de cabo (vide ANEXO I) apresentam também restrições de mercado, isto é, algumas capacidades não estão disponíveis para determinados tipos de calibres. Os cabos que atualmente não estão disponíveis no mercado são: 1200 pares de 65 mm e, 1800 e 2400 pares de 50 e 65 mm, respectivamente. Estas excessões correspondem a $j \geq 13$ no conjunto de cabos (CB). Atribuindo-se $\omega = 13$ a este parâmetro, pode-se com base na hipótese acima, expandir a expressão geral (45) e (46), para a seguinte forma:

$$CO^{(\tau)*} = \text{MIN} \{C_{j,1} \cdot x_1 + C_{j,2} \cdot x_2(j \leq \omega) + C_{j,3} \cdot x_3(j < \omega)\} \quad (48)$$

Sujeito a:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1^{(\tau)} x_1 + A_2^{(\tau)} x_2(j \leq \omega) + A_3^{(\tau)} x_3(j < \omega) \leq ER^{(\tau)} \\ R_1^{(\tau)} x_1 + R_2^{(\tau)} x_2(j \leq \omega) + R_3^{(\tau)} x_3(j < \omega) \leq LRE^{(\tau)} \\ x_1 + x_2 + x_3 = d \\ x_1, x_2 \text{ e } x_3 \geq 0 \end{array} \right. \quad (49)$$

Quando $(j \leq \omega)$ e/ou $(j < \omega)$ forem verdadeiros, a parcela da expressão é multiplicada pela unidade, caso contrário por zero.

2.4. Análise Econômica do Investimento

A análise econômica do investimento leva em consideração as dimensões da demanda em cada ano, para montagem de um fluxo de desembolso no período de planejamento. A seguir são definidos os tipos de custo considerados na análise^{2 3}.

2.4.1. Custos Fixos (CF)

Os custos fixos correspondem aos custos efetuados para cada projeto, independente da dimensão e do período de planejamento (Instrumentos de medição, etc.).

2.4.2. Custos Semi-Variáveis (CS)

Os custos semi-variáveis correspondem aos custos efetuados em instalações modulares como Bastidores, Sub-Bastidores, etc..

2.4.3. Custos Variáveis (CV)

Os custos variáveis correspondem aos custos que variam em função da demanda de cada ano, ou equipamentos alocados no período.

^{2 3} LEONE, G.G.. Custo, Um Enfoque...

2.4.4. Custos Permanentes (CP)

Considera-se custo permanente somente o custo do cabo ao longo do período de planejamento, o qual por sua vez é constante para qualquer alternativa dentro de uma determinada tecnologia.

2.4.5. Custos de Reposição (CR)

Os custos de reposição são representados por coeficientes de falhas sobre os equipamentos, estabelecidos pelo fabricante em função da quantidade em operação. Por sua vez, estes coeficientes variam para cada tecnologia. Entretanto, havendo disponibilidade de informações estatísticas de falhas, através dos custos de manutenção pela empresa operadora, estas devem ser preferidas do que aquelas oferecidas pelo fabricante.

2.4.6. Expressão Geral do Custo (CT)

Para o estabelecimento da expressão geral do custo, devem ser considerados dois tipos de custo:

- a) Custo do cabo (CP) ;
- b) Custo dos equipamentos eletrônicos - $EQ^{(\tau)}$. Logo,

$$CT = CP + EQ^{(\tau)} \quad (50)$$

onde,

$EQ^{(\tau)}$ = Custos dos equipamentos da tecnologia τ .

Quando se considerará somente a tecnologia "cabo", então,

$$CT = CP \quad (51)$$

Por sua vez, considerando os segmentos $d1$ e $d2$ como fatores de custo, o custo do cabo é a soma dos custos dos dois segmentos, multiplicados pelas correspondentes capacidades e tipos de calibre. Considerando-se $C_{j,m}$ uma matriz de custo de cabo, para uma determinada capacidade k de cabos, o custo será dado por:

$$CP = d1 \cdot C_{k,p} + d2 \cdot C_{k,q} \quad ; \quad p \leq q \quad (52)$$

onde p e q são diferentes calibres de cabo.

Como o modelo estabelece a análise do custo em cada período t , a expressão (50) combinada com a (52) assume a seguinte forma:

$$CT_{(t)}^{(\tau)} = (d1 \cdot C_{k,p} + d2 \cdot C_{k,q})(t=0) + EQ_{(t)}^{(\tau)} \quad (53)$$

Na equação (53) usou-se o recurso lógico, isto é, quando $t=0$ a expressão é multiplicada pela unidade, caso contrário será multiplicada por zero. Isto implica que, somente no tempo zero se terá custo do cabo.

Para o cálculo do custo da função equipamento $EQ^{(\tau)}$ devem ser considerados os quatros tipos de custo definidos nos sub-ítem anteriores 1,2,3 e 5. Portanto,

$$EQ^{(\tau)} = CF + CS + CR + CV \left[1 + \int (d', dm) \right] \quad (54)$$

sendo, $\int (d', dm)$ igual a quantidade de equipamentos em função de u

ma distância particular d' e a demanda (dm).

Para obter-se os custos semi-variáveis (bastidores (CS) e sub-bastidores (CS')) é necessário encontrar um coeficiente apropriado em função da quantidade de equipamentos a serem alocados por período. Estas quantidades $x_{(t)}$ são encontradas através do procedimento computacional (AL2).

Para tanto, seja considerado α o coeficiente para bastidores e β o coeficiente para sub-bastidores. Considerando-se que o aumento das instalações é decorrente da demanda de equipamentos, os coeficientes devem ser atualizados a cada período de investimento. Por outro lado, considerando-se que cada sub-bastidor abriga N equipamentos de assinantes na central e cada bastidor $20N$, pode-se formular as seguintes expressões para os coeficientes a cada período t de investimento:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{(t)} = \lceil \left[\frac{x_{(t)}}{20N_{(t)}} \right] \end{array} \right. ; t = 0 \quad (55a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{(t)} = \lceil \left[\frac{x_{(t)}}{20N_{(t)}} - \alpha_{(t-1)} \right] \end{array} \right. ; t = 1, 2, \dots, T \quad (55b)$$

e

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_{(t)} = \lceil \left[\frac{x_{(t)}}{N_{(t)}} \right] \end{array} \right. ; t = 0 \quad (56a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_{(t)} = \lceil \left[\frac{x_{(t)}}{N_{(t)}} - \beta_{(t-1)} \right] \end{array} \right. ; t = 1, 2, \dots, T \quad (56b)$$

A expressão $\lceil \cdot \rceil$ é uma função de arredondamento dos valores para o inteiro próximo maior.

Tomando-se a equação (53) e substituindo-se suas parcelas, pelas expressões seguintes em termos de dados de entrada: d' , C , DMO , γ , e N , pode-se expressar para uma determinada tecnologia τ , no tempo t e uma determinada alternativa tecnicamente viável $b_{i,j}$ na seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 CT_{(t)}^{(\tau)} = & \left\{ \left[\left(d_1 c_{kp} + d_2 c_{kq} \right) + \sum CF^{(\tau)} \right] (t=0) + \right. \\
 & \sum CS^{(\tau)} \left[\Gamma \left[\frac{DMO(1+\lambda)^t}{20N^{(\tau)}} \right] - \Gamma \left[\frac{DMO(1+\lambda)^{t-1}}{20N^{(\tau)}} \right] \right] (t \neq 0) + \left. \left[\Gamma \left[\frac{DMO(1+\lambda)^t}{20N^{(\tau)}} \right] \right] (t=0) \right\} + \\
 & \sum CS^{(\tau)} \left[\Gamma \left[\frac{DMO(1+\lambda)^t}{N^{(\tau)}} \right] - \Gamma \left[\frac{DMO(1+\lambda)^{t-1}}{N^{(\tau)}} \right] \right] (t \neq 0) + \left[\Gamma \left[\frac{DMO(1+\lambda)^t}{N^{(\tau)}} \right] \right] (t=0) + \\
 & \sum CV^{(\tau)} \left[\left[DMO(1+\lambda)^t \right] (t=0) + DMO \left[(1+\lambda)^t - (1+\lambda)^{t-1} \right] (t \neq 0) \right] + \\
 & \left(\sum_{\gamma_m} \gamma_m^{(\tau)} \cdot CV_m^{(\tau)} \right) \left[\left[DMO(1+\lambda)^t \right] (t=0) + DMO \left[(1+\lambda)^t - (1+\lambda)^{t-1} \right] (t \neq 0) \right] + \\
 & \left. \sum CV^{(\tau)} \cdot f(d, dm)^{(\tau)} \right\} b_{ij}^{(\tau)}, \\
 & p \leq q \\
 & t = 0, 1, 2, \dots, T
 \end{aligned} \tag{57}$$

onde,

$\gamma_m^{(\tau)}$ = Coeficiente de falhas para reposição de peças m da tecnologia τ ;

$CV_m^{(\tau)}$ = Custos variáveis sujeitos a aplicação dos coeficientes γ da tecnologia τ .

A taxa λ é obtida pela aplicação da fórmula (2) e o índice k é obtido através do procedimento computacional (AL1).

2.5. Seleção da Melhor Alternativa

Considera-se a melhor alternativa para cada tecnologia, entre todas as alternativas viáveis, a de menor Valor Presente dos Investimentos (VPI)^{24,25} reconhecido através de uma taxa de desconto (TMA). Obtido os desembolsos para cada ano pela expressão - (57), para uma determinada alternativa ℓ , o VPI será dado por:

$$VPI_{\ell}^{(\tau)} = \sum_{t=0}^T CT_{(\ell)}^{(\tau)} \cdot (1 + TMA)^{-t} \quad (58)$$

onde a melhor solução para uma determinada tecnologia τ será:

$$VPI^{(\tau)*} = \min_{b_{p,q}^{(\tau)}} \left[VPI^{(\tau)} \right] \quad (59)$$

sendo que, $b_{p,q}^{(\tau)}$ da melhor solução identifica a alternativa tecnicamente viável, em que p é o calibre do cabo para o primeiro segmento e q o calibre do segundo segmento da distância oferecida.

²⁴ENSSLIN, LEONARDO.. Análise de Investimentos... p. 2-47

²⁵MAO, JAMES C.. Opus Cit, p. 181-197

C A P Í T U L O I I I

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A OCUPAÇÃO DO CABO

3.1. Ocupação em Tecnologia Não Ondas Portadoras

Todas as tecnologias exceto Ondas Portadoras, conforme definido em capítulos anteriores, tem na ocupação do cabo uma relação direta com a demanda no período planejado. Assim, cada assinante (demandante) será atendido por um par físico independente da tecnologia adotada.

Usando o exemplo apresentado no ANEXO IV, a Figura 5 demonstra o comportamento da ocupação do cabo de duzentos pares, escolhido pelo modelo.

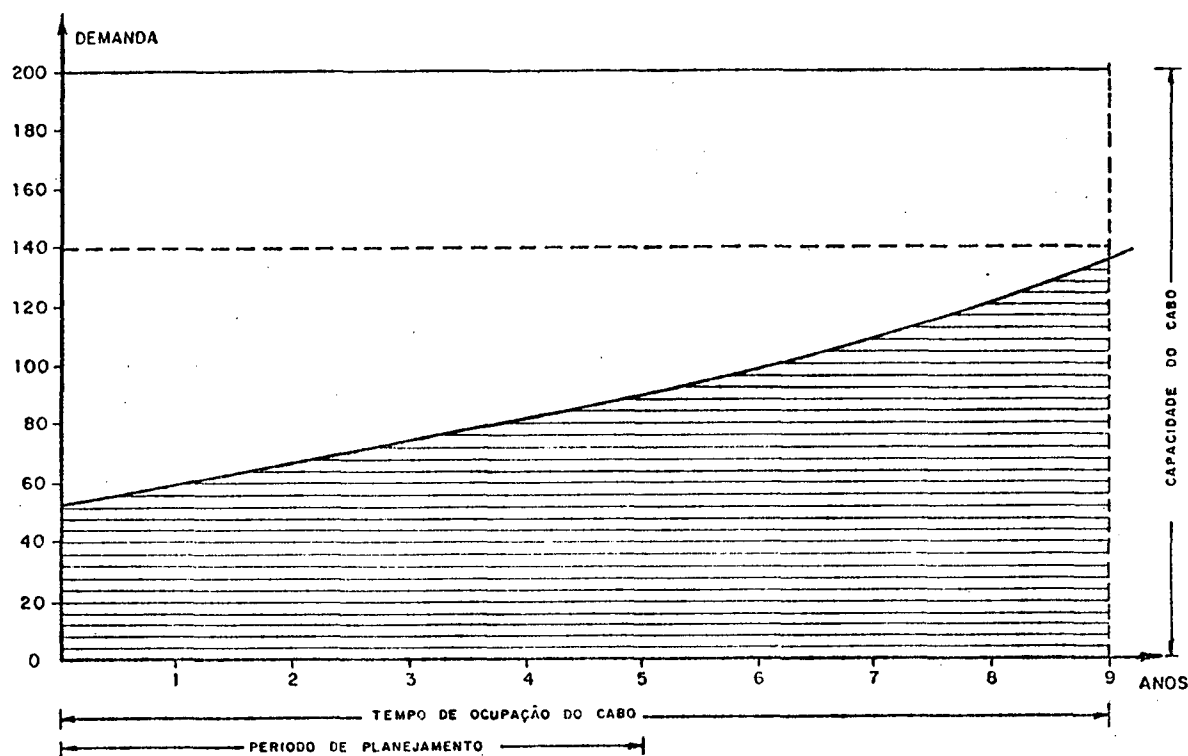


Figura 5 - Ocupação do Cabo para Tecnologias Não Ondas Portadoras

Observa-se que, embora o período de planejamento definido é de cinco anos, a ocupação do cabo somente ocorrerá aos nove anos. Este procedimento é decorrente das condições do modelo e da modularidade das capacidades do cabo.

3.2. Ocupação em Ondas Portadoras Uso Misto

3.2.1. Monocanal I e II

A utilização de equipamentos Monocanal I e II em uso misto, permite na maioria das vezes uma opção da capacidade do cabo menor do que aqueles por tecnologia não Ondas Portadoras.

Com base no exemplo do ANEXO IV, observa-se que ocorreu uma escolha da capacidade do cabo inferior ao do item 3.1 anterior ou seja, de 100 pares.

A Figura 6 demonstra que existe uma folga inicial da capacidade do cabo em relação a demanda. Ao atingir dois anos e meio a demanda esgota a capacidade (70% - vide Tabela 2) do cabo, para atendimento com pares livres. A partir deste instante inicia-se o processo de eletrônica.

ANOS EQUIPAMENTO	ANO 0		ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5		ANO 6		ANO 7	
	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A
PAR X	0	0	0	0	0	0	5	10	15	26	22	44	31	62	42	84
PAR Y	56	56	61	61	68	68	65	65	57	57	48	48	39	39	28	28
SOMA	56	56	61	61	68	68	70	75	70	83	70	92	70	101	70	112
DISP.	14	0	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Q = Quantidade.
A = Assinantes.

Tempo de Ocupação: 7 anos e 3 trimestres.
Capacidade do cabo: 100 pares.

Tabela 10 - Atendimento da Demanda com Monocanal I e II em Uso Misto

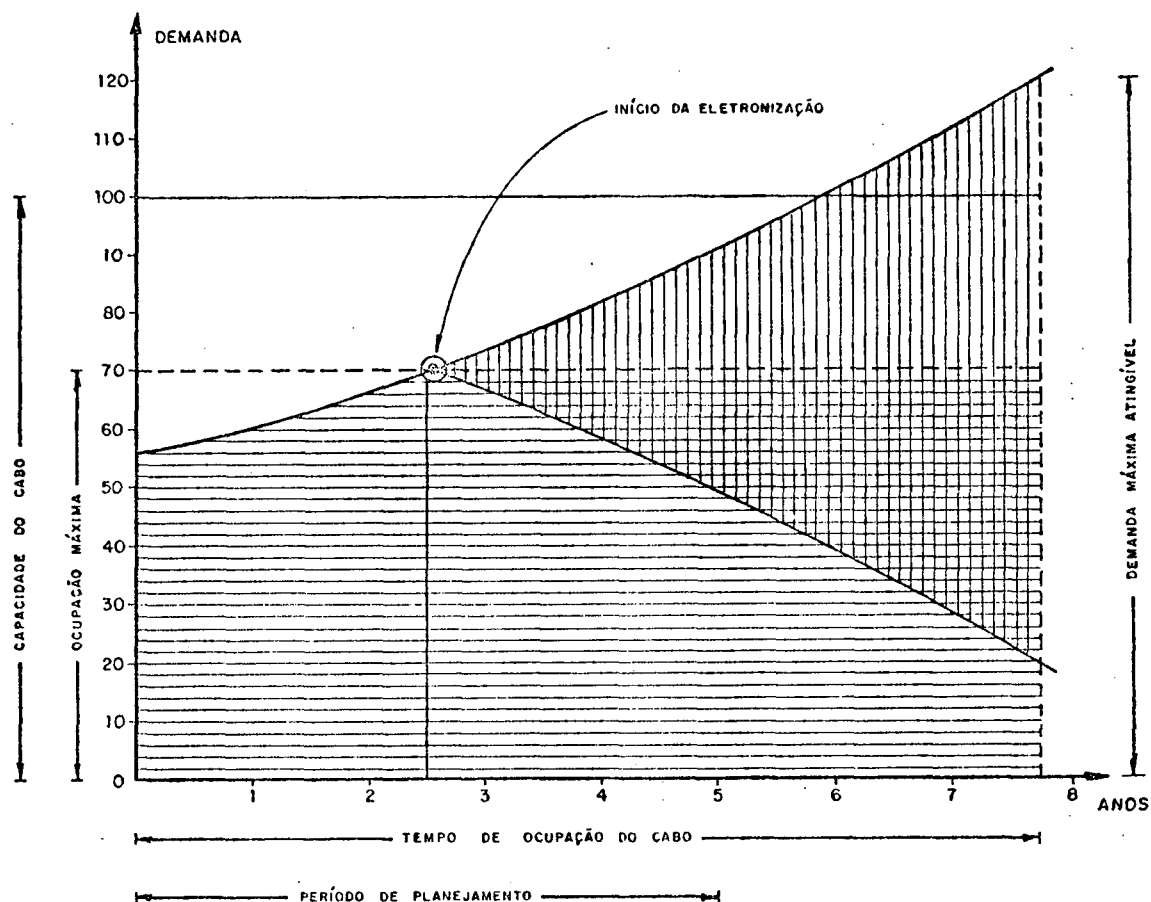


Figura 6 - Ocupação do Cabo para Monocanal I e II Uso Misto

Por sua vez, a escolha da capacidade do cabo, permite com uso deste equipamento (Monocanal), atender a demanda durante sete anos e tres trimestres.

3.2.2. Multicanal

A possibilidade de atender uma demanda com multifreqüência, sobre um único par, permite na maioria das vezes a escolha da capacidade do cabo, menor ainda que dos casos anteriores.

Com base no exemplo do ANEXO IV, a escolha recaiu num cabo de apenas trinta pares para atendimento da demanda com Multicanal.

Conforme se pode observar na Figura 7, a escolha não permitiu a existência de assinantes físicos, sem contudo violar qualquer condição do modelo. Desta forma, a eletrônica com este tipo de equipamento, já se inicia no ano zero. Observa-se também que o atendimento da demanda não é contínuo como ocorre com as tecnologias não Ondas Portadoras, isto é, um par destinado ao Multicanal atende grupos de oito assinantes. Em razão do modelo excluir submúltiplos da demanda, pode neste caso gerar uma demanda reprimida temporária.

ANOS EQUIPAMENTO	ANO 0		ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5		ANO 6		ANO 7		ANO 8	
	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A
PAR X	5	40	5	40	6	48	7	56	8	64	10	80	11	88	13	104	14	112
PAR Y	16	16	16	16	15	15	14	14	13	13	11	11	10	10	8	8	7	7
SOMA	21	56	21	56	21	63	21	70	21	77	21	91	21	98	21	112	21	119
DISP.	0	0	0	5	0	5	0	5	0	6	0	1	0	3	0	0	0	4

Q = Quantidade.
A = Assinantes.

Tempo de Ocupação: 8 anos e 3 trimestres.
Capacidade do cabo: 30 pares.

Tabela 11 - Atendimento da Demanda com Multicanal em Uso Misto

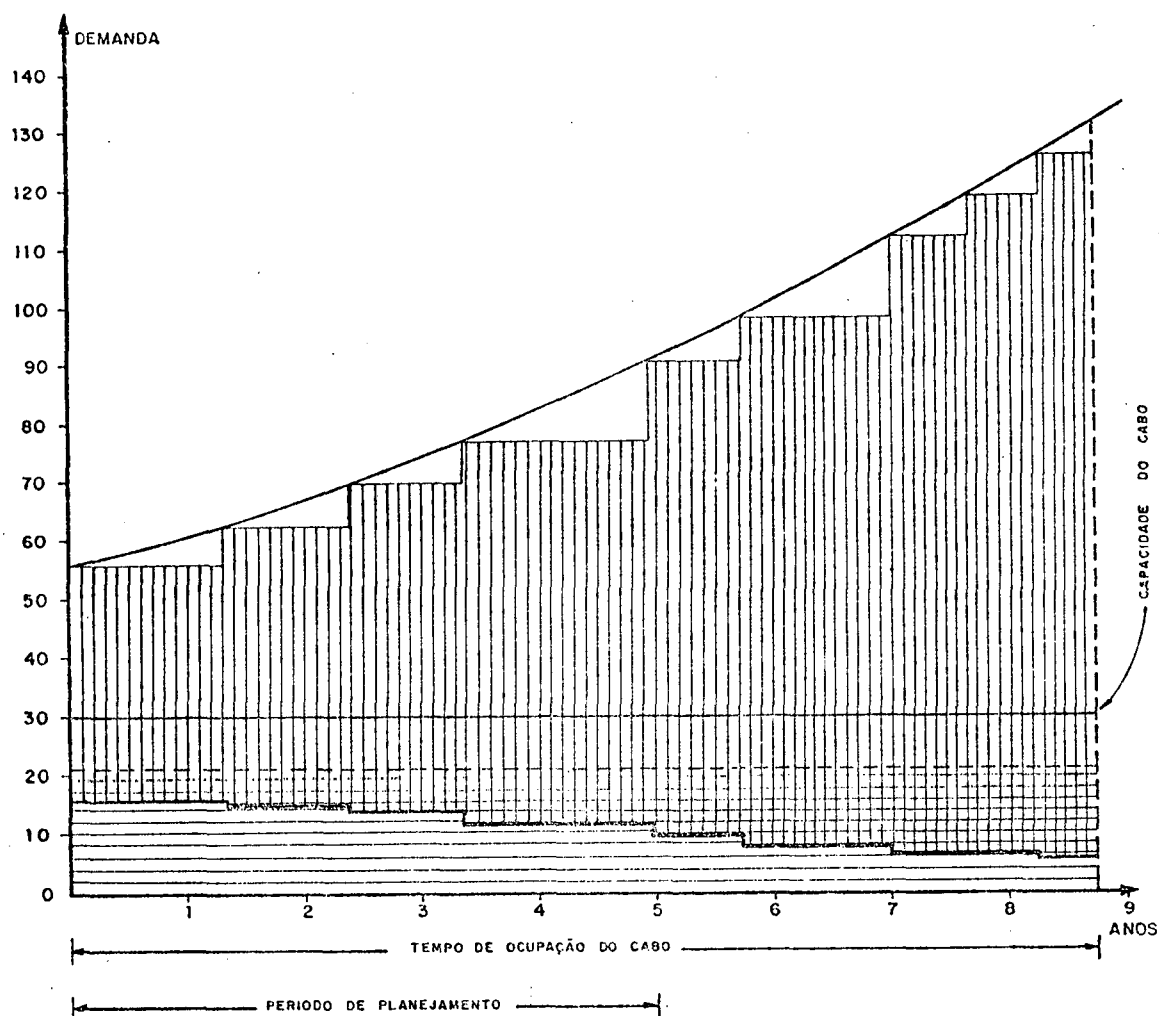


Figura 7 - Ocupação do Cabo para Multicanal Uso Misto

Finalmente é de se notar que mesmo com capacidade reduzida (30 pares), o cabo se esgotará em oito anos e tres trimestres.

3.3. Ocupação em Ondas Portadoras Uso Exclusivo

3.3.1. Monocanal I e II

O uso exclusivo já definido anteriormente, leva em consideração que a demanda somente será atendida com equipamentos de Ondas Portadoras, sendo que os pares livres serão ociosos por hipótese.

Para o caso Monocanal em estudo o processo de eletrônica se inicia no ano zero.

A escolha da capacidade de 100 pares, referente ao exemplo do ANEXO IV, é demonstrado na Figura 8 com a utilização de Monocanal.

ANOS EQUIPAMENTO	ANO 0		ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5	
	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A
PAR X	28	56	30	60	34	68	37	74	41	82	46	92
PAR Y	42	0	40	0	36	0	33	0	29	0	24	0
SOMA	70	56	70	60	70	68	70	74	70	82	70	92
DISP	30	0	30	1	30	0	30	1	30	1	30	0

Q - Quantidade

A - Assinantes

Tempo de ocupação - 5 anos e 3 trimestres.

Capacidade do cabo - 100 Pares.

Tabela 12 - Atendimento da Demanda com Monocanal I e II em Uso Exclusivo

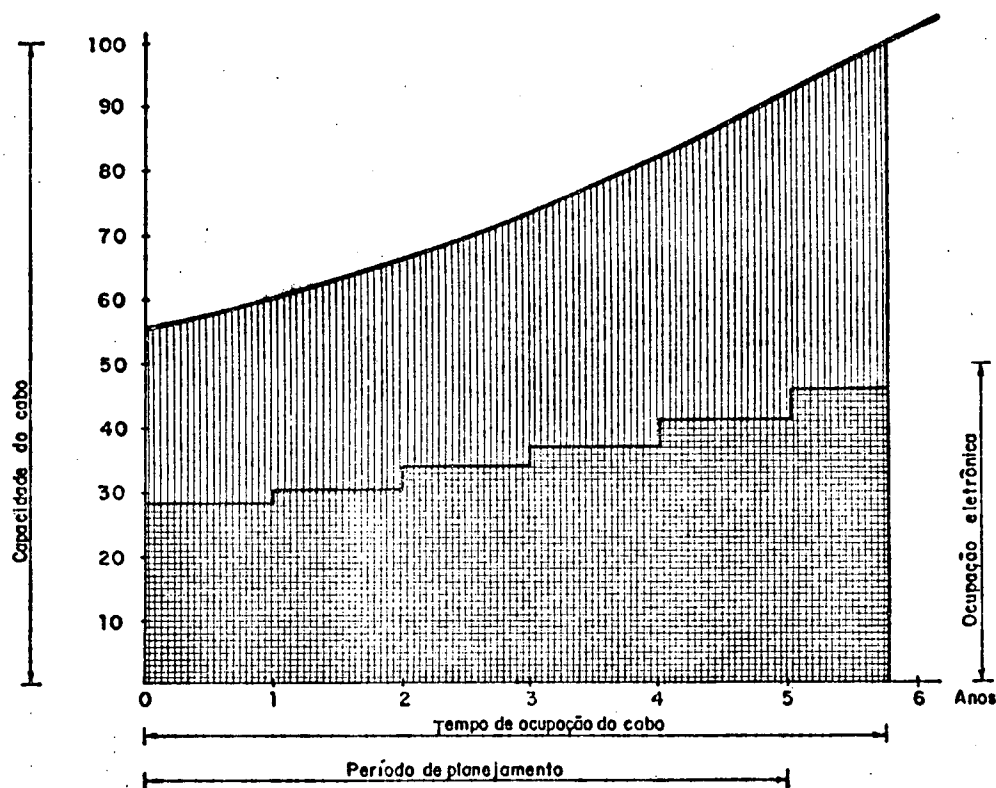


Figura 8 - Ocupação do Cabo para Monocanal I e II Uso Exclusivo

Nesta modalidade (exclusiva) o limite de ocupação do cabo, será de 50% da capacidade nominal. Por outro lado, a ocupação ocorrerá aos 5 anos e 3 trimestres, fato que não viola o período de planejamento do exemplo.

3.3.2. Multicanal

Da mesma forma que no caso anterior, a eletronização se inicia no ano zero, por imposição da condição de exclusividade.

Na Figura 9, observa-se desta tecnologia na escolha do cabo, a qual ocorreu em apenas 30 pares.

ANO EQUIPAMENTO	ANO 0		ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5		ANO 6		ANO 7	
	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A	Q	A
PAR X	7	56	7	56	8	64	9	72	10	80	11	88	12	96	14	112
PAR Y	14	0	14	0	13	0	12	0	11	0	10	0	9	0	7	0
SOMA	21	56	21	56	21	64	21	72	21	80	21	88	21	96	21	112
DISP.	9	0	9	5	9	4	9	3	9	3	9	4	9	5	9	0

Q = Quantidade

A = Assinantes

Tempo de ocupação = 7anos e 3 trimestres.

Capacidade do cabo = 30 pares.

Tabela 13 - Atendimento da Demanda com Multicanal em Uso Exclu
sivo

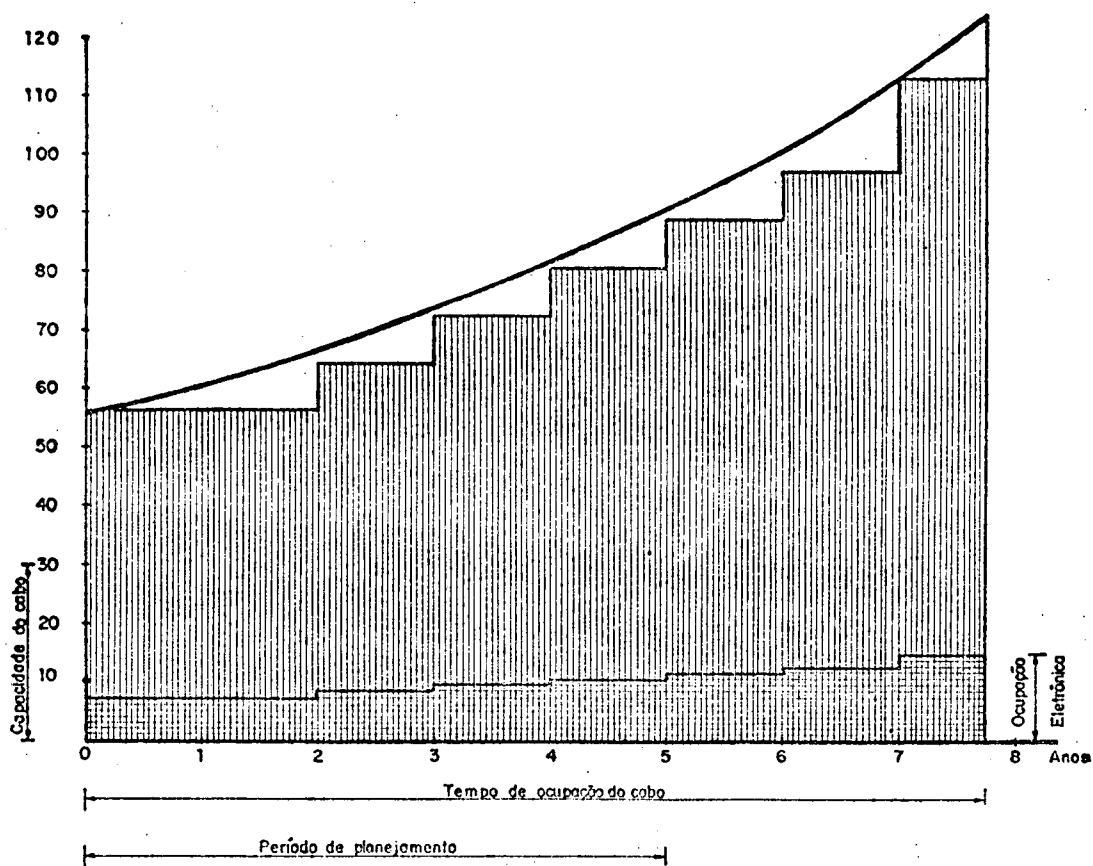


Figura 9 - Ocupação do Cabo para Multicanal Uso Exclusivo

A ocupação do cabo ocorrerá aos sete anos e tres trimestres fato este que também satisfaz o período planejado do exemplo.

Como no caso do Multicanal uso misto, observa-se o mesmo fenômeno da demanda reprimida.

C A P Í T U L O I V

4. CONCLUSÃO

4.1. Considerações Finais

O modelo desenvolvido tem a finalidade de permitir opções ótimas para cada tecnologia. Por outro lado, permite estabelecer também a melhor opção entre as tecnologias, pelo menor Valor Presente de cada uma delas.

Com o conhecimento dos resultados de todas as tecnologias, é possível buscar novas opções quando a melhor for impraticável pelo não domínio da tecnologia, por parte da operadora, ou mesmo por problemas de padronagem do equipamento.

Por sua vez, o modelo apresenta para cada tecnologia, todo o conjunto de parâmetros necessários ao desenvolvimento dos projetos de engenharia de rede. Contudo, é necessário ter em mente que qualquer decisão de projetos, deve ser acompanhado de uma análise particular de outros parâmetros, nem sempre quantificáveis, de caráter relevante.

A utilização da Programação Linear, revela-se como uma excelente ferramenta para análise da distância, oferecendo melhores soluções do que aquelas apresentadas por processos²⁶ anteriormente adotados.

A aplicação do modelo foi comprovado através de um programa computacional, desenvolvido em linguagem APL (IBM) para uso via terminal de video (vide ANEXO V). Quanto ao tempo de CPU, em

²⁶SEBOLD, SERGIO.. Um modelo de ... Opus Cit, p. 767-791

média tem ocorrido por rodada de 3 a 4 segundos (vide ANEXO III).

O modelo proposto está atualmente implantado no âmbito da Companhia Riograndense de Telecomunicações - CRT, sendo utilizado pelas áreas responsáveis por projetos de redes, acessado de diversas regiões do estado do Rio Grande do Sul, "On Line" via terminal. Os projetos correspondem normalmente a extensões de redes, tanto dentro da área básica (ATB) como fora, sendo neste caso geralmente projetos rurais. Em caráter experimental, está sendo implantado também na Telecomunicações Santa Catarina SA - TELESC.

Em razão da estrutura do programa computacional, é sempre possível acrescentar novos módulos, quando novas tecnologias tornarem disponíveis no mercado de telecomunicações.

4.2. Sugestões e Recomendações para Futuras Pesquisas

O modelo ora apresentado não esgota todo o campo de pesquisa sobre eletronização de redes telefônicas, bem como as repercussões financeiras do investimento. A análise dos custos de reposição (vide Custos de Reposição, Ítem 2.4.5.) foi baseado nas informações do fabricante do equipamento. Estas informações (índice de reposição) nem sempre refletem a realidade, principalmente quando interesses comerciais estão em jogo. Uma maneira correta e segura seria a utilização de índices obtidos pela estatística de defeitos observados nos equipamentos em operação.

Podem ocorrer soluções tecnológicas que sugerem usar cabos superior a 200 pares. Como toda a solução de cabo maior de 200 pares deve ser subterrânea, seria necessário neste caso considerar também os custos de investimentos em canalização subterrânea.

Uma situação crítica decorrente do modelo é a escolha da capacidade do cabo, isto é, ocorre sempre no limite superior do intervalo da classe. Especula-se que uma análise de sensibilidade entre a escolha do limite inferior e o limite superior, pode dar maior profundidade ao modelo proposto.

Por sua vez, observou-se durante a implantação do programa computacional no âmbito da CRT, que muitos engenheiros projetistas de redes, desejavam um modelo que abrangesse também casos de redes derivadas, ou seja, para casos de demanda não concentrada. Para atendimento desta necessidade, acredita-se que aplicações de algoritmos de redes mínimas desenvolvidas em MANDL²⁷ pode gerar um campo fértil de pesquisas para telecomunicações.

Pelos aspectos acima analisados, sugere-se que futuras pesquisas sejam concentradas dentro dos seguintes enfoques:

- a) Considerar os custos de manutenção, desde que se disponha de informações estatísticas confiáveis para todos os equipamentos. Isto permitiria uma análise pelo custo anual dos investimentos;
- b) Considerar os investimentos de canalização subterrânea, quando houver solução para cabos superiores a 200 pares;
- c) Análise de sensibilidade para escolha da capacidade do cabo entre os limites inferior e superior da classe;
- d) Ampliar o estudo para malhas mais complexas, considerando-se principalmente o caso de redes flexíveis (sessões de serviços);
- e) Ampliar as análises financeiras sobre os retornos dos investimentos.

Finalmente, considerando os mais recentes avanços tecnológicos, sugere-se a análise de fibras óticas e equipamentos digitais quando estes estiverem no mercado de telecomunicações.

²⁷MANDL, CHRISTOPH.. Applied Network Optimization

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BREGALDA, Paulo F. e outros. Introdução a Programação Linear. Rio de Janeiro, Ed. Campos Ltda, 1981.
- DEF-TENDÊNCIAS. Telecomunicações Brasileiras SA, Brasília, Ano V, nº 14, Jan/Mar/1980.
- ENSSLIN, Leonardo. Análise de Investimentos. Florianópolis, Departamento de Engenharia Industrial, UFSC, 1977
- ESTUDO TÉCNICO - (Est.0004). Eletrônica da Rede Externa. Porto Alegre, Departamento de Desenvolvimento-CRT, Jan/1982
- HADLEY, G. Linear Programming. Massachusetts, Addison Wesley Publishing Co., 1975.
- IBM-APL STATISTICAL LIBRARY. Program Description and Operations Manual. New York, 1976.
- LEONE, George G. Custos, Um Enfoque Administrativo. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1979 (2a. Ed.).
- MANDL, C. Applied Network Optimization. London, Academic Press, 1979.
- MAO, J.C.T. Quantitative Analysis of Financial Decisions. New York, MacMillan Publishing Co., 1969.
- NORMA TÉCNICA TELEBRAS - Série Redes. Especificação Geral Extensores de Enlace. Nº 224-1109-04/01, Brasília, TELEBRAS, Dez/1977.
- NORMA TÉCNICA TELEBRAS - Série Redes. Procedimento de Projeto- Rede Assinantes Transmissão. Nº 224-3109-01/01, Brasília, TELEBRAS, Out/1977.
- NORMA TÉCNICA TELEBRAS - Série Redes. Procedimento de Projeto- Critérios Básicos para Dimensionamento de Cabos de Assinantes e Canalização Subterrânea. Nº 224-3112-01/02, Brasília,

- TELEBRAS, 1978.
- NORMA TÉCNICA TELEBRAS - Série Redes. Procedimento de Projeto-Pupinização: Critérios para Cálculo de Espaçamento. N° 224-3109-02/01, Brasília, TELEBRAS, Jul/1977.
- SEBOLD, Sergio. Um Modelo de Decisão para Eletrônica de Redes Telefônicas. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, XV. Rio de Janeiro, 1982.
- _____. Um Programa de Análise Técnica e Econômica Aplicado à Eletrônica da Rede Externa. In: Seminário de Redes Externas do Sistema TB, VI. Rio de Janeiro, 1982.
- SPT-SISTEMA DE PRÁTICAS TELEBRAS - Série Engenharia. Especificação do Sistema de Ondas Portadoras Multicanal para Assinantes. N° 225-250-701 (Padrão), Brasília, TELEBRAS, Dez/1981.
- SPT-SISTEMA DE PRÁTICAS TELEBRAS, Série Engenharia. Especificação do Sistema de Ondas Portadoras Monocanal para Assinantes. N° 225-250-700 (Padrão), Brasília, TELEBRAS, Mai/1982.
- SPT-SISTEMA DE PRÁTICAS TELEBRAS - Série Engenharia. Especificação de Repetidores de Frequência de Voz de Impedância ou Resistência Negativa. N° 225-530-700, Brasília, TELEBRAS, Dez/1978.

A N E X O I

TABELAS DE CUSTO

CUSTO DO CABO

DIÂMETRO DO CABO CAPACIDADE DO CABO	0,40 mm		0,50 mm		0,65 mm	
	PP Cr \$ x (10) ³	PL Cr \$ x (10) ³	PP Cr \$ x (10) ³	PL Cr \$ x (10) ³	PP Cr \$ x (10) ³	PL Cr \$ x (10) ³
3	-	605	-	630	-	714
6	-	682	-	779	-	868
10	-	953	-	1021	-	1157
20	-	1165	-	1332	-	1611
30	-	1275	-	1614	-	2010
50	-	1709	-	2227	-	2634
100	-	2760	-	3450	-	4246
200	-	4407	-	5702	-	8493
300	7544	-	9755	-	14.157	-
400	9506	-	11.970	-	17.688	-
600	13.102	-	16.581	-	25.201	-
900	17.964	-	23.373	-	35.965	-
1.200	23.005	-	30.111	-	-	-
1.800	32.903	-	-	-	-	-
2.400	42.389	-	-	-	-	-

DENOMINAÇÃO COMPUTACIONAL : TCABO

BASE DE PREÇO : OUTUBRO/82.

PP : ISOLAÇÃO DE PAPEL

PL : ISOLAÇÃO DE PLÁSTICO

CUSTO DE REPETIDORES E EXTENSORES

ESPECIFICAÇÕES	UNIDADE	Cr \$ x (10) ³
EQUIPAMENTOS		
EXTENSOR DE ENLACE 2	X	2 9
EXTENSOR DE ENLACE 3	X	2 8
AMP. FREQ. DE VOZ (PUP)	X	3 0
AMP. FREQ. DE VOZ (PUP)	X	3 0
INFRA - ESTRUTURA		
BASTIDOR	X/200	1 7 7
SUB-BASTIDOR	X/10	7 0
PAINEL DE FUSÍVEIS	X/200	8 3
MATERIAIS DIVERSOS	X/200	1 8 1
MÃO DE OBRA		
BASTIDOR	X/200	2 0 7
SUB-BASTIDOR	X/10	8
FIXO		
PASSAGEM	—	7 4

DENOMINAÇÃO COMPUTACIONAL : TREP

BASE DE PREÇO: OUTUBRO/82.

CUSTOS DE REPOSIÇÃO

COEFICIENTE DE FALHA APLICADO SOBRE :

EE 2 — 3%

EE 3 — 3%

RFVP — 3%

RFVNP — 3%

CUSTO DOS POTES DE PURIFICAÇÃO

CAPACIDADE DO CABO	Cr \$x(10) ³
3	15
6	23
10	69
20	118
30	170
50	197
100	313
200	550
300	1722
400	942
600	1381
900	2166
1.200	2761
1.800	4372
2.400	5753

DENOMINAÇÃO COMPUTACIONAL : TPUP1

BASE DE PREÇO : OUTUBRO/82.

OBS: — OS CUSTOS ACIMA FORAM ADAPTADOS ÀS CAPACIDADES DOS CABOS PARA SATISFAZER O MODELO.

CUSTO DO MONOCANAL I e II

ESPECIFICAÇÕES	UNIDADE	MONOCANAL I Cr \$ x (10) ³	MONOCANAL II Cr \$ x (10) ³
EQUIPAMENTO			
UTC	x	39	55
UTA	x	45	79
FI	x	12	12
T	x	2	2
USI	x	10	10
INFRA-ESTRUTURA			
BASTIDOR	x/200	122	122
SUB-BASTIDOR	x/10	45	45
PAINEL DE ALARME	x/200	52	52
JOGO DE FUSÍVEIS	x/200	11	11
MATERIAIS DIVERSOS	x/200	181	181
MÃO DE OBRA			
BASTIDOR	x/200	207	207
SUB-BASTIDOR	x/10	8	8
REDE EXTERNA	x	11	11
FIXO			
INSTRUMENTOS	—	105	105
PASSAGEM	—	74	74

DENOMINAÇÃO COMPUTACIONAL : TMONO

BASE DE PREÇO : OUTUBRO/ 82 .

CUSTOS DE REPOSIÇÃO

COEFICIENTE DE FALHAS APLICADO SOBRE:

UTA + T — 8 %

UTC — 5 %

FI — 3 %

USI — 2 %

CUSTO DO MULTICANAL

ESPECIFICAÇÕES	UNIDADE	Cr \$ x (10) ³
EQUIPAMENTO		
B UTC	X	6 7 3
I/A	X	1 0 8
R	—	1 4 7
B TAC	X	1 0 7 7
A/T	X	1 0 2
UTL	X	6
INFRA-ESTRUTURA		
BASTIDOR	X/20	1 2 2
SUB-BASTIDOR-CENTRAL	X	9 6
SUB-BASTIDOR-REDE	X	1 0 8
PAINEL DE ALARME	X/20	5 2
JOGO DE FUSÍVEIS	X/20	1 1
ARM. ASS. CONCENTRADO - 1 SIST.	1X	1 6 3
ARM. ASS. CONCENTRADO - 2 SIST.	2X	2 4 5
ARM. ASS. CONCENTRADO - 3 SIST.	3X	3 3 8
ARM. ASS. CONCENTRADO - 4 SIST.	4X	3 4 3
CHL	X(%)	1 2
UDL	X(%)	3 6
ARMÁRIO DE 1/R	X/R	7
ARMÁRIO DE 4/R	4X/R	5 3
ARMÁRIO DE 12/R	12X/R	1 9 9
MAT. INSTALAÇÃO	X/20	2 0 2
MÃO DE OBRA		
BASTIDOR	X/20	2 0 7
SUB-BASTIDOR	X	8
ARMÁRIO DE 1/R	—	1 3
ARMÁRIO DE 4/R	—	1 0 7
ARMÁRIO DE 12/R	—	1 0 7
ASSINANTE	X	4 3
FIXO		
PASSAGEM	—	7 4
INSTRUMENTOS	—	6 2

DENOMINAÇÃO COMPUTACIONAL : TMULTI

BASE DE PREÇO : OUTUBRO / 82 .

CUSTOS DE REPOSIÇÃO

COEFICIENTE DE FALHA APLICADO SOBRE:

IA + AT + R + AT — 8%

UTC + TAC — 5%

UTL — 3%

CHL + UDL — 2%

A N E X O I I

PROCEDIMENTOS COMPUTACIONAIS

PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL - (AL1)

(Para obtenção da capacidade mínima do cabo)

Passo 0: Definir DMT e K ;

Passo 1: Faça $k = 1$ e $CIK = L\{DMT/ROC_{k,2}\}$;

Passo 2: Faça $j = 1$;

Passo 3: - se $\{CIK \leq CB_j\}$ desvie para o Passo 6, caso contrário
faça $j = j + 1$;

Passo 4: - se $\{j \leq \rho CB\}$ desvie para o Passo 3;

4.1 - Faça $k = k + 1$;

Passo 5: - se $\{k \leq K\}$ desvie para o Passo 2, caso contrário pare
com fracasso ;

Passo 6: - se $\{M_{k,j-1} \cup M_{k,j} = 0\}$ desvie para o Passo 4.1, caso
contrário faça $CIK = CB_j$, $k = k + 1$ e pare.

onde,

L = Função de truncamento da parte fracionária,

ρCB = Cardinalidade de CB (número de elementos contidos em
CB),

$ROC_{k,2}$ = Vetor coluna da Matriz de limites de ocupação do ca-
bo (vide Tabela 2).

Portanto, o cabo escolhido é o de menor capacidade e
que atenda a demanda final. Quando ocorrer parada com fracasso ,
implica que a demanda é superior a maior capacidade de cabo dis-
ponível no mercado.

PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL - (AL2)

(Para obtenção do número de equipamentos x a serem alocados em cada ano e o número de assinantes livres y a serem atendidos no mesmo período)

Passo 0: Definir P e DMO ;

Passo 1: Faça $t = 0$ e $X = Y = \phi$;

Passo 2: Faça $DM = L \{ DMO(1 + \lambda)^t \}$, $x = 0$ e $y = DM$;

- se $\{ DM \leq PF \cdot CIK \}$, desvie para o Passo 6 ; caso contrário faça $y = PF \cdot CIK$;

Passo 3: Faça $x = x + 1$ e $y = y - 1$;

- se $\{ x \geq CIK/2 \}$ Pare.

Passo 4: - se $\{ DM - (1 + 2P)x + y < 0 \}$ desvie para o Passo 5; caso contrário desvie para o Passo 3 ;

Passo 5: Faça $x = x - 1$ e $y = y + 1$;

Passo 6: Faça $Y = (Y, y)$, $X = (X, x)$, $t = t + 1$ e desvie para o Passo 2.

A expressão $X = (X, x)$ é " X assume o vetor X , concatenado com x ".

PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL - (AL3)

(Para estabelecimento do número mínimo de potes de pupinização ao longo da distância)

Passo 1: Faça $d' = 1000d - 636$; PUP = 0

Passo 2: - se $\{d' \leq 0\}$; pare com fracasso. Caso contrário
faça PUP = 1;

Passo 3: Faça $D = L\{d'/1372\}$ e PUP = PUP + d

A N E X O I I I

MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA ELETRONII

1. CONCEPÇÃO

O programa computacional foi todo concebido em linguagem APL (IBM), para utilização via terminal de vídeo, com base no Fluxograma nº 1. O programa opera com dois tipos de informações: a) variáveis do problema; e b) Parâmetros.

1.1. Variáveis do problema

Sendo o programa de conversação com usuário, as variáveis solicitadas serão as seguintes:

DS = Distância da central ao ponto de demanda,
 TOC = Tempo mínimo de descanso do cabo,
 T = Período de Planejamento,
 DMO = Demanda Inicial,
 DMT = Demanda final do período T,
 LRE = Limite de Resistência de Enlace, e
 ER = Equivalente de Referência.

1.2. Parâmetros:

Os parâmetros são constantes introduzidas no programa, em função do modelo desenvolvido. Eles podem ser modificados, desde que seja seguido de certas regras de programação. Os tipos de modificações possíveis são:

- Substituição de um valor por outro;
- Redução ou acréscimo de novos dados por modificação tecnológica.

A substituição de um valor por outro, se faz por simples justaposição eletrônica no terminal (Por exemplo: custo).

A redução ou acréscimo de parâmetros, exige um maior cuidado com relação a seus índices de formatação. Os parâmetros embutidos no programa (WS) são:

OS PARÂMETROS EMBUIDOS NA (WS) SÃO OS SEGUINTE:

TECNICOS:

ATEN76 = TABELA DE ATENUACAO NA FREQ. DE 76 KHZ
 ATEN112 = TABELA DE ATENUACAO NA FREQ. DE 112 KHZ
 AT800S = TABELA DE RESISTENCIAS E ATENUACAO NA
 FREQUENCIA DE 800 HZ (SUBTERRANEO)
 AT800A = TABELA DE RESISTENCIAS E ATENUACAO NA
 FREQUENCIA DE 800 HZ (AEREO)
 AT1600S = TABELA DE RESISTENCIAS E ATENUACAO NA
 FREQUENCIA DE 1600 HZ (SUBTERRANEO)
 AT1600A = TABELA DE RESISTENCIAS E ATENUACAO NA
 FREQUENCIA DE 1600 HZ (AEREO)

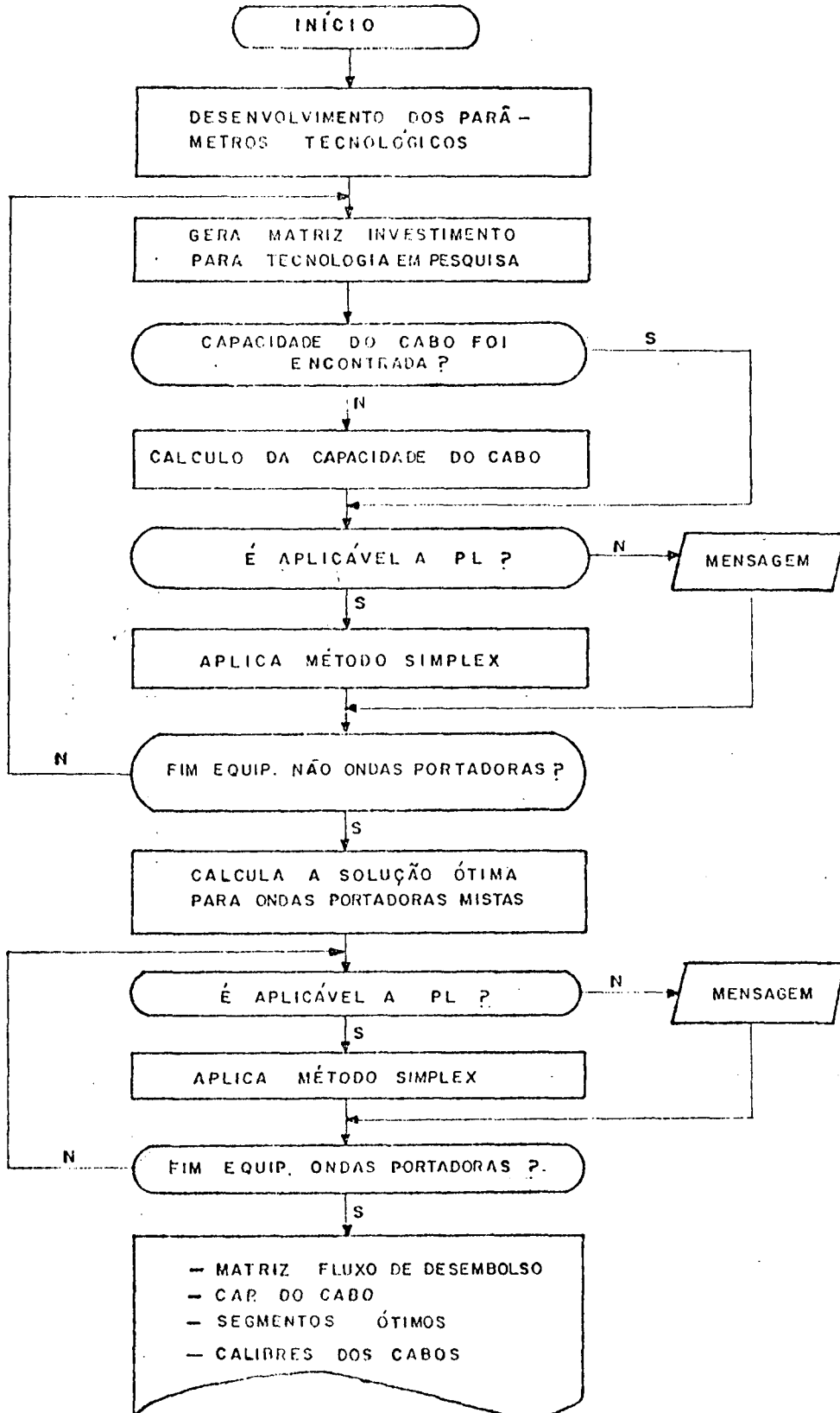
CUSTOS:

TCABO = TABELA DE CUSTOS DOS CABOS (CAPACIDADE X
 BITOLA)
 TPUPI = TABELA DE CUSTOS DOS POTES DE PUPINIZACAO
 POR CAPACIDADE DO CABO
 TREP = TABELA DE CUSTOS PARA REPETIDORES E EXTEN-
 SORES DE ENLACE
 TMONO = TABELA DE CUSTOS PARA CARRIER MONO I E II
 TMULTI = TABELA DE CUSTOS PARA CARRIER MULTI

PROGRAMACAO:

BITOLA = VETOR DAS BITOLAS DISPONIVEIS
 CAB = VETOR DAS CAPACIDADES DISPONIVEIS NO MERCADO
 ROC = MATRIZ DE OCUPACAO MINIMA E MAXIMA POR CAPA-
 CIDADE DO CABO (NORMA TB)
 MCAP = MATRIZ LOGICA DE INCIDENCIA DOS TIPOS DE
 CAPACIDADE PELAS CLASSES DE LIMITE DE OCU-
 PACAO DO CABO
 TMA = TAXA DE DESCONTO DE MINIMA ATRATIVIDADE
 (ADOTADO 12%)

FLUXOGRAMA ELETRON II



1.3. Tecnologias Analisadas pelo Programa

As alternativas tecnológicas analisadas no programa são:

- * SOMENTE CABO
- * CABO + REPETIDORES DE FREQUÊNCIA DE VOZ (RFV)
- * CABO + EXTENSORES DE ENLACE (EE)
- * CABO + RFV + EE
- * CABO + PUPINIZAÇÃO (PUP)
- * CABO + PUP + EE
- * CABO + PUP + RFV
- * CABO + PUP + EE + RFV
- * CABO + MONOCANAL I -(USO MISTO)
- * CABO + MONOCANAL II -(USO MISTO)
- * CABO + MULTICANAL -(USO MISTO)
- * CABO + MONOCANAL I -(USO EXCLUSIVO)
- * CABO + MONOCANAL II -(USO EXCLUSIVO)
- * CABO + MULTICANAL -(USO EXCLUSIVO)

2. OPERACIONALIZAÇÃO DO PROGRAMA

2.1. Comandos de Entrada de Dados

Para a operação do programa, o usuário deverá ter conhecimentos de alguns comandos de APL via terminal. Após estes procedimentos iniciais, a palavra "chave" para chamada do programa é:

ELETRONII (Sublinhado na tela)

Inicializado a entrada (ELETRONII), o programa perguntará ao usuário se deseja conhecer comentários sobre o modelo. Se favorável, o programa apresentará uma série de telas (display) com informações e comentários sobre o modelo, para orientação do usuário. Caso contrário, solicita diretamente os dados de entrada.

Os dados de entrada serão solicitados conforme exemplo abaixo, como ilustração:

Entre com a DISTANCIA em Km (com erro maximo de decimos):

0:

6.4

Entre com o TEMPO DE DESCANSO do cabo (numero de anos inteiro):

0:

2

Entre com o PERIODO DE PLANEJAMENTO anos(T) desejado (deve ser superior ao tempo de descanso anteriormente fornecido):

0:

5

Entre com a DEMANDA INICIAL:

0:

56

Entre com a DEMANDA FINAL(no ano T).Deve ser superior a Demanda Inicial:

0:

92

Entre com LIMITE DE RESISTENCIA DE ENLACE (LRE em Ohms):

0:

1500

Entre com o EQUIVALENTE DE REFERENCIA (ER-disponibilidades em dB,5 local):

0:

8

2.2. Resultados (Saida)

Como o modelo tem finalidade analítica abrangente, é informado na tela, os resultados de cada tecnologia com as devidas identificações. Permite portanto, uma ampla análise dos resultados do problema em estudo. No final é dado um resumo da melhor solução de cada tecnologia. No exemplo dado, a solução final é a seguinte:

INVESTIMENTO ANUAL POR TECNOLOGIA - SENDO A ULTIMA COLUNA VPINU
(CR\$ 1000)

1 - SOMENTE CABO	49250	0	0	0	0	0	49250
2 - CABO+REY	39176	232	245	293	324	354	40192
3 - CABO+EE	56062	222	229	279	308	336	57027
4 - CABO+REY+EE	34880	375	552	493	631	690	36796
5 - CABO+PUP	37133	0	0	0	0	0	37133
6 - CABO+PUP+EE	35125	222	229	279	308	336	36089
7 - CABO+PUP+REY	41376	232	245	293	324	354	42392
8 - CABO+PUP+EE+REY	35448	375	552	493	631	690	37364
9 - CABO+MONOII-MIS	49250	0	0	1356	934	1044	50808
10 - CABO+MONOII-MIS	49250	0	0	1605	1333	1493	51239
11 - CABO+MULTII-MIS	61993	0	2465	2465	2465	4848	67278
12 - CABO+MONOII-EXC	27328	221	494	331	494	551	28467
13 - CABO+MONOII-EXC	23279	320	694	480	694	800	24900
14 - CABO+MULTII-EXC	25680	0	2465	2465	2465	2465	30965

DE [ENTER] PARA PROSSEGUIR

=====
| *** SOLUCAO OTIMA DE CADA TECNOLOGIA *** |
|=====
|
TECNOLOGIAS	ICAP	IPU	DISTANCIAS	BITOLAS	OCUP.	VALOR		
	IDO	IOU			CABO	IPRES		
	ICAB	IREPI	D1	D2	D1	D2	ANO/TR	INV(*)
=====								
1 - SOMENTE CABO | 200 | 0 | 1.83 | 4.57 | 0.5 | 0.65 | 9 0 | 49250
2 - CABO+REY | 200 | 0 | 0.2 | 6.2 | 0.4 | 0.5 | 9 0 | 40192
3 - CABO+EE | 200 | 0 | 0.4 | 6 | 0.5 | 0.65 | 9 0 | 57027
4 - CABO+REY+EE | 200 | 0 | 5.14 | 1.26 | 0.4 | 0.5 | 9 0 | 36796
5 - CABO+PUP | 200 | 4 | 1.21 | 5.19 | 0.4 | 0.5 | 9 0 | 37133
6 - CABO+PUP+EE | 200 | 4 | 4.94 | 1.46 | 0.4 | 0.5 | 9 0 | 36089
7 - CABO+PUP+REY | 200 | 4 | 0.2 | 6.2 | 0.4 | 0.5 | 9 0 | 42392
8 - CABO+PUP+EE+REY | 200 | 4 | 6.4 | 0 | 0.4 | 0 | 9 0 | 37364
9 - CABO+MONOII-MIS | 100 | 0 | 1.83 | 4.57 | 0.5 | 0.65 | 7 3 | 50808
10 - CABO+MONOII-MIS | 100 | 0 | 1.83 | 4.57 | 0.5 | 0.65 | 7 3 | 51239
11 - CABO+MULTII-MIS | 30 | 0 | 1.83 | 4.57 | 0.5 | 0.65 | 8 3 | 67278
12 - CABO+MONOII-EXC | 100 | 0 | 5 | 1.4 | 0.5 | 0.65 | 5 3 | 28467
13 - CABO+MONOII-EXC | 100 | 0 | 6.4 | 0 | 0.4 | 0 | 5 3 | 24900
14 - CABO+MULTII-EXC | 30 | 0 | 6.4 | 0 | 0.4 | 0 | 7 3 | 30965
(*) CR\$ 1000 ; AS SOLUCOES 0(ZERO) SAO INVIAVEIS

A N E X O I V

EXEMPLO E TABELA DE EXERCÍCIOS PRÁTICOS

Entre com a DISTANCIA em Km (com erro maximo de decimos):

Q:

6.2

Entre com o TEMPO DE DESCANSO do cabo (numero de anos inteiro):

Q:

1

Entre com o PERIODO DE PLANEJAMENTO anos(T) desejado (deve ser superior ao tempo de descanso anteriormente fornecido):

Q:

5

Entre com a DEMANDA INICIAL:

Q:

58

Entre com a DEMANDA FINAL(no ano T).Deve ser superior a Demanda Inicial:

Q:

93

Entre com LIMITE DE RESISTENCIA DE ENLACE (LRE em Ohms):

Q:

1500

Entre com o EQUIVALENTE DE REFERENCIA (ER-disponibilidades em dB,s local):

Q:

8

*** SOLUCAO OTIMA PARA SOMENTE CABO ***

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares

PRIMEIRO SEGMENTO: 2.49 Km ; COM BITOLA: 0.5mm

SEGUNDO SEGMENTO: 3.71 Km ; COM BITOLA: 0.65mm

CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 45709500

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+REV ***

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares

PRIMEIRO SEGMENTO: 0.56 Km ; COM BITOLA: 0.4mm

SEGUNDO SEGMENTO: 5.64 Km ; COM BITOLA: 0.5mm

CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 34633400

EQUIPAMENTOS NECESSARIOS AO LONGO DO PERIODO

58 5 7 6 8 9

CUSTOS DO INVEST. AO LONGO DO PERIODO

2996822 231623 244152 262142 323180 353699

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+EE

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 1.06 Km ; COM BITOLA: 0.5mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 5.14 Km ; COM BITOLA: 0.65mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 49699200
 EQUIPAMENTOS NECESSARIOS AO LONGO DO PERIODO
 58 5 7 6 8 9
 CUSTOS DO INVEST. AO LONGO DO PERIODO
 2879707 221698 228272 250232 307300 335834

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+REV+EE

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 5.95 Km ; COM BITOLA: 0.4mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 0.25 Km ; COM BITOLA: 0.5mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 27653350
 EQUIPAMENTOS NECESSARIOS AO LONGO DO PERIODO
 58 5 7 6 8 9
 CUSTOS DO INVEST. AO LONGO DO PERIODO
 5154496 374293 551452 512374 551452 689533

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+PUP

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 1.57 Km ; COM BITOLA: 0.4mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 4.63 Km ; COM BITOLA: 0.5mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 33325450
 POTES DE PUPINIZACAO AO LONGO DO CABO: 4
 CUSTO DOS POTES.....: 2199836

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+PUP+EE

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 5.33 Km ; COM BITOLA: 0.4mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 0.87 Km ; COM BITOLA: 0.5mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 28456250
 POTES DE PUPINIZACAO AO LONGO DO CABO: 4
 CUSTO DOS POTES.....: 2199836
 EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO
 58 5 7 6 8 9
 CUSTO DOS EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO
 2879707 221698 228272 250232 307300 335834

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+PUP+REV

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 0.56 Km ; COM BITOLA: 0.4mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 5.64 Km ; COM BITOLA: 0.5mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 34633400
 POTES DE PUPINIZACAO AO LONGO DO CABO: 4
 CUSTO DOS POTES.....: 2199836
 EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO
 58 5 7 6 8 9
 CUSTO DOS EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO
 2996822 231623 244152 262142 323180 353699

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+PUP+EE+REV ***

CAPACIDADE DO CABO: 200 Pares
 TODA A EXTENSAO (6.2Km) APLICAR BITOLA 0.4mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO):Cr\$ 27329600
 POTES DE PUPINIZACAO AO LONGO DO CABO: 4
 CUSTO DOS POTES.....: 2199836
 EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO
 58 5 7 6 8 9
 CUSTO DOS EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO
 5154496 374293 551452 512374 551452 689533

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+MONOI-MIS ***

CAPACIDADE DO CABO: 100 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 2.49 Km, COM BITOLA: 0.5 mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 3.71 Km, COM BITOLA: 0.65 mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO) DO CABO:Cr\$ 45709500

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+MONOII-MIS ***

CAPACIDADE DO CABO: 100 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 2.49 Km, COM BITOLA: 0.5 mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 3.71 Km, COM BITOLA: 0.65 mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO) DO CABO:Cr\$ 45709500

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+MULTI-MIS ***

CAPACIDADE DO CABO: 30 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 2.49 Km, COM BITOLA: 0.5 mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 3.71 Km, COM BITOLA: 0.65 mm
 CUSTO TOTAL(MINIMO) DO CABO:Cr\$ 45709500

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+MONOI-EXC ***

CAPACIDADE DO CABO: 100 Pares
 PRIMEIRO SEGMENTO: 5.45 Km, COM BITOLA: 0.5 mm
 SEGUNDO SEGMENTO: 0.75 Km, COM BITOLA: 0.65 mm
 CUSTO TOTAL (minimo) CR\$ 21992450

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+MONOII-EXC ***

CAPACIDADE DO CABO: 100 Pares
 TODA A EXTENSAO (6.2Km) APLICAR BITOLA: 0.4 mm
 CUSTO TOTAL (minimo) : CR\$ 17118200

*** SOLUCAO OTIMA PARA CABO+MULTI-EXC ***

CAPACIDADE DO CABO: 30 Pares
 TODA A EXTENSAO (6.2Km) APLICAR BITOLA: 0.4 mm
 CUSTO TOTAL (minimo) : CR\$ 7905000

DE [ENTER] PARA PROSSEGUIR

ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO
ONDAS PORTADORAS + PARES LIVRES [MIX] : MONO I E II

0	0	0	0	0	0	6	12	14	28	23	46	32	64	42	84
58	58	63	63	70	70	64	64	56	56	47	47	38	38	28	28
58	58	63	63	70	70	70	76	70	84	70	93	70	102	70	112
12	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO
ONDAS PORTADORES + PARES LIVRES [MIX] : MULTICANAL

5	40	6	48	7	56	7	56	9	72	10	80	11	88	13	104	14	112
16	16	15	15	14	14	14	14	12	12	11	11	10	10	8	8	7	7
21	56	21	63	21	70	21	70	21	84	21	91	21	98	21	112	21	119
0	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0	4	0	0	0	4

ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO
EXCLUSIVAMENTE ONDAS PORTADORAS [EXC] : MONO I E II

29	58	31	62	35	70	38	76	42	84	46	92	50	100				
41	0	39	0	35	0	32	0	28	0	24	0	20	0				
70	58	70	62	70	70	70	76	70	84	70	92	70	100				
30	0	30	1	30	0	30	0	30	0	30	1	30	2				

ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO
EXCLUSIVAMENTE ONDAS PORTADORAS [EXC] : MULTICANAL

7	56	7	56	8	64	9	72	10	80	11	88	12	96	14	112	15	120
14	0	14	0	13	0	12	0	11	0	10	0	9	0	7	0	6	0
21	56	21	56	21	64	21	72	21	80	21	88	21	96	21	112	21	120
9	2	9	7	9	6	9	4	9	4	9	5	9	6	9	0	9	3

DE CENTER] PARA PROSSEGUIR

INVESTIMENTO ANUAL POR TECNOLOGIA - SENDO A ULTIMA COLUNA UPINU
(CR\$ 1000)

1 - SOMENTE CABO	45710	0	0	0	0	0	45710
2 - CABO+REV	37631	232	245	263	324	354	38625
3 - CABO+EE	52579	222	229	251	308	336	53523
4 - CABO+REV+EE	32808	375	552	513	552	690	34689
5 - CABO+PUP	35526	0	0	0	0	0	35526
6 - CABO+PUP+EE	33536	222	229	251	308	336	34480
7 - CABO+PUP+REV	39831	232	245	263	324	354	40825
8 - CABO+PUP+EE+REV	34684	375	552	513	552	690	36565
9 - CABO+MONOII-MIS	45710	0	0	1466	934	1044	47347
10 - CABO+MONOII-MIS	45710	0	0	1765	1333	1493	47813
11 - CABO+MULTII-MIS	58453	2465	2465	0	4848	2465	65699
12 - CABO+MONOII-EXC	26231	274	441	331	494	441	27375
13 - CABO+MONOII-EXC	22887	374	640	480	694	640	24512
14 - CABO+MULTII-EXC	25425	0	2465	2465	2465	2465	30710

DE CENTER] PARA PROSSEGUIR

=====
| *** SOLUCAO OTIMA DE CADA TECNOLOGIA ***
|=====
| ICAPIUPI DISTANCIAS | BITOLAS | OCUP. | VALOR
| TECNOLOGIAS | DO IOU |-----|-----| CABO | PRES
| | ICABIREPI | D1 | D2 | | D1 | D2 | (ANO/TR | INU(*)
|=====
1 - SOMENTE CABO 200 0 2.49 3.71 0.5 0.65 9 1 45710
2 - CABO+REV 200 0 0.56 5.64 0.4 0.5 9 1 38625
3 - CABO+EE 200 0 1.06 5.14 0.5 0.65 9 1 53523
4 - CABO+REV+EE 200 0 5.95 0.25 0.4 0.5 9 1 34689
5 - CABO+PUP 200 4 1.57 4.63 0.4 0.5 9 1 35526
6 - CABO+PUP+EE 200 4 5.33 0.87 0.4 0.5 9 1 34480
7 - CABO+PUP+REV 200 4 0.56 5.64 0.4 0.5 9 1 40825
8 - CABO+PUP+EE+REV 200 4 6.2 0 0.4 0 9 1 36565
9 - CABO+MONOII-MIS 100 0 2.49 3.71 0.5 0.65 7 3 47347
10 - CABO+MONOII-MIS 100 0 2.49 3.71 0.5 0.65 7 3 47813
11 - CABO+MULTII-MIS 30 0 2.49 3.71 0.5 0.65 8 3 65699
12 - CABO+MONOII-EXC 100 0 5.45 0.75 0.5 0.65 5 3 27375
13 - CABO+MONOII-EXC 100 0 6.2 0 0.4 0 5 3 24512
14 - CABO+MULTII-EXC 30 0 6.2 0 0.4 0 7 3 30710
(*) CR\$ 1000 ; AS SOLUCOES 0(ZERO) SAO INVIAVEIS

4291

VM READ

TABELA DE EXERCÍCIOS PRÁTICOS

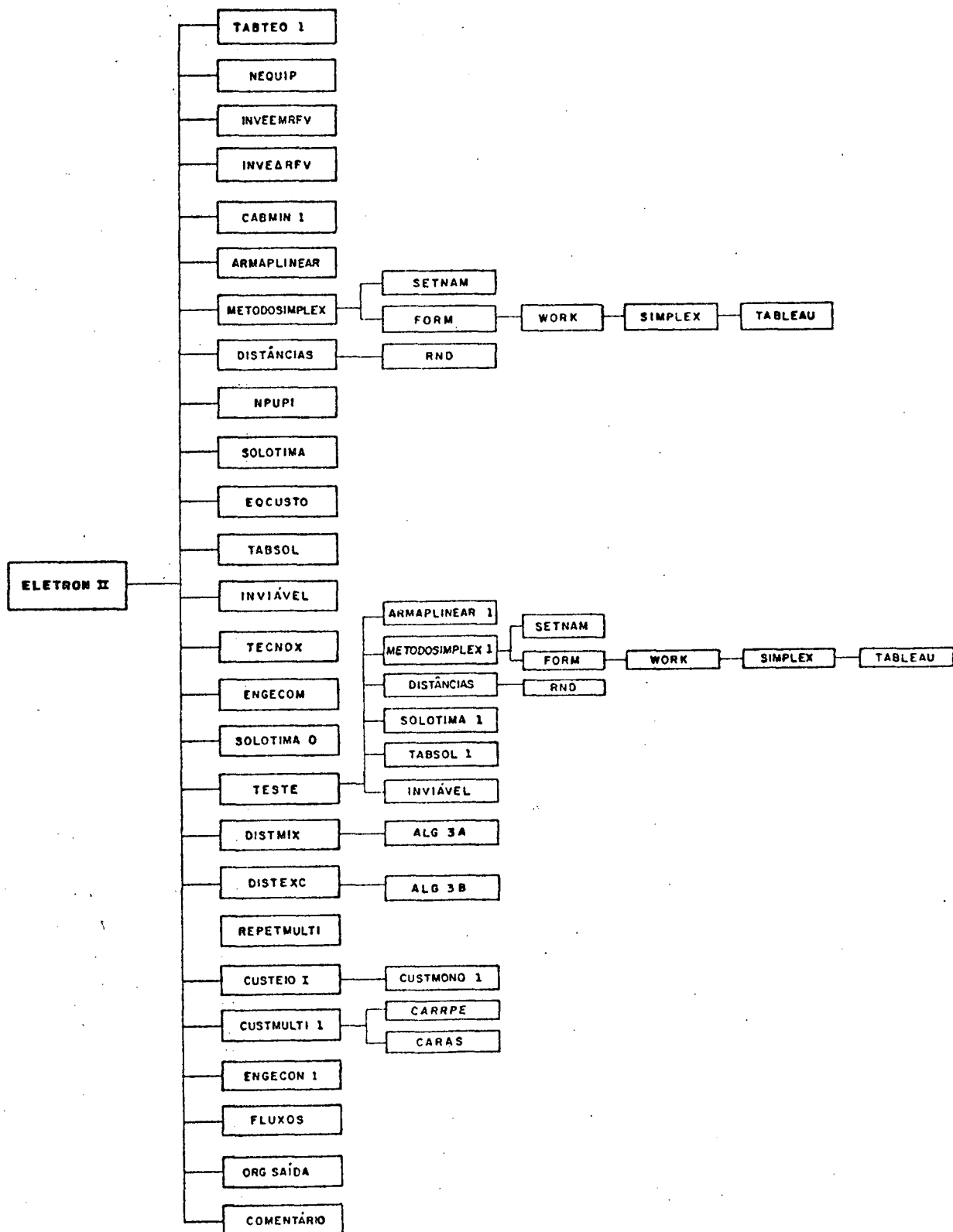
DADOS DE ENTRADA							EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	REPV PUP	ELEMENTO		CALIBRE		TEMPO		VPI	CPU MILLI- SEGUNDOS
D	TOC	T	DMO	DMT	LRE	ER				d1	d2	d1	d2	A	TR.		
3	2	4	56	120	1500	8	Cabo	200	-	3	-	0,1	-	4	3	15,220	3,11
3,7	2	4	23	50	1500	7	Mono I - Exc	50	-	3,7	-	0,1	-	4	0	9,170	3,22
4	2	5	34	45	1500	8	Mono I - Exc	50	-	4	-	0,1	-	6	3	9,970	1,50
4,2	2	4	35	150	1500	7	Mono I - Exc	200	-	4,2	-	0,1	-	5	0	24,470	3,95
4,5	2	4	45	90	1500	8	Mono I - Exc	100	-	4,5	-	0,1	-	4	3	17,189	3,57
4,8	2	5	2	30	1500	7	Mono I - Exc	50	-	4,23	0,58	0,4	0,5	5	0	7,775	3,02
5	2	4	68	130	1500	7	Cabo + Pup.	200	3	3,75	1,27	0,1	0,5	4	1	25,355	1,05
5,2	2	5	70	150	1500	7	Mono II - Exc	200	-	5,2	-	0,1	-	6	3	33,262	1,51
5,4	2	4	24	48	1500	8	Mono II - Exc	50	-	5,4	-	0,1	-	4	3	13,008	3,50
5,6	2	5	45	78	1500	8	Mono II - Exc	100	-	5,6	-	0,1	-	7	3	21,525	3,70
6	2	4	48	150	1500	7	Mono II - Exc	200	-	6	-	0,1	-	5	3	35,518	3,67
6,4	2	5	120	190	1500	8	Mono II - Exc	200	-	6,4	-	0,4	-	5	3	42,652	2,61
6,8	2	6	78	170	1500	8	Mono II - Exc	200	-	5,52	1,28	0,1	0,5	7	3	43,203	1,64
7	2	4	13	56	1500	6	Multi - Exc	20	-	7	-	0,1	-	4	3	17,825	3,00
6,2	2	5	105	210	1500	8	Cabo+Pup	300	4	3,45	2,75	0,1	0,5	5	1	59,744	1,27
7,4	2	4	230	300	1500	8	Cabo+Pup	400	4	1,35	6,07	0,1	0,5	4	1	89,077	5,61
7,8	2	5	240	450	1500	7	Cabo+Pup	600	5	0,63	7,18	0,4	0,5	5	2	151,086	5,10
7,8	2	5	58	70	1500	8	Cabo+Pup+RFV+EE	100	5	7,8	-	0,4	-	5	0	28,903	1,50
8	2	5	44	69	1500	8	Multi - Exc	20	2	8	-	0,4	-	6	3	28,366	4,07
8	2	5	71	120	1500	8	Multi - Exc	30	2	8	-	0,4	-	5	0	45,993	3,58
8,2	2	5	345	450	1500	7	Cabo+Pup	600	5	8,08	0,11	0,5	0,65	6	0	143,833	8,51
8,5	2	4	250	350	1500	8	Cabo+Pup+RFV+EE	600	5	8,5	-	0,4	-	7	3	145,621	4,52
8,8	2	4	350	760	1500	8	Cabo+Pup+RFV+EE	1200	5	8,8	-	0,4	-	5	2	270,870	1,518
6,8	2	4	235	550	1500	8	Mono II - Exc	600	-	1,41	5,39	0,4	0,5	4	3	143,761	5,13
6,4	2	4	68	90	1500	7	Mono II - Exc	100	-	6,4	-	0,4	-	5	3	25,259	3,99
5,8	2	5	34	88	1500	8	Mono II - Exc	100	-	5,8	-	0,1	-	5	3	21,981	3,69
7,2	2	4	24	60	1500	7	Multi - Exc	20	-	7,2	-	0,1	-	5	3	20,815	3,17
6,5	2	5	26	58	1500	8	Multi - Exc	20	-	6,5	-	0,4	-	7	3	21,609	3,81
6,7	2	4	29	68	1500	8	Multi - Exc	20	1	6,7	-	0,4	-	4	3	22,578	3,31
5,7	2	5	68	145	1500	7	Mono II - Exc	200	-	5,7	-	0,4	-	7	3	35,195	1,11

Média CPU = 4,17 segundos

A N E X O V

LISTAGEM DO PROGRAMA ELETRONII

HIERARQUIA DAS FUNÇÕES ELETRON II



VELETRONIIIIIV
 ▽ ELETRONII

[1] CLEAN
 [2] CLEAR
 [3] W1<0
 [4] →L30
 [5] 3 1 P' '
 [6] DISPLAY
 [7] 4 1 P' '
 [8] *ESTE EH O PROGRAMA PRINCIPAL PARA A VERSAO 'ELETRON II'
 [9] 'SE DESEJA CONHECER MAIS DETALHES SOBRE O SISTEMA DIGITE 1(UM). CASO'
 [10] 'CONTRARIO DIGITE 0(ZERO):'
 [11] →(1=0)/L100
 [12] L101:CLEAN
 [13] CLEAR
 [14] 'Entre com a DISTANCIA em Km (com erro maximo de decimos):'
 [15] DS<0
 [16] 'Entre com o TEMPO DE DESCANSO do cabo (numero de anos inteiro):'
 [17] TOC<0
 [18] 'Entre com o PERIODO DE PLANEJAMENTO anos(T) desejado (deve ser su-'
 [19] 'perior ao tempo de descanso anteriormente fornecido):'
 [20] T<0

MORE... APD-BVA

[21] 'Entre com a DEMANDA INICIAL: '
 [22] +((DM0<0)<1)/L120
 [23] 'Entre com a DEMANDA FINAL(no ano T).Deve ser superior a Demanda '
 [24] 'Inicial: '
 [25] +((DMT<0)<13)/L121
 [26] →(DMT/DM0)/L122
 [27] 'Entre com LIMITE DE RESISTENCIA DE ENLACE (LRE em Ohms): '
 [28] LRE<0
 [29] 'Entre com o EQUIVALENTE DE REFERENCIA (ER-disponibilidades em dB,s '
 [30] 'local): '
 [31] ER<0
 [32] TIME<DAI[2]
 [33] W1<0
 [34] TABTEC1
 [35] NEQUIP
 [36] MATFLUX<(0, P XEGA) P0
 [37] INVEEMRFV
 [38] K<0
 [39] L2:→((K<K+1)>8)/L5
 [40] INVEEΔRFV
 [41] →(K>1)/L3
 [42] CABMIN1

MORE... APD-BVA

[43] L3:ARMAPLINEAR
 [44] +(((ME1;4]÷ME1;3])<DS)∨(ME2;4]÷ME2;3])<DS)/L1
 [45] METODOSIMPLEX
 [46] DISTANCIAS
 [47] NPUPI
 [48] SOLOTIMA
 [49] EQCUSTO
 [50] TABSOL
 [51] →L2
 [52] L1:INVIAVEL
 [53] EQCUSTO
 [54] TABSOL
 [55] →L2
 [56] L5:TECNOX
 [57] 1 60 PBAVE[217]


```

[58] ENGECON
[59] A A PARTIR DESTA FASE INICIA O PROCESSO PARA ONDAS PORTADORAS
[60] L30:SOLOTIMAO
[61] TESTE
[62] 'DE [ENTER] PARA PROSSEGUIR'
[63] □
[64] CLEAN
MORE... APD-BVA

[65] CLEAR
[66] DISTMIX
[67] DISTEXC
[68] REPETMULTI
[69] CUSTEIOI
[70] CUSTMULTI1
[71] ENGECON1
[72] FLUXOS
[73] 1 70 PDAVE[217]
[74] TESSO
[75] ORGSAIDA
[76] (DAIL[2]) - TIME
[77] →0
[78] L100:CLEAN
[79] COMENTARIO
[80] ' '
[81] 'DE [ENTER] PARA PROSSEGUIR:'
[82] □
[83] CLEAN
[84] CLEAR
[85] →L101
[86] L120:' DEMANDA INICIAL (DMO) INFERIOR A 1 ASSINANTE N"O ! ALCAN"A-'
MORE... APD-BVA
[87] ' do pelo modelo ELEIBOMII. REVEJA OS DADOS E CHAME O PROGRAMA'
[88] ' NOVAMENTE.'
[89] →0
[90] L121:' A DEMANDA FINAL (DMT) ! INFERIOR A 13 ASSINANTES.
[91] ' NESTE CASO O MODELO N"O CONVERGE PARA UMA SOLU"O. REVE-'
[92] ' JA SEUS DADOS DE ENTRADA E CHAME NOVAMENTE O PROGRAMA.'
[93] →0
[94] L122:'DEMANTA FINAL (DMT) ! MENOR OU IGUAL A DEMANDA INICIAL (DMO).'
[95] ' NESTE CASO O MODELO N"O CONVERGE PARA UMA SOLU"O. REVEJA'
[96] ' SEUS DADOS DE ENTRADA E CHAME NOVAMENTE O PROGRAMA.'
[97] →0
▽

```

VM READ APD-BVA

▼CLEAN[0]▼

▼ CLEAN;CTLS;DATS
 [1] *FUNCAO DE LIMPAR A TELA COM COMANDOS CMS
 [2] A←120 OSVO 2 4 P'CTLSDATS'
 [3] →(√/2×A)/L1
 [4] A← 1 0 1 0 OSVC 'CTLS'
 [5] CTLS←'DISPLAY HOLD ON'
 [6] →(0^.=CTLS)/L2
 [7] L1:=0,0P'ERRO DE INICIALIZACAO'
 [8] L2:=CTLS←'PAGE+1'
 ▼

VM READ APD-BVA

▼CLEAR[0]▼

▼ CLEAR;CMS;Z
 [1] Z←100 OSVO CMS←'CMS'
 [2] CMS←'CLEAR'
 ▼

VM READ APD-BVA

▼TABTEC1[0]▼

▼ TABTEC1
 [1] * ESTA FUNCAO CALCULA OS LIMITES TECNOLOGICOS DAS RESTRICOES
 [2] GANHOTEC←0 2 8 PLRE,(LRE-120),3200,3080,LRE,3200,(LRE-120),3080,ER,(ER+4
 ,(ER-0.5),(ER+3.5),ER,(ER-0.5),(ER+6.5),ER+6
 ▼

VM READ APD-BVA

▼NEQUIP[0]▼

▼ NEQUIP;T1
 [1] * ESTA FUNCAO CALCULA O NUMERO DE EQUIPAMENTOS A SEREM ADQUIRIDOS NO
 [2] * PERIODO DE PLANEJAMENTONAO ONDAS PORTADORAS
 [3] XEQA←0P0
 [4] IE←((DMT-DMO)*1+T)-1
 [5] T1←0
 [6] L1:=XEQA←XEQA,(DMO×(1+IE)*T1
 [7] →((T1←T1+1)≤T)/L1
 [8] XEQU←XEQA-(0,((PXEQA)-1)↑XEQA)
 [9] *A'NUMERO DE EQUIPAMENTOS (NAO ONDAS PORTADORAS) ACUMULADO'
 [10] *AXEQA
 [11] *A'NUMERO DE EQUIPAMENTOS (NAO ONDAS) A SEREM ADQUIRIDOS POR ANO'
 [12] *AXEQU
 ▼

VM READ APD-BVA

▼INVEEMRFV[0]▼

▼ INVEEMRFV;I;INV;ALFA;AF;BETA;ZETA;ZT;BT
 [1] * ESTA FUNCAO CALCULA O CUSTO DE CADA ANO PARA A TECNOLOGIA EE+RFV
 [2] EMR←0P0
 [3] I←1
 [4] INV←TREPE[11;11]+(+/TREPE[2 4 ;1])×XEQAL1
 [5] INV←INV+(ALFA←(XEQAL1)÷100)×+/TREPE[5 7 8 9 ;1]
 [6] INV←INV+(BETA←(XEQAL1)÷5)×+/TREPE[6 10 ;1]
 [7] INV←INV+(ZETA←L0,03×XEQAL1)×+/TREPE[2 4 ;1]
 [8] EMR←EMR,INV
 [9] L2:=INV←0
 [10] →((I←I+1)≥PXEQA)/0
 [11] INV←XEQU[1]×+/TREPE[2 4 ;1]
 [12] INV←INV+(AF←(XEQAL1)÷100)-ALFA)×+/TREPE[5 7 8 9 ;1]
 [13] ALFA←ALFA+AF

```

[14] INV<INV+(BT<(FXEQACI)/5)-BETA)*+/TREP[6 10 ;1]
[15] BETA<BETA+BT
[16] INV<INV+(ZT<(L0.03*XEQACI))-ZETA)*+/TREP[2 4 ;1]
[17] ZETA<ZETA+ZT
[18] EMR<EMR, INV
[19] →L2

```

▼

VM READ APD-BV/

▼INVEEARFV[0]▼

▼ INVEEARFV;R;I;INV;ALFA;BETA;ZETA;AF;BT;ZT;RFVX

```

[1] a ESTA FUNCAO CALCULA OS CUSTOS AO LONGO DO PERIODO PARA RFV OU EE
[2] a QUANDO K=2 → RFV e K=3 → EE
[3] →((K=1)∨K)3)/0
[4] →(K=3)/L3
[5] R<4
[6] L4:RFV<0p0
[7] I<1
[8] INV<TREP[11;1]+TREP[R;1]*XEQACI
[9] INV<INV+(ALFA<(FXEQACI)/200)*+/TREP[5 7 8 9 ;1]
[10] INV<INV+(BETA<(FXEQACI)/10)*+/TREP[6 10 ;1]
[11] INV<INV+(ZETA<L0.03*XEQACI)*TREP[R;1]
[12] RFV<RFV, INV
[13] L2:INV<0
[14] →((I<I+1))pXEQA)/L1
[15] INV<XEQU[1]*TREP[R;1]
[16] INV<INV+(AF<(FXEQACI)/200)-ALFA)*+/TREP[5 7 8 9 ;1]
[17] ALFA<ALFA+AF
[18] INV<INV+(BT<(FXEQACI)/10)-BETA)*+/TREP[6 10 ;1]
[19] BETA<BETA+BT
[20] INV<INV+(ZT<(L0.03*XEQACI))-ZETA)*TREP[R;1]

```

MORE... APD-BVA

```

[21] ZETA<ZETA+ZT
[22] RFV<RFV, INV
[23] →L2
[24] L1:EE<(K=3)*RFV
[25] →(K=3)/L5
[26] →0
[27] L3:R<2
[28] RFVX<RFV
[29] →L4
[30] L5:RFV<RFVX

```

▼

VM READ APD-BV/

▼CABMIN1[0]▼

▼ CABMIN1;K1;I;W;V;J;C1;BJ;BK;M;JP;LS;TA;TT;S;PG;A;CIK

```

[1] a ESTA FUNCAO CALCULA A CAPACIDADE MINIMA DO CABO PARA ATENDIMENTO
[2] a PLENO, ISTO E, NAO ONDAS PORTADORAS
[3] IE<((DMT/DMO)*1/T)-1
[4] a*****
[5] I<1
[6] W<0
[7] CIKA<KAL<JOTAL<0p0
[8] L10:K1<1
[9] L15:CIK<DMT/(ROCIK1/2]+POCI)
[10] J<1
[11] L2:→(CIK<CABEJ)/L1
[12] →((J<J+1)±1pMCAP)/L2
[13] L61:→((K1<K1+1)±1pMCAP)/L15
[14] L13: 'A CAPACIDADE DO CABO PARA ATENDIMENTO EM TECNOLOGIA DIFERENTE DE
[15] 'ONDAS PORTADORAS, E SUPERIOR AS EXISTENTES NO MERCADO.'
[16] 'NESTE CASO DEVERA SER FEITA UMA ANALISE INDEPENDENTE DO PROGRAMA'

```

[17] →0
 [18] L1:→((√/MCAPE[K1;(J-1),JJ]=1)/L3
 [19] →L61
 [20] L3:→(MCAPE[K1;JJ]=1)/L4

MORE... APD-BVA

[21] K1←K1+1
 [22] L4:CIKA←CIKA,CABEJJ
 [23] JOTAL←JOTAL,J
 [24] KAL←KAL,K1
 [25] →(W=1)/0
 [26] →((I←I+1)≤3)/L10
 [27] K1←1
 [28] L12:CIK←DMT÷(POEII)+0.5)
 [29] →(I≠5)/L20
 [30] W←1
 [31] L20:J←1
 [32] L11:→(CIK≠CABEJJ)/L18
 [33] →((J←J+1)≤1↑PMCAP)/L11
 [34] L16:→((K1←K1+1)≤1↑PMCAP)/L12
 [35] →L13
 [36] L18:→((√/MCAPE[K1;(J-1),JJ]=1)/L14
 [37] →L16
 [38] L14:→(MCAPE[K1;JJ]=1)/L4
 [39] K1←K1+1
 [40] →L4
 ▽

VM READ APD-BVA

▽ARMAPLINEAR[]▽

▽ ARMAPLINEAR

[1] ESTA FUNCAO ESTRUTURA OS COEFICIENTES DA FUNCAO OBJETIVO E DAS
 [2] RESTRICOES PARA ENTRADA NO PROGRAMA "METODOSIMPLEX"
 [3] FOB←F((S)0)/S←TCABO[JOTAL[1];J]÷1000
 [4] →(JOTAL[1]≥8)/L1
 [5] →(K)4)/L3
 [6] A←AT800A
 [7] L2:M←3 4 PAL;1],GANHOTECK;1],AL;2],GANHOTECK;2], 1 1 1 ,DS
 [8] S←'44='
 [9] AA' '
 [10] AA' PROGRAMACAO LINEAR PARA ',TECNOLOGIASCK;5+122]
 [11] AA' '
 [12] AA' FUNCAO OBJETIVA:'
 [13] AA' '
 [14] AA' Z* = MIN Z = ',(ΦFOB[1]),'X',(DAVE[16]),' + ',(ΦFOB[2]),'X',(DAV
 [17]),' + ',(ΦFOB[3]),'X',(DAVE[18]
 [15] AA' '
 [16] AA'SUJEITO AS SEGUINTE RESTRICOES:'
 [17] AA' '
 [18] AA'(3 6 P' '), (Φ 3 1 P[1]), (3 1 P'X'), (3 1 PDAVE[16]), (3 2 P' +'), (3 1 P'
 '), (Φ 3 1 P[2]), (3 1 P'X'), (3 1 PDAVE[17]), (3 2 P' +'), (3 1 P' '), (Φ 3 1
 MORE... APD-BVA
 P[3]), (3 1 P'X'), (3 1 PDAVE[18]), (3 1 P' '), (3 1 P[5]), (3 1 P' '), Φ 3 1 P
 M[4]
 [19] →0
 [20] L1:→(K≤4)/L4
 [21] A←AT1600S
 [22] →L2
 [23] L4:A←AT800S
 [24] →L2
 [25] L3:A←AT1600A
 [26] →L2
 ▽

▼METODOSIMPLEX[0]▼

VM READ APD-BVA

▼ METODOSIMPLEX

[1] * PROGRAMA DE ENTRADA AO METODO SIMPLEX (IBM - LIB 5796 STAT9)
 [2] →(((MC1;4]÷MC1;3])<DS)÷(MC2;4]÷MC2;3])<DS)/0
 [3] MAX←-1
 [4] VARS←P OBJ←MAX×FOB
 [5] NAMES←(VARS,N←1↑PM) SETNAM S
 [6] S FORM M
 ▼

▼DISTANCIAS[0]▼

VM READ APD-BVA

▼ DISTANCIAS;W;I;A1

[1] * DO RESULTADO OBTIDO EM "METODOSIMPLEX" ESTA FUNCAO IDENTIFICA
 [2] * AS BITOLAS (BITO) DOS CABOS E AS DISTANCIAS D1 E D2 (SEGMENTOS)
 [3] BITO←0P0
 [4] W←0
 [5] I←1
 [6] L2:→('X'←SOLF[I];-10↑11↓P SOLF])/L1
 [7] L3:→((I-I+1)≤1↑P SOLF)/L2
 [8] →0
 [9] L1:→((ΦSOLF[I];-15↑11↓P SOLF])=0)/L5
 [10] BITO←BITO,ΦSOLF[I];13]
 [11] →(W=1)/L4
 [12]
 [13] D1←Φ'2 RND ΦSOLF[I];-15↑11↓P SOLF]'
 [14] W←1
 [15] →L3
 [16] L4: D2←Φ'2 RND ΦSOLF[I];-15↑11↓P SOLF]'
 [17] →0
 [18] L5: D1←0
 [19] W←1
 [20] →L3

MORE... APD-BVA

▼

▼NPUPI[0]▼

VM READ APD-BVA

▼ NPUPI;DSM;D

[1] * ESTA FUNCAO CALCULA O NUMERO NECESSARIO DE POTES PARA PUPINIZACAO
 [2] PUP←0
 [3] DSM←DS×1000
 [4] DSM←DSM-686
 [5] →(DSM≤0)/L2
 [6] PUP←1
 [7] PUP←PUP+D←LDSM÷1372
 [8] →(((DSM-D×1372)+1372)≥2700)/L2
 [9] PUP←PUP-1
 [10] L2:→0
 ▼

▼SOLOTIMAE[0]▼

VM READ APD-BVA

▼ SOLOTIMA

[1] * ESTA FUNCAO FORMATA AS SOLUCOES DO SIMPLEX
 [2] ' *** SOLUCAO OTIMA PARA ',(TECNOLOGIAS[K;5]122]),' ***'
 [3] 'CAPACIDADE DO CABO: ',(ΦCIKAC1]),' Pares'
 [4] →((PBITO)>1)/L1
 [5] 'TODA A EXTENSAO (',(ΦDS), 'Km) APLICAR BITOLA ',(ΦBITOLA[BITO]),' mm'
 [6] 'CUSTO TOTAL (MINIMO): Cr\$ ',ΦCUSTO←(FOB[BITO])×(D1←DS)×1000

```

[7]
[8] D2<=0
[9] CUSTPUP<TPUPICJOTALC1]]*PUP
[10] +0
[11] L1:'PRIMEIRO SEGMENTO: ',(D1),' Km ; COM BITOLA: ',(BITOLACBITO[1]),'mm
[12] 'SEGUNDO SEGMENTO: ',(D2),' Km ; COM BITOLA: ',(BITOLACBITO[2]),'mm'
[13] 'CUSTO TOTAL(MINIMO)=Cp$ ',CUSTO<((FOEBITOC1]]*D1)+FOEBITOC2]]*D2)*10
00
[14] CUSTPUP<TPUPICJOTALC1]]*PUP

```

VM READ APD-BVA

▽EQCUSTO[0]▽

▽ EQCUSTO

```

[1] * ESTA FUNCAO MONTA OS EQUIPAMENTOS NECESSARIOS E SEU RESPECTIVO CUSTO
[2] →(W1=1)/L40
[3] CBLP<CUSTO,((PXEQA)-1)P0
[4] CPULP<CUSTPUP,((PXEQA)-1)P0
[5] →(K=1)/L20
[6] →(K=4)/L10
[7] 'EQUIPAMENTOS NECESSARIOS AO LONGO DO PERIODO'
[8] XEQU
[9] 'CUSTOS DO INVEST. AO LONGO DO PERIODO'
[10] D('→L',D,K)
[11] L2:RFV
[12] MATFLUX<MATFLUX,[1] RFV+CBLP
[13] 1 60 PDAVE[2:17]
[14] +0
[15] L3:EE
[16] 1 60 PDAVE[2:17]
[17] MATFLUX<MATFLUX,[1] EE+CBLP
[18] +0
[19] L4:EMR
[20] MATFLUX<MATFLUX,[1] EMR+CBLP

```

MORE... APD-BVA

```

[21] 1 60 PDAVE[2:17]
[22] +0
[23] L10:'POTES DE PUPINIZACAO AO LONGO DO CABO: ',DUP
[24] 'CUSTO DOS POTES.....: ',CUSTPUP
[25] →(K=5)/L30
[26] 'EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO'
[27] XEQU
[28] 'CUSTO DOS EQUIPAMENTOS AO LONGO DO PERIODO'
[29] D('→L',D,K)
[30] L6:EE
[31] MATFLUX<MATFLUX,[1] EE+CPULP+CBLP
[32] 1 60 PDAVE[2:17]
[33] +0
[34] L7:RFV
[35] MATFLUX<MATFLUX,[1] RFV+CPULP+CBLP
[36] 1 60 PDAVE[2:17]
[37] +0
[38] L8:EMR
[39] MATFLUX<MATFLUX,[1] EMR+CPULP+CBLP
[40] 1 60 PDAVE[2:17]
[41] +0
[42] L20:MATFLUX<MATFLUX,[1] CBLP

```

MORE... APD-BVA

```

[43] 1 60 PDAVE[2:17]
[44] +0
[45] L30:MATFLUX<MATFLUX,[1] CBLP+CPULP
[46] 1 60 PDAVE[2:17]
[47] +0
[48] L40:MATFLUX<MATFLUX,[1](1+P MATFLUX)P0

```

▽

VM READ APD-BVA

▽TABSOL[0]▽

▽ TABSOL

```
[1] * ESTA FUNCAO MONTA A TABELA DE SOLUCOES DE TODAS AS TECNOLOGIAS
[2] →(W1=1)/L1
[3] L3:→(K)1)/L2
[4] CUSTPUPX←CUSTOX←0P0
[5] DX←BITOX← 0 2 P0
[6] L2:DX←DX,[1] D1,D2
[7] →((PBITO)±1)/L4
[8] BITOX←BITOX,[1] BITO
[9] L5:CUSTOX←CUSTOX,CUSTO
[10] CUSTPUPX←CUSTPUPX,(^/TECNOLOGIASER; 11 12 13]='PUP')×TPUPIEJOTALE[1]×PUP
[11] →0
[12] L1:W1←D1←D2←CUSTO←0
[13] BITO← 0 0
[14] →L3
[15] L4:BITOX←BITOX,[1] BITO,0
[16] →L5
▽
```

VM READ APD-BVA

▽INVIAVEL[0]▽

▽ INVIAVEL

```
[1] ' *** SOLUCAO OTIMA ',(TECNOLOGIASER;54122),'***'
[2] ' A DISTANCIA OFERECIDA EH INVIAVEL PARA ESTA TECNOLOGIA'
[3] W1←1
[4] 1 60 PDAVE[217]
▽
```

VM READ APD-BVA

▽TECNOX[0]▽

▽ TECNOX;I

```
[1] * ESTA FUNCAO FAZ MONTAGEM DO RELATORIO DE SAIDA DO PROGRAMA
[2] BITOY← 0 2 P0
[3] I←1
[4] L3:→(^/BITOXCI;]=0)/L1
[5] →(v/BITOXCI;]=0)/L4
[6] BITOY←BITOY,[1] BITOLAEBITOXCI;]]
[7] L2:→((I-I+1)±8)/L3
[8] TECNO←TECNOLOGIASER;I,(Φ 8 1 PCIKIE[1]), 8 1 P' '
[9] TECNO←TECNO,(ΦDX), 8 2 P' '
[10] TECNO←TECNO,(ΦBITOY), 8 2 P' '
[11] TECNO←TECNO,(Φ 8 1 PFCUSTOX÷1000), 8 1 P' '
[12] TECNO←TECNO,(Φ 8 1 PFCUSTPUPX÷1000),(8 2 P' '),Φ 8 1 P(FCUSTOX÷1000)+FCUS
TPUPX÷1000
[13] AA' *** SOLUCOES OTIMAS POR TECNOLOGIA ***'
[14] AA'
[15] AATECNO
[16] →0
[17] L1:BITOY←BITOY,[1] BITOXCI;]]
[18] →L2
[19] L4:BITOY←BITOY,[1] BITOLAEBITOXCI;]]],0
[20] →L2
▽
```

MORE... APD-BVA

VM READ APD-BVA

▽ENGECON[0]▽

▽ ENGECON;VPLI;I;J;VPL

```
[1] * CALCULO DO VALOR PRESENTE LIQUIDO DE TODAS AS TECNOLOGIAS
[2] MATFLUX1<0
[3] VPLI<0P0
[4] I<0
[5] L5:=((I<I+1))1+PMATFLUX)/L2
[6] →((^/(@TECNO[1;26+1(1+PTECNO)])=0)/L3
[7] J<1
[8] VPL<0
[9] L1:=VPL<VPL+MATFLUX[I;J]÷(1+TMA)*J-1
[10] →((J<J+1)±T+1)/L1
[11] L4:=VPLI<VPLI,TVPL
[12] →L5
[13] L2:=MATFLUX1<MATFLUX,((PVPLI),1)PVPLI
[14] ** ELUXOS DE CAIXA DA SOLUCAO OTIMA DE CADA TECNOLOGIA*
[15] ** (A ultima coluna eh o VPL) - Cr$ 10',DAVE[243]
[16] **TECNOLOGIAS[18;1,00 RND MATFLUX1÷1000
[17] →0
[18] L3:=VPL<0
[19] MATFLUX[I;J]<0
[20] →L4
```

MORE... APD-BVA

▽

VM READ APD-BVA

▽

▽SOLOTIMAO[0]▽

▽ SOLOTIMAO

```
[1] * FUNCAO DA SOLUCOES OTIMAS DE ONDAS PORTADORAS NIXTAS
[2] BITOX1< 3 2 PBITOXE1;J
[3] DX1< 3 2 PDXE1;J
[4] CUSTOX1<3PCUSTOXE1
[5] K<9
[6] J<2
[7] L3:=((^/BITOX1[1;J]=0)/L4
[8] ' *** SOLUCAO OTIMA PARA ',(TECNOLOGIASCK;5+122),' ***'
[9]
[10] ' CAPACIDADE DO CABO: ',(PCIKAEJ),' Pares'
[11] →((^/BITOX1[1;J]=0)/L4
[12] ' PRIMEIRO SEGMENTO: ',(PDX1[1;1]),' Km,', ' COM BITOLA: ',(PBITOLA
[BITOX1[1;1]),' mm'
[13] ' SEGUNDO SEGMENTO: ',(PDX1[1;2]),' Km,', ' COM BITOLA: ',(PBITOLA
[BITOX1[1;2]),' mm'
[14] L2:' CUSTO TOTAL(MINIMO) DO CABO:Cr$ ',PCUSTOX1[1]
[15]
[16] 1 60 PDAVE[217]
[17] L5:=J<J+((K<K+1)=11)
[18] →((K±11)/L3
[19] →0
[20] L1:' TODA A EXTENSAO( ',(PDS),' KM) APLICAR BITOLA: ',(PBITOLA[BITOX1[1;1]
]),' MM'
[21] →L2
[22] L4:=INVIABEL
[23] →L5
```

MORE... APD-BVA

▽

VM READ APD-BVA

▽TESTE[D]▽

▽ TESTE

[1] * ESTA FUNCAO TEM A FINALIDADE CALCULAR A SOLUCAO OT.DE ONDAS PORTAD.
 [2] K←12
 [3] L1:ARMAPLINEAR1
 [4] →((MC1;4]÷MC1;3])<DS)/L2
 [5] METODOSIMPLEX1
 [6] DISTANCIAS
 [7] SOLOTIMA1
 [8] TABSOL1
 [9] 1 60 PDAVE[217]
 [10] L3:→((K←K+1)≤14)/L1
 [11] →0
 [12] L2:INVIABEL
 [13] TABSOL1
 [14] →L3
 ▽

VM READ APD-BVA

▽DISTMIX[D]▽

▽ DISTMIX;D;CIK;K1

[1] * ESTA FUNCAO DISTR. A DEMANDA PELOS EQUIP.ONDAS MIX (ALG3A)
 [2] DMTMIX←0P0
 [3] D←0.5
 [4] K1←KAL[2]
 [5] CIK←CIKAL[2]
 [6] ALG3A
 [7] DMTMIX←DMTMIX,DMTL
 [8] CAPOT1←CAPOT
 [9] 'ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO'
 [10] ' ONDAS PORTADORAS + PARES LIVRES [MIX] : MONO I E II'
 [11] ' , '
 [12] CAPOT1
 [13] D←3.5
 [14] K1←KAL[3]
 [15] CIK←CIKAL[3]
 [16] ALG3A
 [17] DMTMIX←DMTMIX,DMTL
 [18] CAPOT2←CAPOT
 [19] 'ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO'
 [20] ' ONDAS PORTADORES + PARES LIVRES [MIX] : MULTICANAL'
 [21] ' , '
 [22] CAPOT2
 [23] 1 40 PDAVE[217]
 ▽

MORE... APD-BVA

VM READ APD-BVA

▽DISTEXC[D]▽

▽ DISTEXC;D;DMTL;K1

[1] * ESTA FUNCAO DIST.DEMANDA DAS ONDAS EXC PELO ALG3B
 [2] DMTEXC←0P0
 [3] D←2
 [4] K1←KAL[4]
 [5] CIK←CIKAL[4]
 [6] ALG3B
 [7] DMTEXC←DMTEXC,DMTL
 [8] CAPOT3←CAPOT
 [9] 'ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO'
 [10] ' EXCLUSIVAMENTE ONDAS PORTADORAS [EXC] : MONO I E II'

```

[11] ' '
[12] CAPOT3
[13] D<8
[14] K1<KAL[5]
[15] CIK<CIKAL[5]
[16] ALG3B
[17] DMTEXC<DMTEXC,DMTL
[18] CAPOT4<CAPOT
[19] 'ATENDIMENTO DA DEMANDA ATE O ESGOTAMENTO DO CABO'
[20] ' EXCLUSIVAMENTE ONDAS PORTADORAS [EXC]: MULTICANAL'

```

MORE... APD-BVA

```

[21] ' '
[22] CAPOT4
[23] 1 40 PDAVE[217]

```

VM READ APD-BVA

▼REPETMULTI[0]▼

▼ REPETMULTI; J1; J2; J3

```

[1] * ESTA FUNCAO CALCULA NUMERO DE REPETIDORAS PARA MULTI AO LONGO DO CABO
[2] CK<0#0
[3] J2<J3<3
[4] L8:J1<2
[5] →(CIKAL[J3])200)/L5
[6] L7:→(BITOX1[3;1]=0)/L4
[7] →(BITOX1[3;2]=0)/L1
[8] →(((ATEN112[BITOX1[3;1];J1]*DX1[3;1])+ATEN112[BITOX1[3;2];J1]*DX1[3;2])>4
3)/L2
[9] L4:CK<CK,0
[10] →(J2#3)/0
[11] J2<6
[12] J3<5
[13] →L8
[14] L1:→(((ATEN112[BITOX1[3;1];J1]*DX1[3;1])>43)/L6
[15] →L4
[16] L2:CK<CK,L((DX1[3;1]*ATEN112[BITOX1[3;1];J1])+DX1[3;2]*ATEN112[BITOX1[3;2]
;J1])#35
[17] →(J2#3)/0
[18] J2<6

```

MORE... APD-BVA

```

[19] J3<5
[20] →L8
[21] L6:CK<CK,L(DX1[3;1]*ATEN112[BITOX1[3;1];J1])#35
[22] →(J2#3)/0
[23] J2<6
[24] J3<5
[25] →L8
[26] L5:J1<1
[27] →L7

```

VM READ APD-BVA

▼CUSTEIOI[0]▼

▼ CUSTEIOI;CR;INV;P

```

[1] * ESTA FUNCAO MONTA OS CUSTOS PARA MONO I E II USANDO FUNCAO CUSTMON01,
[2] * TANTO PARA OS CASOS MISTO COMO EXCLUSIVOS.
[3] INVII<(0,(1+PCAPOT1)#2)#0
[4] CR<CAPOT1

```

```

[5] P<0
[6] L1:CUSTOM01
[7] INV1<INV1,[1] INV
[8] →((P<P+1)±1)/L1
[9] INV10<(0,(1+PCAP0T3)÷2)P0
[10] CR<CAP0T3
[11] P<0
[12] L2:CUSTOM01
[13] INV10<INV10,[1] INV
[14] →((P<P+1)±1)/L2
[15] RA'DESEMBOLSO PARA EQUIPAMENTOS MONO I II (MIX E EXC)'
[16] RA'INV1
[17] RA'INV10
  ▽

```

VM READ APD-BVA

▽CUSTMULTI1[0]▽

▽ CUSTMULTI1;U;Z;J;Y;GAMA;W;X;Y

```

[1] A ESTA FUNCAO CALCULA O CUSTO AO LONGO DO PERIODO PELA ALTERNATIVA DE
[2] A MULTI, USANDO DUAS SUBROTINAS: CARRPE E CARAS
[3]
[4] L<W1<0
[5] CX<CAP0T2
[6] L20:=→((L<L+1))2)/L30
[7] C<CK[L]
[8] INV<0P0
[9] U<Z<W<0
[10] J<1
[11] L1:CMULTI<Y<0
[12] X<CX[1;J]
[13] →(X=0)/L4
[14] →(J=1)/L3
[15] X<X-CX[1;J-2]
[16] L6:CMULTI<CMULTI+(Xx+/TMULTI[1 2 4 5 6 8 9 23 27 ;1],CxTMULTI[3;1])
[17] CMULTI<CMULTI+(+/(L(0.08xCX[1;J]))x+/TMULTI[2 5 ;1],CxCX[1;J]xTMULTI[3;
  J]),((L(0.05xCX[1;J]))x+/TMULTI[1 4 ;1]),((L(0.03xCX[1;J]))xTMULTI[6;1]),
  (L(0.02xCX[1;J]))x+/TMULTI[16 17 ;1])
[18] →(J=1)/L8
[19] CMULTI<CMULTI-(+/(L(0.08xCX[1;J-2]))x+/TMULTI[2 5 ;1],CxCX[1;J-2]xTMULTI
  [3;1]),((L(0.05xCX[1;J-2]))x+/TMULTI[1 4 ;1]),((L(0.03xCX[1;J-2]))xTMULTI
  [6;1]),((L(0.02xCX[1;J-2]))x+/TMULTI[16 17 ;1])
[20] LB:U<1
[21] →((CX[1;J]÷20)W)/L3
[22] →(Y=1)/L4
[23] →L7
[24] L4:INV<INV,CMULTI
[25] →((J<J+2)±(1+PCX)+1)/L1
[26] CX<CAP0T4
[27] →(W1=1)/L30
[28] INVM1<INV
[29] W1<1
[30] →L20
[31] L3:GAMA<CX[1;J]÷20
[32] CMULTI<CMULTI+(-(WxF))+GAMAXF<+/TMULTI[7 10 11 21 22 ;1]
[33] L7:CARRPE
[34] CMULTI<CMULTI+Cx+/((C1x+/TMULTI[20 26 ;1]),(C2x+/TMULTI[19 25 ;1]),C3x+/TM
  ULTI[18 23 ;1]
[35] CARAS
[36] CMULTI<CMULTI++/(B1xTMULTI[15;1]),(B2xTMULTI[14;1]),(B3xTMULTI[13;1]),B4x
  TMULTI[12;1]

```

MORE... APD-BVA

```

[37] W←GAMA
[38] Y←1
[39] →(Z=1)/L4
[40] CMULTI←CMULTI++/TMULTI[28 29 ;1]
[41] Z←1
[42] →(U=1)/L4
[43] →L6
[44] L30←INVM2←INV
[45] **'DESEMBOLSOS PARA EQUIPAMENTOS MULTI (MIX E ESC)
[46] **INVM1
[47] **INVM2
      ↓

```

MORE... APD-BVA

```

▽ENGECON1[0]▽
      ↓ ENGECON1;MAX;VPONDA;I;J;VPO
[1]  * ESTA FUNCAO PREPARA FLUXO DOS INVESTIMENTOS DE O.P. CALC. VPINV
[2]  MAX←Γ/(1+ρINVII),(1+ρINVIO),(ρINVM1),ρINVM2
[3]  MATFLUX2←(0,MAX)ρ0
[4]  MATFLUX2←((((MATFLUX2,[1] MAX+INVII[1;J]),[1] MAX+INVII[2;J]),[1] MAX+INVM
      1),[1] MAX+INVIO[1;J]),[1] MAX+INVIO[2;J]),[1] MAX+INVM2
[5]  MATFLUX2[;1]←MATFLUX2[;1]+CUSTOX1
[6]  VPONDA←0ρ0
[7]  I←1
[8]  L2←J←1
[9]  VPO←0
[10] L1←VPO←VPO+MATFLUX2[;J]÷(1+TMA)*J-1
[11] →((J←J+1)≠T)/L1
[12] VPONDA←VPONDA,VPO
[13] →((I←I+1)≠1+ρMATFLUX2)/L2
[14] MATFLUX3←MATFLUX2[;1]+1],E2]ΓVPONDA
[15] **'DESEMBOLSO DOS INVESTIMENTOS EM ONDAS PORTADORAS INCLUSIVE CABO
[16] **ΓMATFLUX2÷1000
[17] I←1
[18] L5←→(BITOX1[;1]=0)/L4
[19] L6←→((I←I+1)≠1+ρBITOX1)/L5
      ↓
[20] →0
[21] L4←MATFLUX3[;J]←0
[22] →L6
      ↓

```

VM READ APD-BVA

MORE... APD-BVA

```

▽FLUXOS[0]▽
      ↓ FLUXOS
[1]  * ESTA FUNCAO ORGANIZA A SAIDA DOS FLUXOS DE INVESTIMENTOS POR ANO
[2]  'DE [ENTER] PARA PROSEGUIR
[3]  ▯
[4]  CLEAN
[5]  CLEAR
[6]  'INVESTIMENTO ANUAL POR TECNOLOGIA - SENDO A ULTIMA COLUNA VPINV
[7]  '
      (CR$ 1000)'
[8]  ' '
[9]  TECNOLOGIAS,Γ(MATFLUX1,[1] MATFLUX3)÷1000
      ↓

```

VM READ APD-BVA

```

▽TESGO[0]▽
      ↓ TESGO;J1;IE;TT;TL;TA;DT1;I
[1]  * FUNCAO QUE CALCULA O TEMPO DE ESGOTAMENTO DOS CABOS PARA AS DIVERSAS

```

VM READ APD-BVA

```

[2] * TECNOLOGIAS
[3] IE←((DMT÷DM0)*1÷T)-1
[4] TEM← 0 2 P0
[5] J1←0
[6] TT←L4×TL-TA←LTL←(⊙(ROCIKAL[1];2]×CIKAL[1])÷DM0)÷⊙1+IE
[7] DT1←DMTMIX
[8] TEM←TEM,[1] TA,TT
[9] L3←I←1
[10] L1:TT←L4×TL-TA←LTL←(⊙(DT1[1]÷DM0))÷⊙1+IE
[11] TEM←TEM,[1] TA,TT
[12] →((I←I+1)≤2)/L1
[13] →(J1=1)/0
[14] J1←1
[15] DT1←DMTEXC
[16] →L3
    ▽
    
```

VM READ APD-BVA

▽ORGSAIDA[0]▽

```

    ▽ ORGSAIDA;BX;J1;BITOX2;CEL;I;J;BT;BT1;BT2;TEM1;VPINF;TEM2
[1] * ESTA FUNCAO ORGANIZA A SAIDA DE TODAS AS SOLUCOES OTIMAS(DIST.,BIT...)
[2] BX←BITOX
[3] J1←0
[4] BITOX2←(0,2)P0
[5] L5←J←1
[6] L4:CEL←0P0
[7] I←1
[8] L2:→(BX[I;J]=0)/L1
[9] CEL←CEL,BITOLAC[BX[I;J]]
[10] L6:→((I←I+1)≤11P BX)/L2
[11] →(J)1)/L3
[12] CEL1←CEL
[13] L3:→((J←J+1)≤2)/L4
[14] BITOX2←BITOX2,[1](((PCEL),1)PCEL1),CEL
[15] →(J1=1)/L7
[16] BX←BITOX1
[17] J1←1
[18] →L5
[19] L1:CEL←CEL,0
[20] →L6
    
```

MORE... APD-BVA

```

[21] L7:BT←BITOX2[;1]0
[22] BT1←(BT[18]×CIKAL[1]),(BT[9 10]×CIKAL[2]),(BT[11]×CIKAL[3]),(BT[12 13]×CIKAL
    4]),BT[14]×CIKAL[5]
[23] BT1←((PBT1),1)PBT1
[24] BT2←(4P0),(BT[5 6 7 8]×PUP),(0 0 ,CKE1]), 0 0 ,CKE2]
[25] BT2←((PBT2),1)PBT2
[26] TEM←(((B 2 PTEM[;]),[1] 2 2 PTEM[2;]),[1] TEM[3;]),[1] 2 2 PTEM[4;]),[1
    ] TEM[5;])
[27] TEM1←⊙(⊙PTEM)P(TEM[;1]×BT),TEM[;2]×BT
[28] VPINF←Γ(MATFLUX1[;1]P MATFLUX1]),[1] MATFLUX3[;1]P MATFLUX3])÷1000
[29] L7:TEM2←BT1,BT2,(DX,[1] DX1),BITOX2,TEM1,VPINF
[30] TEM2←(⊙ 14 1 PTEM2[;1]),(14 2 P' '), (⊙ 14 1 PTEM2[;2]),(14 2 P' '), (⊙ 14
    1 PTEM2[;3]),(14 2 P' '), (⊙ 14 1 PTEM2[;4]),(14 2 P' '), (⊙ 14 2 PTEM2[;
    5 6]),(14 2 P' '), (⊙ 14 2 PTEM2[; 7 8]),(14 2 P' '),⊙ 14 1 PTEM2[;9]
[31] 'DE [ENTER] PARA PROSSEGUIR'
[32] 0
[33] CLEAN
[34] CLEAR
[35] CABECALHO
[36] TECNOLOGIAS,TEM2
[37] ' (*) CR$ 1000 ; AS SOLUCOES 0(ZERO) SAO INVIAVEIS'
    ▽
    
```

VM READ APD-BVA

▽SETNAME[]▽

▽ NAMES←V SETNAM S;A;B
 [1] A←((VE1],3)P' '), (VE1]P'X'), 2 0 Φ (VE1],1)P1VE1]
 [2] B←((VE2],2)P' '), S, (VE2]P'C'), 2 0 Φ (VE2],1)P1VE2]
 [3] NAMES←(Φ (A,1)P1A←+/V), (A, [1] B), ((+/V),5)P' '
 ▽

VM READ APD-BVA

▽FORM[]▽

▽ S FORM M
 [1] BIGM←1000000
 [2] SLKMTX←(N,N)P1, (N←1↑PM)P0
 [3] ARTMTX←(1N)P., =ART←('A'=S)/1PS
 [4] SLKMTXCART;]←-SLKMTXCART;]
 [5] C←(0 -1 ↑M), SLKMTX, ARTMTX, RHS←(N, -1)↑M
 [6] OF←(-OBJ, (-BIGMxA, (PART)P1), 0)-BIGM+.XCE((A←'=S)/1PS), ART;]
 [7] BASIS←(POBJ)+1N
 [8] BASISCART]←(POBJ)+N+1PART
 [9] WORK
 ▽

VM READ APD-BVA

▽RND[]▽

▽ Z←DEC RND N;TEMP
 [1] aPERMITE ARREDONDAR 'N' COM 'DEC' DECIMAIS
 [2] TEMP←0.5+N×10*DEC
 [3] Z←(LTEMP)÷10*DEC
 ▽

VM READ APD-BVA

▽WORK[]▽

▽ WORK
 [1] →(0≠ONC 'IB')/OK
 [2] IB←0
 [3] OK:=→(0≠ONC 'ACC')/START
 [4] ACC←8
 [5] START:SIMPLEX II←0
 [6] →(UNBOUND=0)/0
 [7] SIMPLEXOUT
 [8] →(1=CHECKINFEAS)/0
 [9] CHECKMULT
 ▽

VM READ APD-BVA

▽SIMPLEX[]▽

▽ SIMPLEX ONE;A;TE;RATIO;LEAVE;CHECK
 [1] →(ONE=1)/ONCE
 [2] LOOP:=→((PICK←L/↑1↑OF)≥0)/OUTPUT
 [3] PICK←OF1PICK
 [4] ONCE:=→(UNBOUND←V/TE←C;PICK]0)/OK
 [5] 'THIS PROBLEM HAS NO SOLUTION, THE OPTIMUM IS UNBOUNDED. PROGRAM EXITS'
 [6] →0
 [7] OK:=CHECK←L/RATIO←TE/(C;L←POF]÷C;PICK]+1E-6×C;PICK]=0
 [8] →(2)PLEAVE←(TE/1N)E(CHECK=RATIO)/1PRATIO]/GO
 [9] LEAVE←ALL/(A←100?100)1LEAVE]
 [10] GO:TABLEAU
 [11] →(ONE≠1)/LOOP
 [12] OUTPUT:OF←MAXOF-BIGM×(VARSP0), ('=S), (1+PART)P0
 [13] C←((10.5+C×10*ACC)÷10*ACC) [ABASIS;]
 [14] BASIS←BASISL+BASIS]
 ▽

VM READ APD-BVA

▽TABLEAU[0]▽

▽ TABLEAU;KEY;CS

```

[1] START=KEY<-CELEAVE<' 'P<LEAVE;PICK]
[2] CS<-CELEAVE;J
[3] C<-C-(C<PICK]÷KEY)×CS
[4] OF<-OF-(OF<PICK]÷KEY)×CS
[5] CELEAVE;J<-CS÷KEY
[6] OF<-(L0.5+OF×10*ΔEE)÷10*ΔEE
[7] →(IB=0)/OUT
[8] INTER
[9] OUT=BASIS[CELEAVE]÷PICK

```

▽

VM READ APD-BVA

▽ARMAPLINEAR1[0]▽

▽ ARMAPLINEAR1;L;J;P1;P;H;R

```

[1] * ESTA FUNCAO ARMA OS DADOS DE PL PARA ONDAS PORTADORAS
[2] H<-140
[3] P<-5
[4] J<-2
[5] →(√/K= 12 13)/L1
[6] A<-ATEN112
[7] L5:=→(CIKACP]200)/L2
[8] P1<-2
[9] L3:=M<- 2 4 PAL;P1],H, 1 1 1 ,DS
[10] S<'4='
[11] FOB<-((R)0)/R<-TCABO[JTALCP];]÷1000
[12] **' '
[13] **PROGRAMACAO LINEAR PARA ',TECNOLOGIASIK;54122]
[14] **FUNCAO OBJETIVA'
[15] ** Z* = MIN Z = ',(F0B[1]),'X',(DAVE[6]),' + ',(F0B[2]),'X',(DAVE[7]
', + ',(F0B[3]),'X',DAVE[8]
[16] **' '
[17] **SUJEITO AS SEGUINTE RESTRICOES:'
[18] **((J,6)P' '),((F(J,1)PME;1]),((J,1)P'X'),((J,1)PDAVE[6]),((J,3)P' + '),((F(
J,1)PME;2]),((J,1)P'X'),((J,1)PDAVE[7]),((J,3)P' + '),((F(J,1)PME;3]),((J,
1)P'X'),((J,1)PDAVE[8]),((J,1)P' '),((J,1)PS),((J,1)P' '),F(J,1)PME;4]
MORE... APD-BVA
[19] →0
[20] L2:=P1<-1
[21] →L3
[22] L1:=A<-ATEN76
[23] P<-4
[24] →(K=12)/L4
[25] H<-60
[26] →L5
[27] L4:=H<-43
[28] →L5

```

▽

VM READ APD-BVA

▽METODOSIMPLEX1[0]▽

▽ METODOSIMPLEX1;P

```

[1] * APLICACAO DO METODO SIMPLEX (LIB 5796 STAT9) PARA ONDAS PORTADORAS
[2] P<-1
[3] →((1fPM)2)/L1
[4] L2:=→((MCP;4]÷MCP;3])<DS)/0
[5] MAX<-1
[6] VARS<-POBJ<-MAX×FOB
[7] NAMES<- (VARS,N<-1fPM) SETNAM S
[8] S FORM M
[9] →0
[10] L1:=P<-2
[11] →L2

```

▽

VM READ APD-BVA

▼SOLOTIMA1[0]▼
 ▼ SOLOTIMA1;J
 [1] a FUNCAO DE FORMATAÇÃO DOS RESULTADOS DO SIMPLEX P/ONDAS PORTADORAS
 [2] J←5
 [3] →(K←9 10)/L1
 [4] →(K←12 13)/L5
 [5] →(K←11)/L2
 [6] L4: ' *** SOLUCAO OTIMA PARA ',(TECNOLOGIAS[K;5↓122]),' *** '
 [7] ' CAPACIDADE DO CABO: ',(C[KALJ]),' Pares'
 [8] →((PBITO)↑1)/L3
 [9] ' TODA A EXTENSAO (',(DS),'Km) APLICAR BITOLA: ',(BITOLA[BITO]),'
 mm'
 [10] ' CUSTO TOTAL (minimo) : CR\$ ',CUSTO←(FOEBITOX(D1←DS)×1000
 [11] D2←0
 [12] →0
 [13] L3: ' PRIMEIRO SEGMENTO: ',(D1),' Km; COM BITOLA: ',(BITOLA[BITO[1]]
), ' mm'
 [14] ' SEGUNDO SEGMENTO: ',(D2),' Km; COM BITOLA: ',(BITOLA[BITO[2]]),'
 mm'
 [15] ' CUSTO TOTAL (minimo) CR\$ ',CUSTO←((FOEBITOX[1]×D1)+FOEBITOX[2]
 ×D2)×1000
 [16] →0
MORE... APD-BVA
 [17] L1: J←2
 [18] →L4
 [19] L2: J←3
 [20] →L4
 [21] L5: J←4
 [22] →L4
 ▼

VM READ APD-BVA

▼TABSOL1[0]▼
 ▼ TABSOL1
 [1] a ESTA FUNCAO MONTA A TABELA DE SOLUCOES PARA ONDAS PORTADORAS
 [2] →(W1←1)/L1
 [3] L3: →(K)12)/L2
 [4] a aCUSTOX1←0 p0
 [5] a aDX1←BITOX1← 0 2 p0
 [6] L2: DX1←DX1,[1] D1,D2
 [7] →((PBITO)↑1)/L4
 [8] BITOX1←BITOX1,[1] BITO
 [9] L5: CUSTOX1←CUSTOX1,CUSTO
 [10] →0
 [11] L1: W1←D1←D2←CUSTO←0
 [12] BITO← 0 0
 [13] →L3
 [14] L4: BITOX1←BITOX1,[1] BITO,0
 [15] →L5
 ▼

VM READ APD-BVA

▼ALG3A[0]▼
 ▼ ALG3A;T1;X;Y
 [1] a FUNCAO ALTERNATIVA DE ALG3
 [2] IE←(DMT←DMO)×1÷T
 [3] CAPOT←(4,0)p0
 [4] T1←0
 [5] L2: DMTL←LDMO×IE×T1
 [6] X←0
 [7] →((Y←DMTL)÷LCIK×ROCEK[1;2])/L1
 [8] Y←LCIK×ROCEK[1;2]


```

[9]  L4:=Y<-Y-1
[10] X<-X+1
[11] →(X)CIK÷2)/L5
[12] →((DMTL-(X×1+2×D)+Y)×0)/L3
[13] →L4
[14] L1:=CAPOT<-CAPOT,[2](X,Y,(X+Y),((LROCK1;2]×CIK)-(X+Y))
[15] CAPOT<-CAPOT,[2]((1+2×D)×X),Y,(((1+2×D)×X)+Y),LDMTL-((1+2×D)×X)+Y
[16] →(X=CIK÷2)/L5
[17] T1<-T1+1
[18] →L2
[19] L3:=X<-X-1
[20] Y<-Y+1

```

MORE... APD-BVA

```

[21] →L1
[22] L5:= *CAPOT
    ▼

```

VM READ APD-BVA

▽ALG3B[□]▽

▼ ALG3B:T1;W;X;Y

```

[1] * ALGORITMO MODIFICADO PARA ONDAS PORTADORAS EXCLUSIVAS
[2] IE<-(DMT-DM0)*1÷T
[3] T1<-W<-0
[4] CAPOT<-(4,0)P0
[5] L1:=DMTL<-LDH0×IE×T1
[6] Y<-(LCIK×ROCIK1;2])<-X<-LDMTL÷D
[7] →(X)CIK÷2)/L2
[8] W<-X=CIK÷2
[9] L3:=CAPOT<-CAPOT,[2] X,Y,(X+Y),CIK-(X+Y)
[10] CAPOT<-CAPOT,[2](D×X),0,(D×X),DMTL-D×X
[11] →(W=1)/L4
[12] T1<-T1+1
[13] →L1
[14] L2:=X<-CIK÷2
[15] Y<-(LCIK×ROCIK1;2])<-X
[16] W<-1
[17] →L3
[18] L4:= **CAPOT
    ▼

```

VM READ APD-BVA

▽CUSTMON01[□]▽

▼ CUSTMON01;U;Z;Y;W;Z;ALFA;BETA

```

[1] * ESTA FUNCAO CALCULA O CUSTO DO SISTEMA MONO I(P=0) OU II(P=1)
[2]
[3] INV<-0P0
[4] U<-Z<-Y<-W<-0
[5] J<-1
[6] L1:=CMONO<-0
[7] X<-CRE1;J]
[8] →(X=0)/L4
[9] →(J=1)/L3
[10] X<-X-CRE1;J-2]
[11] L6:=CMONO<-CMONO+X×(+/TMONO[1 2 3 4 13 ;P+1])
[12] CMONO<-CMONO+/(L(0.08×X))×+/TMONO[2 4 ;P+1]),((L(0.05×X))×TMONO[1;P+1]),
    ((L(0.03×X))×TMONO[3;P+1]),((L(0.02×X))×TMONO[5;P+1])
[13] U<-1
[14] →(((CRE1;J]÷200))W)/L3
[15] →(((CRE1;J]÷10))Y)/L3
[16] L4:=INV<-INV,CMONO
[17] L2:=→((J<-J+2)≠(1)P<-CR)+1)/L1
[18] →0
[19] L3:=ALFA<-←(CRE1;J]÷200)

```

MORE... APD-BVA

```

[20] BETA←F(CRE1;J)÷10)
[21] CMONO←CMONO+(-((W×F)+Y×G))+((ALFA×F←+/TMONO[6 8 9 10 11 ;P+1])+BETA×(G←+/
TMONO[7 12 ;P+1]))
[22] W←ALFA
[23] Y←BETA
[24] →(Z=1)/L4
[25] CMONO←CMONO++/TMONO[14 15 ;P+1]
[26] Z←1
[27] →(U=1)/L4
[28] CMONO←CMONO+X×(+/TMONO[1 2 3 4 13 ;P+1])
[29] CMONO←CMONO++/((L(0.08×X))×+/TMONO[2 4 ;P+1]),((L(0.05×X))×TMONO[1;P+1]),
((L(0.03×X))×TMONO[3;P+1]),((L(0.02×X))×TMONO[5;P+1])
[30] →L4
  ▽

```

VM READ APD-BVA

▽CARRPE[]▽

▽ CARRPE;H

```

[1] * ESTA FUNCAO ESTABELECE O NUMERO DE ARMARIOS NECESSARIOS PARA ATENDER
[2] * AS REPETIDORAS DO SISTEMA MULTI
[3] H←X
[4] D3←8+D2←3+D1←1
[5] C1←C2←C3←0
[6] →((H÷D3)≥1)/L1
[7] L4:→((H÷D2)≥1)/L2
[8] L5:→((H÷D1)≥1)/L3
[9] →0
[10] L1:C1←LH÷D3
[11] H←H-C1×D3
[12] →L4
[13] L2:C2←LH÷D2
[14] H←H-C2×D2
[15] →L5
[16] L3:C3←LH÷D1
  ▽

```

VM READ APD-BVA

▽CARAS[]▽

▽ CARAS;H

```

[1] * ESTA FUNCAO CALCULA O NUMERO DE ARMARIOS DE ASSINANTES QUE SAO
[2] * NECESSARIOS POR SISTEMAS DE MULTI
[3] H←X
[4] B1←B2←B3←B4←0
[5] →((H÷4)≥1)/L1
[6] L5:→((H÷3)≥1)/L2
[7] L6:→((H÷2)≥1)/L3
[8] L7:→((H÷1)≥1)/L4
[9] →0
[10] L1:H←H-4×B1←LH÷4
[11] →L5
[12] L2:H←H-3×B2←LH÷3
[13] →L6
[14] L3:H←H-2×B3←LH÷2
[15] →L7
[16] L4:B4←LH÷1
[17] →0
  ▽

```