

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PLANEJAMENTO DE CENTROS DE FIOS:
PROGRAMA CRONOS, PALCO E RELUZ

51/83

MARTA RETTELBUSCH DE BASTOS MARTINI
Orientador: Jurandir F. Ribeiro Fernandes

Tese de Mestrado apresentado à
Faculdade de Engenharia de Cam
pinas da Universidade Estadual
de Campinas.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
OUTUBRO/83

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, e em especial

- a Jurandir F. R. Fernandes, pela orientação, amizade e incentivo,
- a Hermano M. F. Tavares, cuja experiência e dedicação acompanharam todo o desenvolvimento deste trabalho,
- ao Martini, pelo carinho, compreensão e força que me deu nesses meses de trabalho, e pela revisão do texto final,
- a Akebo e Christiano, que colaboraram diretamente no trabalho, pela disponibilidade e atenção,
- a Aquino, engenheiro do CPqD, pelo apoio dado à realização deste trabalho,
- ao Grupo de Digitalização da Telebrás, pelas críticas e sugestões,
- aos colegas da FEC, especialmente Anilton, Ariovaldo, Carlos, Evandro, Flávio, Nakagawa, Raul, Regina e Thadeusa, pela convivência e trabalho em equipe,
- aos colegas do CPqD, em particular a Cleide, Januário, Jorge, Lavelha, Nelson, Pedro Paulo e Veríssimo, pelo apoio e sugestões,
- ao Luiz pelos desenhos e mapas,
- a Heidi e Elza pelo trabalho de datilografia.

A meus pais e irmãos
Emmanuel e Anna,
Alberto e Rosa

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 -	INTRODUÇÃO	1
1.1.	METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO	2
1.2.	NOMENCLATURA UTILIZADA	10
CAPÍTULO 2 -	CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS TELEFÔNICAS EM REDES URBANAS (PROGRAMA CRO-NOS)	14
2.1.	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
2.2.	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA	16
2.2.1.	DADOS NECESSÁRIOS	16
2.2.2.	HIPÓTESES ASSUMIDAS	16
2.2.3.	MODELO MATEMÁTICO	20
2.3.	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO NO TEMPO	24
2.3.1.	VISÃO GERAL	27
2.3.2.	VISÃO DETALHADA	30
2.4.	O PROBLEMA DO DIÂMETRO DE FIOS A UTILIZAR	33
2.5.	O PROBLEMA DA DEPENDÊNCIA	35
2.5.1.	ZONAS DE FILIAÇÃO DE ESTAÇÃO ANTIGAS..	35
2.5.2.	ARCOS COMPARTILHADOS EM ZONAS DE FI-LIAÇÃO DE ESTAÇÕES ANTIGAS	36
2.5.3.	ARCOS COMPARTILHADOS EM ZONAS DE FI-LIAÇÃO DE ESTAÇÕES NOVAS	37

2.5.4.	HIPÓTESE DE INDEPENDÊNCIA	40
2.5.5.	ESTUDO DA DEPENDÊNCIA COMO PÓS-OMITTI- ZAÇÃO	41
2.6.	ASPECTOS COMPUTACIONAIS	43
2.6.1.	DADOS DE ENTRADA E SAÍDA	43
2.6.2.	O PROGRAMA CRONOS	48
2.7.	TESTES COMPUTACIONAIS	55
2.7.1.	REDE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	56
2.7.2.	REDE DE CURITIBA	58
2.8.	OBSERVAÇÕES FINAIS	60
CAPÍTULO 3 - PROGRAMA DE ALOCAÇÃO DE CONCENTRADORES (PALCO)		65
3.1.	INTRODUÇÃO	65
3.1.1.	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO CONCENTRADOR DE LINHA DIGITAL TRÓPICO C	66
3.2.	DEFINIÇÕES IMPORTANTES	69
3.2.1.	COMPRIMENTO ECONÔMICO DE UM ARCO E PO- TENCIAL ECONÔMICO DE UM NÓ	69
3.2.2.	DISTÂNCIA CRÍTICA PARA A INSTALAÇÃO DE CONCENTRADORES	72
3.2.3.	COMENTÁRIOS SOBRE VARIAÇÃO DA DISTÂN- CIA CRÍTICA	74
3.3.	DISCUSSÃO SOBRE POLÍTICAS DE INSTALAÇÃO DE CON- CENTRADORES	79
3.3.1.	POLÍTICA NÃO CONSERVADORA	79
3.3.2.	POLÍTICA CONSERVADORA	80
3.3.3.	A POLÍTICA ADOTADA	80

3.4.	CRITÉRIOS DE DECISÃO SOBRE A INSTALAÇÃO DE CON- CENTRADOR DE UM CERTO NÓ DA REDE	82
3.4.1.	NÓS COM POTENCIAL MENOR OU IGUAL À DISTÂNCIA CRÍTICA	82
3.4.2.	NÓS COM POTENCIAL MAIOR QUE A DISTÂN- CIA CRÍTICA	82
3.4.3.	ORDEM DE AVALIAÇÃO DOS CANDIDATOS	85
3.5.	ASPECTOS COMPUTACIONAIS	88
3.5.1.	DADOS DE ENTRADA E SAÍDA	88
3.5.2.	DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA PALCO .	92
3.6.	TESTES COMPUTACIONAIS	94
3.6.1.	CONCENTRADORES EM UM CENÁRIO DIGITAL DA REDE DE CURITIBA	94
3.6.2.	CONCENTRADORES NO CENÁRIO ANALÓGICO DA REDE DE CURITIBA	100
3.7.	OBSERVAÇÕES FINAIS	108
CAPÍTULO 4 - PROGRAMA REALOCADOR DE UNIDADES REMOTAS (RELUZ)		115
4.1.	INTRODUÇÃO	115
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	116
4.2.1.	ESTAÇÕES MÃES	120
4.2.2.	ESTAÇÕES NÃO MÃES	120
4.3.	METODOLOGIA DO PROBLEMA	122
4.3.1.	FASE INICIAL	122
4.3.2.	FASE ITERATIVA	122

4.4.	ASPECTOS COMPUTACIONAIS	124
4.4.1.	DADOS E ENTRADA E SAÍDA	124
4.4.2.	DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA RELUZ .	128
4.5.	TESTES COMPUTACIONAIS	130
4.6.	OBSERVAÇÕES FINAIS	133
CAPÍTULO 5 -	CONCLUSÃO	135

BIBLIOGRAFIA	138
--------------------	-----

APÊNDICE I - LISTAGENS COMPUTACIONAIS

I.1. LISTAGEM DO TESTE RESTRITO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS.....	iv
I.2. LISTAGEM DO TESTE IRRESTRITO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	viii
I.3. RELATÓRIO DO TESTE IRRESTRITO COM O CRONOS EM CURITIBA	xvii
I.4. EXEMPLO DE RELATÓRIO DE SAÍDA DO PALCO	xxiii
I.5. EXEMPLO DE RELATÓRIO DE SAÍDA DO RELUZ	xxvi

APÊNDICE II - MAPAS

II.1. MAPA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	xxvii
II.2. MAPA DE CURITIBA NO ANO DE 1990 PARA O TESTE DO CENÁRIO DIGITAL	xxviii
II.3. MAPA DE CURITIBA NO ANO DE 1990 PARA O TESTE DO CENÁRIO ANALÓGICO	xxiv
II.4. MAPA DE CURITIBA NO ANO DE 1995 PARA O TESTE DO CENÁRIO ANALÓGICO	xxx
II.5. MAPA DE CURITIBA NO ANO 2000 PARA O TESTE DO CENÁRIO ANALÓGICO	xxxii
II.6. MAPA DE CURITIBA NO ANO 2000 CENÁRIO DIGITAL BÁSICO	xxxiii

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

No intuito de planejar a expansão de sistemas telefônicos, é interessante dispor de uma metodologia que permita analisar políticas alternativas de evolução, de forma a minimizar os custos envolvidos. Tal metodologia é valiosa sobretudo quando o sistema telefônico está imerso em uma atmosfera de importantes mudanças tecnológicas.

O conjunto de ferramentas computacionais descrito na presente dissertação foi desenvolvido com o propósito de otimizar a expansão de redes telefônicas locais, bem como orientar sua transformação qualitativa, no rumo da digitalização.

1.1. METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO

Como filosofia geral, adota-se um período de planejamento de longo prazo, sub-dividido em intervalos de tempo menores para que sejam obtidas maiores riqueza de detalhes e precisão.

Na Figura 1.1. são mostrados alguns dos programas computacionais desenvolvidos, a relação entre eles, e as fases seguidas no planejamento.

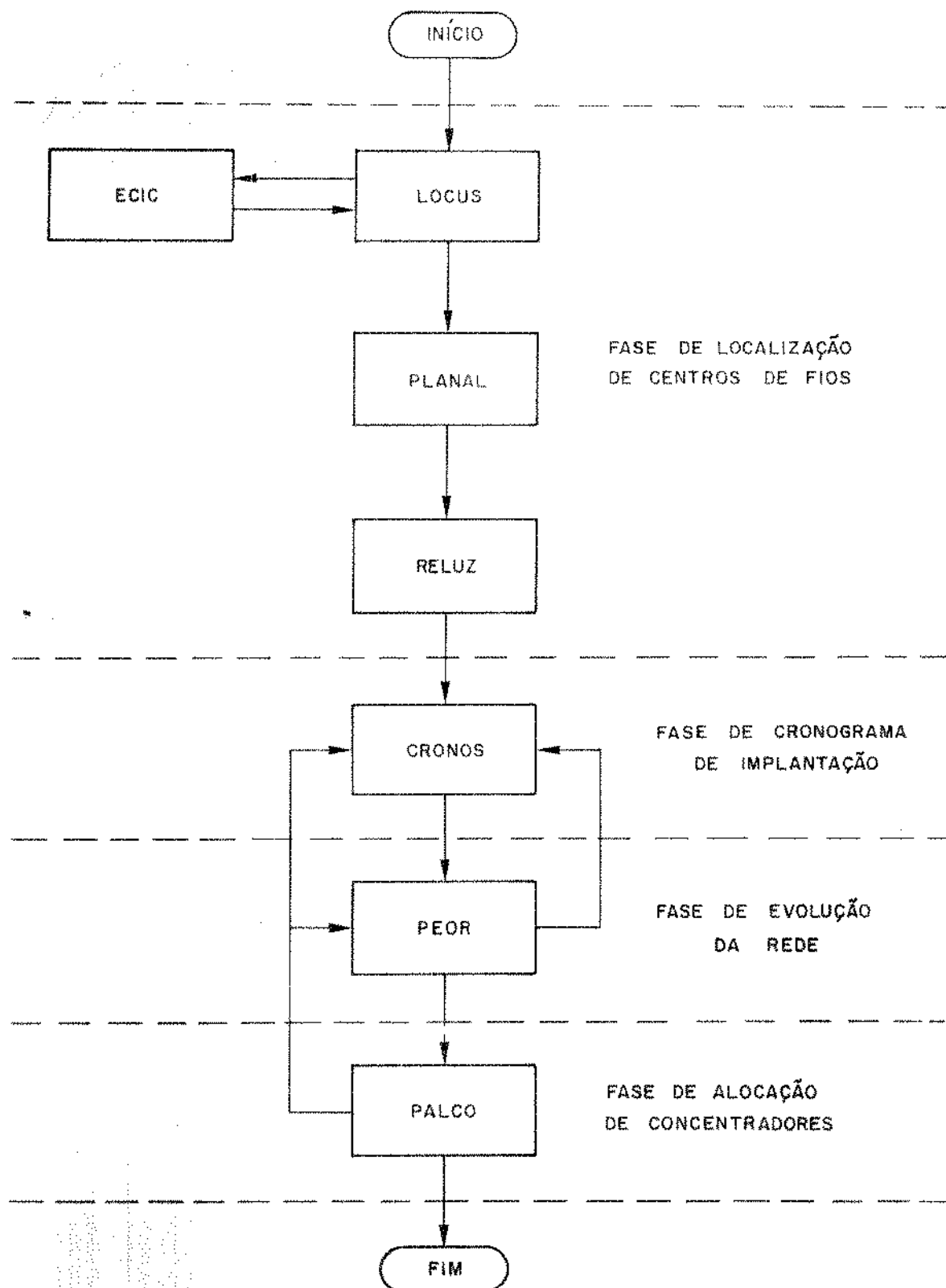


FIGURA 1.1.

Apesar das fases serem sequenciais, é possível que, a partir do resultado de uma fase, deseje-se alterar o resultado de uma fase anterior. As linhas verticais da Fig. 1.1. de retorno a fases ou programas anteriores indicam intervenções do planejador. Nas descrições dos programas a seguir serão comentadas as relações entre eles.

A. FASE DE LOCALIZAÇÃO

O programa LOCUS (Programa de Localização de Centros de Fios) (1) é o grande responsável pela localização dos novos centros de fios. O LOCUS atende à demanda prevista para o ano horizonte de planejamento a um custo mínimo de rede primária, equipamento de comutação e infra-estrutura. São fornecidos pelo programa o número ótimo de novos centros de fios para o ano horizonte, sua localização e uma estimativa de suas capacidades. Além disso, o LOCUS indica as ampliações a serem feitas nas estações já existentes. O programa leva em conta a rede primária do início do planejamento, ou seja, aproveita os cabos telefônicos já dispostos nos dutos da rede.

O LOCUS parte da rede no ano inicial do planejamento e configura a rede alvo para o ano horizonte. O programa enfoca estaticamente a rede, projetando a fotografia do ano horizonte a partir da inicial, sem se preocupar com os estágios intermediários.

É utilizada uma rotina de fluxo de custo mínimo (PFCM) (1) para determinar como é feita a ligação dos assinantes aos centros de fios.

O entroncamento entre as centrais locais interfere na sua localização. Todavia os problemas de localização e de entroncamento são tratados separadamente, devido à grande complexidade do problema composto. Depois é feito o acoplamento dos dois resultados.

O programa ECIC (2) (Programa Estimador do Custo de Interligação de Centrais Locais) fornece uma estimativa do entroncamento entre as estações locais, na rede alvo determinada pelo LOCUS. O ECIC interage com o LOCUS, influenciando no número e na localização das novas estações. Este programa trabalha também dentro de uma visão estática, uma vez que atua sobre a configuração da rede para o ano horizonte.

Quando são estudados cenários de tecnologia mista ou totalmente digital, há possibilidade de serem utilizados Estágios de Linha Remotos (ou Unidades Remotas - UR) de centrais digitais. Sendo introduzidas na rede estas facilidades, é necessário determinar quais estações, dentre as mistas e digitais, atenderão aos Estágios de Linha Remotos, já que estes não possuem autonomia no encaminhamento de chamadas. Ao programa PLANAL cabe a tarefa de designar a cada Unidade Remota a estação à qual ela estará submetida (3).

Já se comentou que o programa ECIC tem por fim considerar o custo de entroncamento entre as estações que estarão implantadas no ano horizonte. O programa RELUZ (Programa Realocador de Unidades Remotas) tem por finalidade ajustar a localização das UR's fornecida pelo LOCUS, a fim de incorporar o custo de entroncamento entre as UR's e suas respectivas centrais. O programa RELUZ é também estático, trabalhando na rede-alvo, sobre os resultados fornecidos pelo LOCUS. Pode ser visto como um ajuste fino de pós-otimização sobre a localização das UR's.

Após a interação entre estes quatro programas fica definida a localização dos novos centros de fios na rede, levando em conta os custos de infra-estrutura, comutação, rede primária e entroncamento.

B. FASE DE CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

Dada a quantidade, capacidade e localização das novas estações no ano horizonte, defronta-se, então, com o problema de quando instalá-las, ao longo do período de planejamento. O programa CRONOS (Programa de Cronograma de Implantação de Centrais Telefônicas Locais) (4), resolve esta questão através da comparação entre as várias alternativas possíveis de instalação. O compromisso otimizado é o de atender a demanda da rede e capacidade das estações em cada estágio de planejamento, com um mínimo de custo.

O CRONOS é um programa dinâmico, onde os custos e alternativas de implantação são calculados e analisados ao longo de todos os estágios de planejamento. O programa utiliza uma rotina de programação inteira zero-um para determinar, dentre as alternativas possíveis, o cronograma ótimo.

C. FASE DE EVOLUÇÃO DA REDE

Definido o cronograma ótimo de implantação das novas estações telefônicas, o programa PEOR (Programa de Evolução Otimizada da Rede) (5) faz os cortes de área referentes a cada centro de fios, ao longo do período de planejamento. A rigor, o programa PEOR participa também da fase de cronograma. Isto porque o estágio de implantação das eventuais UR's é determinado a partir da análise de sua zona de influência ao longo do tempo.

Partindo da configuração da rede no estágio anterior, o PEOR reestrutura as zonas de filiação a cada estágio, visando atingir a rede alvo do ano horizonte. É, portanto, um processo dinâmico.

O programa permite que os novos assinantes se liguem de maneira ótima aos centros de fios existentes no estágio em estudo, aproveitando os cabos já enterrados. Isto é feito de modo a proibir uma ociosidade exagerada no equipamento de comutação das centrais antigas.

D. FASE DE ALOCAÇÃO DE CONCENTRADORES

O programa PALCO (Programa de Alocação de Concentradores) estuda a introdução de concentradores em redes telefônicas. O programa age sobre a configuração da rede para cada estágio, fornecida pelo PEOR, e faz uma análise de custos. É preciso comparar o custo do equipamento do concentrador com a economia de rede primária introduzida por ele. A partir dessa comparação o programa indica onde instalar concentradores, a fim de que o custo global da rede diminua.

O PALCO atua sobre cada estágio de planejamento independentemente, ou seja, não possui memória dos concentradores alocados nos estágios anteriores. É possível um acúmulo de experiência ao longo do tempo, tal como é feito no PEOR. No entanto, na atual versão do PALCO isto, se desejado, deve ser feito pelo planejador. Logo, apesar de agir sobre todos os estágios de planejamento, o PALCO atua estaticamente sobre cada um deles.

A seguir é visto um diagrama dinâmico da atuação dos programas ao longo do período de planejamento. Seja, por exemplo, um horizonte de planejamento de 20 anos, subdividido em 4 períodos menores. Na Fig. 1.2. são indicados os estágios de planejamento correspondentes aos sub-períodos. Nos cartões referentes aos estágios estão indicadas, no canto inferior direito, as estações novas a serem implantadas naquele estágio (saída do CRONOS). Assim, por exemplo, para um dado resultado do LOCUS, indicando seis novas estações, o cronograma poderia ser como indicado na figura a seguir.

As setas indicam a ação dos programas:

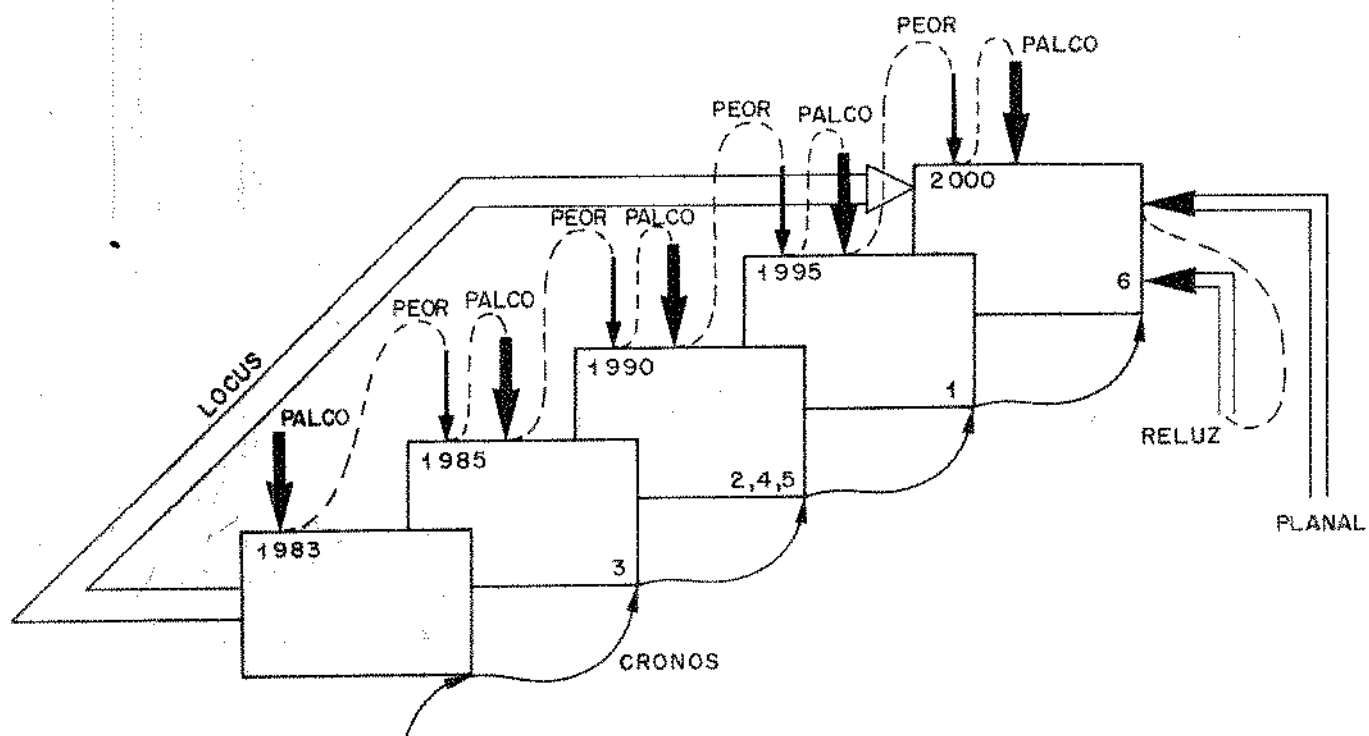


FIGURA 1.2.

O esforço de concepção e desenvolvimento cujos resultados são apresentados neste trabalho, abrange os programas RELUZ, CRONOS e PALCO.

Os 3 capítulos seguintes compreendem um estudo detalhado de cada um destes programas, e dos resultados obtidos quando da sua aplicação a rede reais.

No último capítulo podem ser encontradas algumas considerações sobre o desempenho dos programas, e propostas de continuidade do trabalho.

Os custos adotados neste trabalho são referentes a dezembro de 1981. Maiores informações sobre a obtenção e o tratamento desses dados podem ser encontrados nas referências bibliográficas (8).

1.2.

NOMENCLATURA UTILIZADA

A seguir são definidos alguns termos técnicos frequentemente utilizados neste trabalho:

CENTRAL - central local de comunicação telefônica, à qual se ligam linhas de assinantes (6).

ESTAÇÃO TELEFÔNICA - conjunto constituído do prédio e de uma ou mais Centrais Telefônicas nele instaladas.

CENTRO DE FIOS - corresponde a qualquer ponto de aglomeração de fios. Pode ser uma estação, uma Unidade Remota de Central (Estágio de Linha Remoto) ou um Concentrador de Linha.

ZONA DE FILIAÇÃO DE UM CENTRO DE FIOS - zona de influência, ou área de serviço de um centro de fios. Corresponde aos nós ligados a este centro, e aos arcos que têm origem e destino nestes nós. As zonas de filiação são sub-conjuntos da rede. Cada nó pertence somente a uma zona de filiação. As zonas de filiação são sub-grafos conexos do grafo da rede.

SEÇÃO DE SERVIÇO - é cada uma das áreas em que se divide uma zona de filiação, constituindo-se na menor unidade para controle de planejamento e projeto de cabos da rede de distribuição. Sendo assim, para efeito de planejamento da rede de distribuição, considera-se a demanda de uma seção de serviço concentrada no seu armário de distribuição.

ARMÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO - dispositivo destinado a suportar e abrigar blocos de conexão que possibilitam a interconexão dos cabos da rede alimentadora, que ali terminam, com os cabos da rede de distribuição. São os nós da rede no modelo de grafos.

DUTO - tubulação subterrânea que permite a instalação de cabos telefônicos, ligando os armários de distribuição entre si. São designados por arcos no modelo de grafos.

ARCOS DE FRONTEIRA - são arcos que não pertencem a nenhuma zona de filiação. Nestes arcos, o nó origem e o nó destino pertencem a zonas de filiação distintas.

ANO PRESENTE - ano base, ano atual, ou estágio inicial de planejamento. É o ano em que se inicia o período de planejamento.

ANO HORIZONTE - ou ano meta, é o ano em que se encerra o período de planejamento.

PERÍODO DE PLANEJAMENTO - intervalo de tempo compreendido entre o ano presente e o ano horizonte.

Ao longo do período de planejamento faz-se o cronograma de instalação das estações previstas para atender à demanda no ano horizonte. O período de planejamento deve ser de longo prazo, sendo comum utilizar faixa de estudo de 20 anos.

SUB-PERÍODOS DE PLANEJAMENTO - cada uma das subdivisões que são feitas no período de planejamento, a fim de examinar a conveniência de se instalar aí um novo centro de fios (central, unidade remota de central, ou concentrador). Os sub-períodos não precisam ter a mesma duração, e seu número é arbitrário.

ESTÁGIOS DE PLANEJAMENTO - limite entre os sub-períodos de planejamento, incluindo o ano presente e o ano horizonte. O número de estágios de planejamento é igual ao número de sub-períodos, mais um.

GRAFO - conjunto de nós e de arcos ligando esse nós.

ÁRVORE - é um grafo conexo (existe um caminho entre dois nós quaisquer) e sem ciclos.

NÓ RAIZ - é o nó de referência dentro da árvore.

PAI DE UM NÓ - é o sucessor imediato de um nó em direção à sua central. Cada nó possui somente um nó pai. O pai do nó raiz é, por convenção, feito nulo.

FILHO DE UM NÓ - é cada um dos nós sucessores imediatos de um nó, em direção contrária à sua central. Um nó pode ter ou não nós filhos.

ARCO QUE LIGA DO PAI - arco pertencente à árvore, ligando um nó ao seu nó pai. O arco que liga a raiz ao seu pai é nulo, por convenção.

FIO DE UM NÓ - é um índice que permite percorrer todos os nós de uma árvore em uma sequência lógica, partindo da raiz. FIO (I) é um filho do nó I se I possui filho. Caso contrário, FIO (I) é um filho do ancestral de I mais próximo, que possua um filho ainda não marcado pelo fio. O fio do último nó a ser percorrido é por convenção nulo.

A Fig. 1.3. e a tabela anexa ilustram os últimos conceitos. Seja um árvore com seu nó raiz, onde o nó A representa uma estação e o nó R é a raiz.

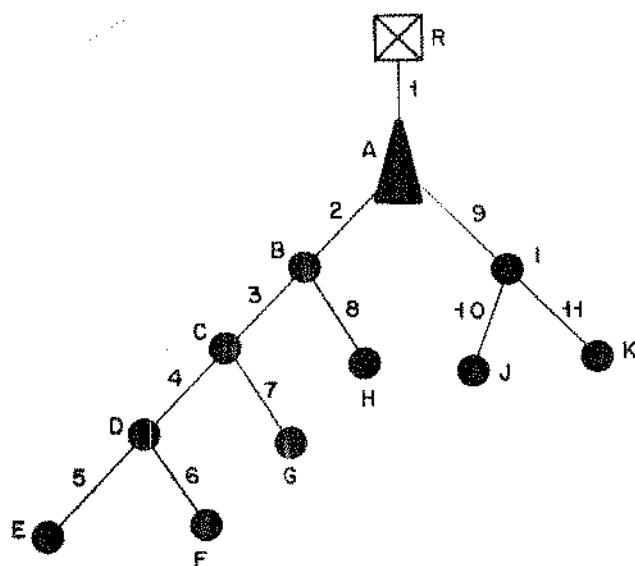


FIGURA 1.3.

FUNÇÃO \ NÓ	R	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
PAI	$\emptyset$	R	A	B	C	D	D	C	B	A	I	I
FILHO	A	B, I	C, H	D, G	E, F	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	J, K	$\emptyset$	$\emptyset$
FIO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	$\emptyset$
ARCO QUE LIGA DO PAI	$\emptyset$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

TABELA 1.1.

CAPÍTULO 2 - CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE CENTRAIS TELEFÔNICAS EM REDES URBANAS (CRONOS)

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O crescimento do número de assinantes de uma rede telefônica urbana deve ser acompanhado por uma expansão do sistema, de modo não só a atender a demanda crescente, mas também a fazê-lo de forma racional e planejada*.

O programa CRONOS tem por objetivo determinar qual a melhor política de evolução da rede telefônica atual, para a configuração ótima futura. Essa evolução deve ser otimizada, de forma a atender a demanda ao longo do período de planejamento, com o mínimo custo.

A fim de estabelecer o cronograma de implantação de novas estações telefônicas urbanas, é necessário sub-dividir o período de planejamento. Nos estágios (ver item 1.2.) definidos por estes sub-períodos, será analisada a possibilidade de implantação de novas estações, ou ampliação das já existentes. É necessário saber, a cada estágio:

- a demanda de assinantes por seção de serviço.
- o custo de implantação ou de ampliação das estações,
- e
- o custo de ligação dos assinantes da rede.

O custo de implantação ou de ampliação de uma estação envolve gastos com:

- terreno

* A configuração ótima para uma rede, no ano horizonte de planejamento é determinada pelo programa LOCUS (1).

- edificação
- energia
- climatização
- comutação

O custo de ligação dos assinantes existentes em cada estágio de planejamento envolve o custo dos cabos necessários para conectá-los às suas respectivas centrais. O cálculo deste custo será visto em detalhes mais adiante.

Supondo satisfeitas as restrições de capital financeiro e de mão-de-obra, bem como as de atendimento da demanda, existe uma situação de compromisso. Se as novas estações forem instaladas no início do período de planejamento, haverá um alto custo inicial, e elevada taxa de ociosidade no equipamento instalado. Caso as novas estações sejam instaladas no fim do período de planejamento, os custos de capital serão menores, mas os custos de refiliação de assinantes das estações antigas para suas estações novas e definitivas seriam elevados. Pode-se então notar que a função do programa CRONOS é a de buscar um compromisso ótimo entre os ganhos de capital e os custos de ligação dos assinantes às suas centrais.

2.2. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA

2.2.1. DADOS NECESSÁRIOS

São supostos conhecidos:

- a configuração da rede primária atual, demanda de cada seção de serviço, capacidade e localização das estações, bem como suas respectivas zonas de filiação. Estes dados são fornecidos pelo usuário.

- a configuração da rede no ano horizonte, e também a capacidade e zona de filiação das estações novas previstas para o ano horizonte. Estes dados são fornecidos pelo programa LOCUS.

- a demanda prevista para cada seção de serviço, em cada estágio de planejamento, e

- o custo de implantação das estações novas e de ampliação das antigas. Estes dados são fornecidos pelo usuário.

O programa se encarregará de calcular os custos de ligação dos assinantes às suas respectivas centrais.

2.2.2. HIPÓTESES ASSUMIDAS

São assumidas as seguintes hipóteses:

- a configuração da rede primária atual deverá levar em conta todas as seções de serviço e dutos previstos para o ano horizonte, mesmo que algumas destas seções não possuam assinantes no estágio inicial.

- cada seção de serviço deverá ser atendida por apenas uma central;

- os assinantes podem sofrer no máximo uma refiliação, ou seja, no início do planejamento cada armário de distribuição está ligado a uma estação antiga e assim permanecerá até que a estação à qual ele estará ligado no ano horizonte seja implantada, e

- as instalações das estações novas são independentes entre si, isto é, ao ser analisado o custo de implantação de uma estação, supõe-se que as demais só serão instaladas no ano horizonte.

A ilustração destas hipóteses é feita nas figuras abaixo através de uma rede exemplo bem simples.

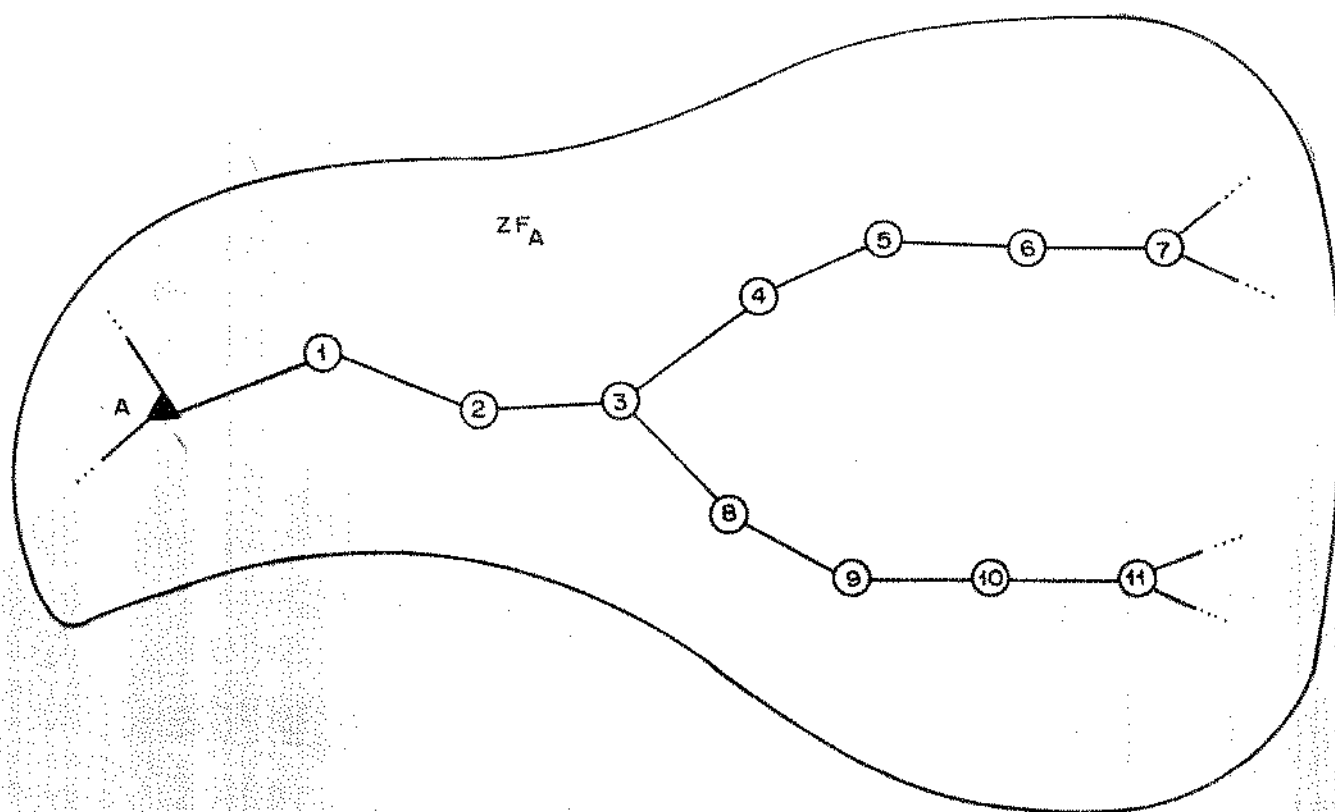


FIGURA 2.1. - REDE NO ESTÁGIO INICIAL

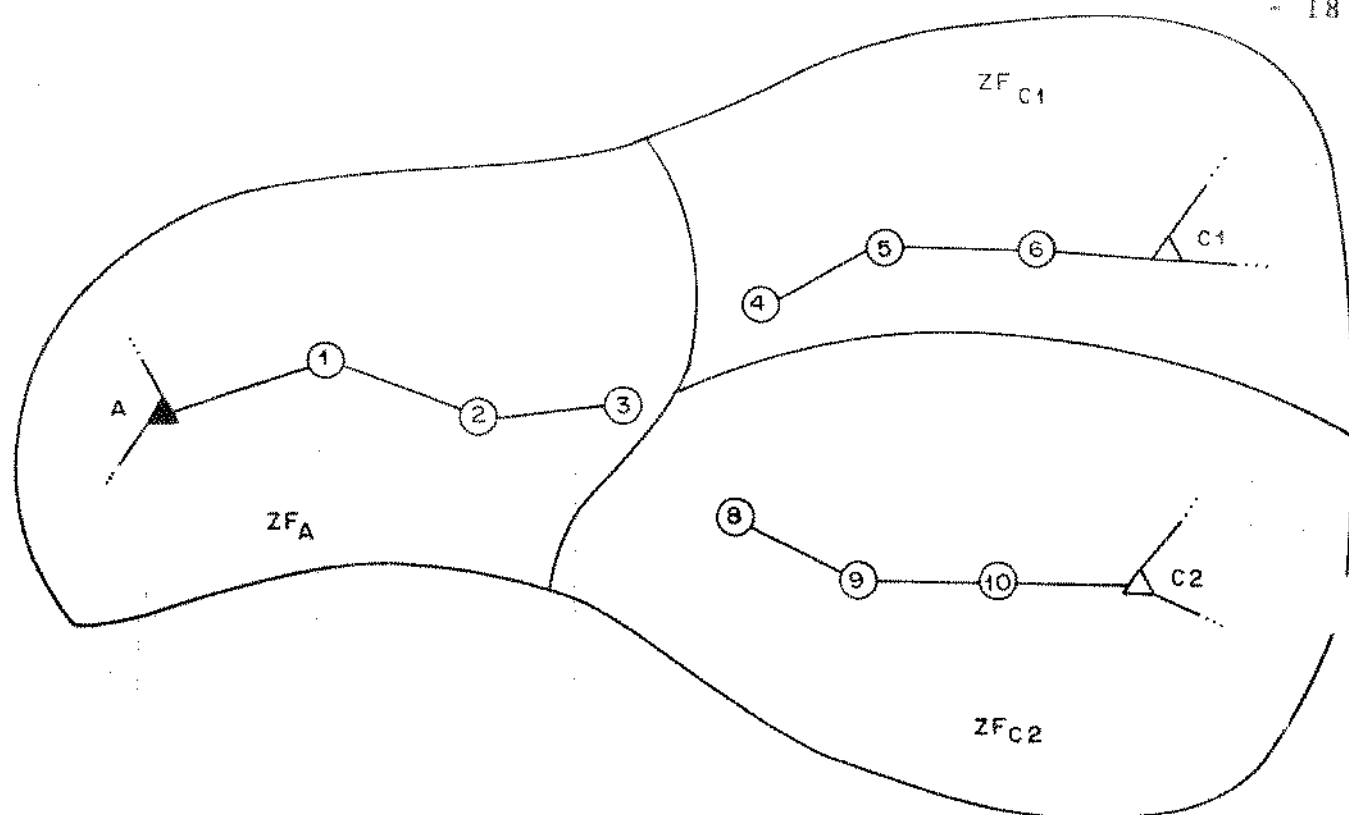


FIGURA 2.2. - REDE NO ESTÁGIO FINAL

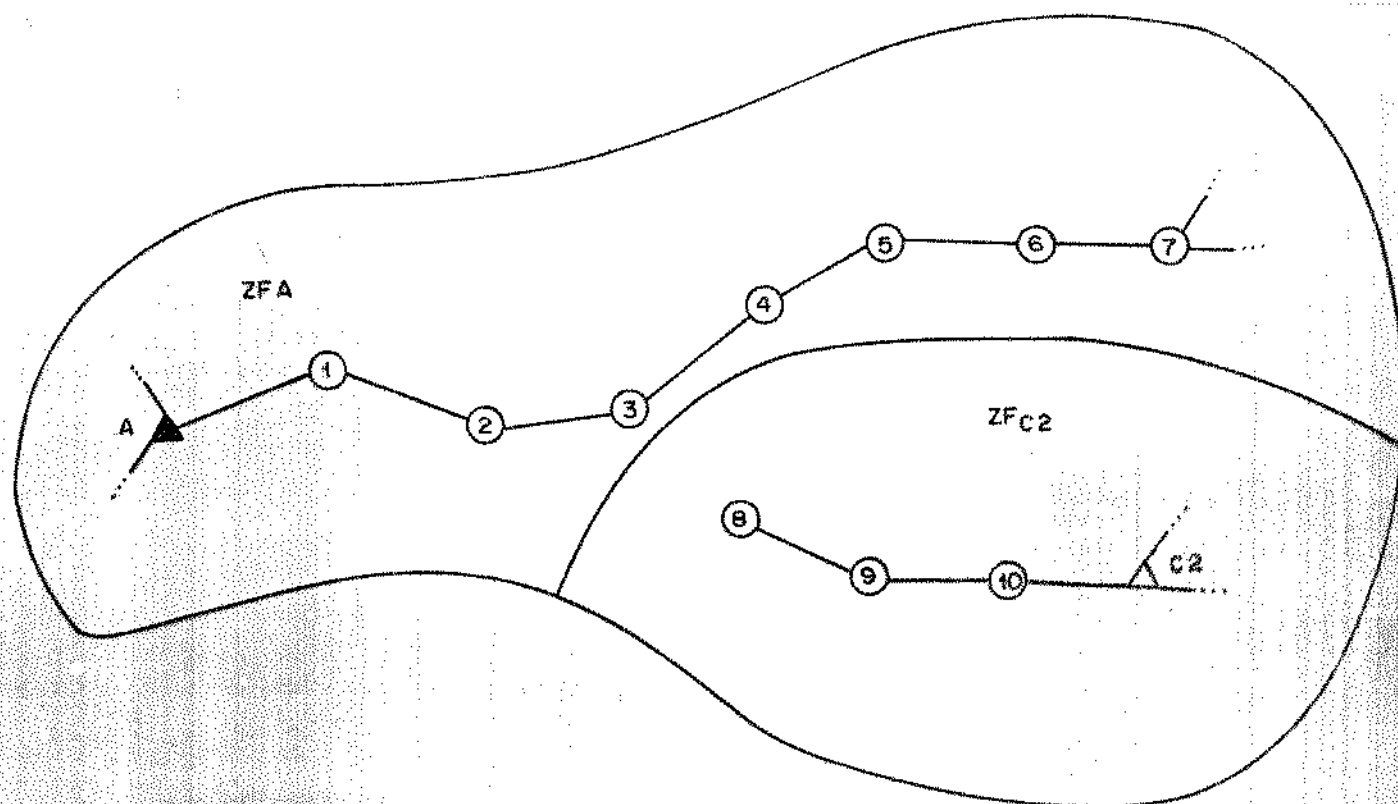


FIGURA 2.3. - REDE CONSIDERADA NO ESTADO DA IMPLANTAÇÃO DE C2

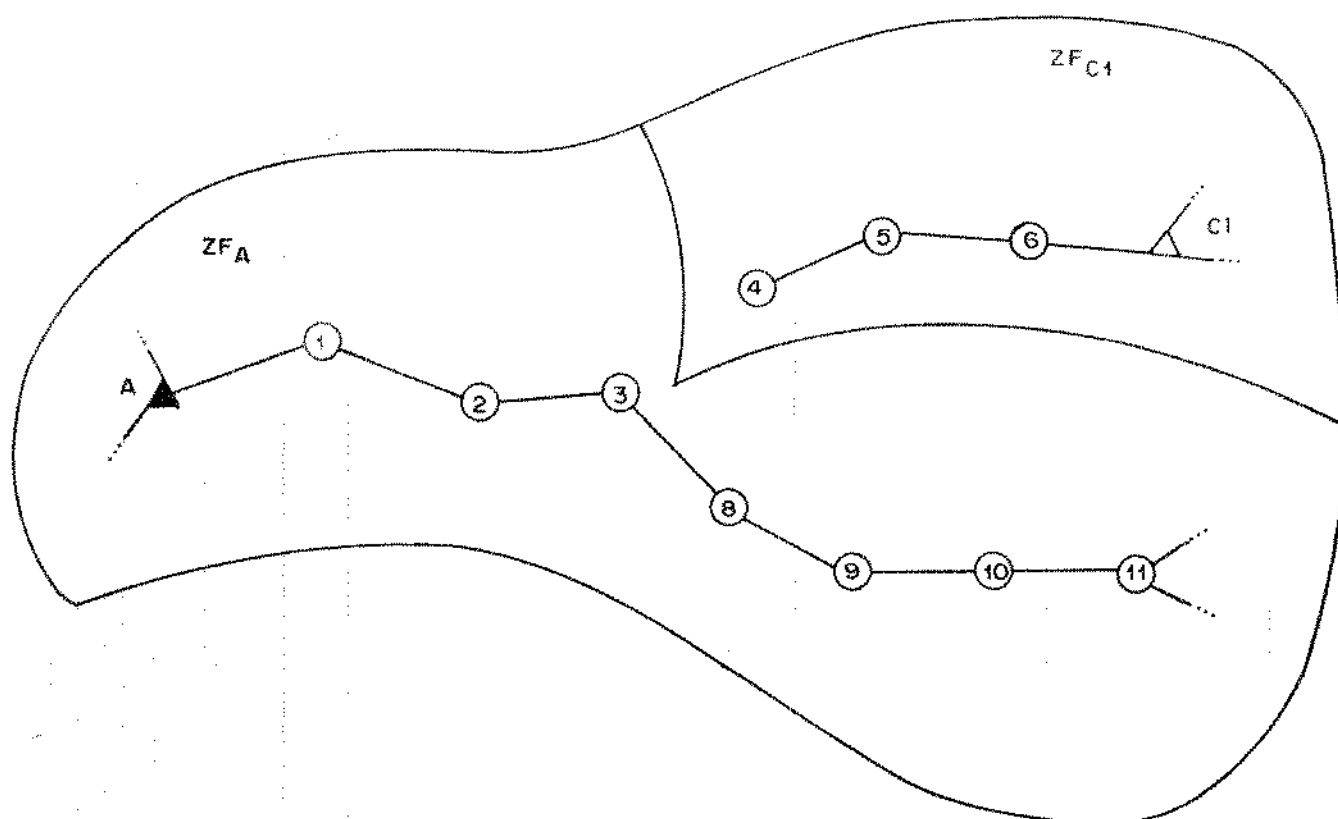


FIGURA 2.4. - REDE CONSIDERADA NO ESTADO DA IMPLANTAÇÃO DE C1

Inicialmente todos os armários de distribuição estão ligados à estação antiga A, havendo pois uma única zona de filiação ZFA.

No ano horizonte, os armários de distribuição 4, 5, 6 e 7 estarão definitivamente ligados à estação nova C1, e os armários 8, 9, 10 e 11 à estação nova C2. Os assinantes destas oito seções de serviço estavam provisoriamente ligados a A.

Em função das hipóteses assumidas, ao instalar a central C1, o programa CRONOS opera segundo exposto na Fig. 2.4...

Ao calcular os custos de implantação de uma estação nova, o programa leva em consideração sua correspondente zona de filiação no ano horizonte. Isto impede que os assinantes dos armários de distribuição 10 e 11 se liguem à estação C1 e depois à estação definitiva C2. Ou seja, os nós 10 e 11 continuarão ligados a A, mesmo se estiverem mais próximos de C1, até a instalação de C2.

Neste sentido, pode-se dizer que o programa CRONOS é rígido e conservador, quando faz os cortes de área de forma abrupta, dando à estação a área de influência que ela terá no ano horizonte. Por causa dessa política de cortes de área é possível ocorrer diminuição do número de assinantes atendidos pelas estações antigas, em função da instalação de uma estação nova. Isso gera ociosidade no equipamento.

A retirada da hipótese de uma única refiliação levou ao desenvolvimento do programa PEOR (Programa de Evolução Otimizada da Rede). Neste programa os cortes de área são evolutivos, impedindo a ociosidade do equipamento já instalado.

2.2.3. MODELO MATEMÁTICO

Sejam:

$t = 1, 2, \dots, T$: os instantes (estágios possíveis de instalação de novas estações).

$j = 1, 2, \dots, NCA$: as estações antigas, já existentes na rede, cujo número total é NCA.

$i = 1, 2, \dots, \text{NCN}$: as estações novas, cujo número total é NCN.

A questão é saber em que instante t deve ser instalada a estação i .

É adotada a seguinte variável de decisão:

$$x_{it} = \begin{cases} 1, & \text{se a estação } i \text{ é implantada no estágio } t \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Seja C_{it} o custo de implantação da estação i no instante t . O objetivo é, portanto:

$$\text{Minimizar } \sum_i \sum_t C_{it} x_{it}$$

sujeito às seguintes restrições:

- uma estação i é implantada em algum dos estágios. A necessidade dessa restrição é inerente ao modelo matemático, uma vez que o problema de minimização tende a não instalar as estações novas para evitar os custos.

Portanto, faz-se:

$$\sum_t x_{it} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, \text{NCN}$$

- ao final de cada sub-período a demanda deverá estar atendida, respeitando a limitação de capacidade das estações antigas.

Para isso:

$$\sum_i L_{it} a_{ijt} + a_{jjt} \leq b_j$$

$$t = 1, 2, \dots, T - 1$$

$$j = 1, 2, \dots, NCA$$

onde:

$$L_{it} = \begin{cases} 1, & \text{se a central } i \text{ não for implantada até o estágio } t. \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

L_{it} pode ser expressa em função das variáveis x_{it} , fazendo

$$L_{it} = 1 - \sum_{t'=1}^t x_{it'}$$

b_j : capacidade da estação antiga j .

a_{ijt} : número de assinantes que no ano horizonte ligar-se-ão à estação i , provisoriamente filiados à estação j , no ano t .

a_{jjt} : número de assinantes da estação j , no ano t .

- de acordo com a disponibilidade financeira, de equipamento e de mão-de-obra, pode-se também impor restrições ao número de estações a serem implantadas em cada estágio, fazendo:

$$\sum_i x_{it} \leq N_t \quad t = 1, 2, \dots, T$$

N_t : número máximo de estações novas que podem ser instaladas no estágio t .

Essa expressão pressupõe, por simplificação, que todas as estações novas sejam de mesmo padrão.

Tem-se então o seguinte modelo matemático para o problema do cronograma de implantação de estações telefônicas (PC):

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \sum_i \sum_t c_{it} x_{it} \\
 & \text{Sujeito a:} \\
 & \sum_t x_{it} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, \text{NCN} \\
 & \sum_i \left(1 - \sum_{t'=1}^t x_{it'} \right) a_{ijt} + a_{jjt} \leq b_j \\
 & \quad , \quad t = 1, 2, \dots, T-1 \\
 & \quad j = 1, 2, \dots, \text{NCA} \\
 & \sum_i x_{it} \leq N_t, \quad t = 1, 2, \dots, T-1 \\
 & x_{it} = 0, 1
 \end{aligned}
 \tag{PC}$$

O problema do Cronograma (PC) é resolvido por técnicas de Programação Linear Inteira, e possui:

$\text{NCN} \cdot T$

variáveis zero - um

$T + NCA (T - 1)$ restrições de desigualdade

NCN restrições de igualdade

É utilizada uma rotina zero-um baseada nos estudos de Balas e Geoffrion (9).

Pode-se notar que no modelo adotado não há variáveis zero-um associadas a ampliações de estações antigas. Os custos relativos à ampliação de uma estação antiga são sempre menores que os envolvidos na instalação de uma nova. Além disso, é razoável considerar que as ampliações em uma estação sempre podem ser feitas de forma modular, gradativamente, sem implicar num alto custo inicial. Por esses motivos o cronograma das ampliações é feito informando-se ao programa CRONOS a capacidade total (capacidade instalada + capacidade de ampliação) das estações antigas. A demanda associada à zona de filiação de cada uma dessas estações em cada estágio, no cronograma ótimo, define se é necessário ampliar essa estação naquele estágio, e de quantos terminais.

2.3. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO NO TEMPO

Nesta seção é mostrado como o programa CRONOS calcula o custo de implantação de uma estação no período de planejamento. É a determinação do fator c_{it} da função objetivo do problema (PC).

Para levantamento desse custo é considerado o valor presente não só dos custos referentes às estações propriamente ditas, como também dos cabos necessários à ligação dos assinantes envolvidos. São levados em conta também os pares de fios já existentes na rede, em estado de ociosidade.

Sejam:

K: o armário de distribuição cujo custo de ligação à sua central se quer calcular. É necessário saber o número de assinantes da seção de serviço de K e sua distância à estação.

I: estação nova à qual se ligará o nó K (corresponde ao índice i do c_{it}).

J: os estágios do período de planejamento.

TIMP: estágio em que se considera a instalação da estação nova I (corresponde ao índice t de c_{it}).

VASS: para $J \neq \text{TIMP}$, é o número de assinantes da seção de serviço de K surgidos desde o estágio imediatamente anterior. Para $J = \text{TIMP}$, VASS é igual ao número total de assinantes da seção de serviço de K, surgidos desde o estágio inicial.

Por exemplo, a visualização do custo de implantação da estação I no terceiro estágio do período de planejamento, CI3 (onde $\text{TIMP} = 3$) seria:

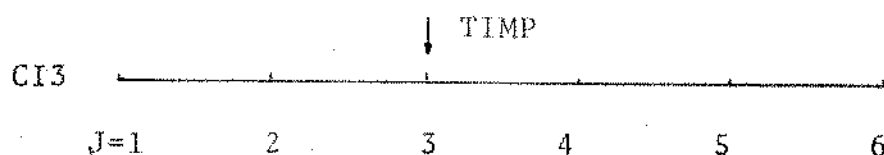


FIGURA 2.5.

onde se tem um período de planejamento com 5 sub-períodos e 6 estágios. A cada estágio o programa calcula o custo de se instalar cada uma das estações. O número de sub-períodos, e a duração de cada um deles, podem variar no programa de acordo com a vontade do usuário.

Para cada estação I a ser implantada, o programa calcula o custo de instalação, a cada estágio. Assim, para o caso de duas estações novas e um período de planejamento com seis estágios, tem-se os seguintes custos a calcular.

I	C12	C13	C14	C15	C16
	C22	C23	C24	C25	C26

———— T ———→

TAB. 2.1. - Custos Cit possíveis para 2 centrais novas e 6 estágios

Instalar uma estação em um dado estágio de planejamento significa dizer que tal estação deverá estar pronta para funcionamento nesse estágio. Portanto, não se considera o ano inicial ($J = 1$) para a implantação de uma estação.

2.3.1. VISÃO GERAL

Para o cálculo de C_{it} (ou $C_{I,TIMP}$), o período de Planejamento é dividido em duas fases:

$J < TIMP$: os estágios em consideração são anteriores aos de implantação da nova estação 1.

$J \geq TIMP$: estágio de implantação de estação 1 e todos os subsequentes.

Analisando cada fase, para uma certa estação 1, tem-se:

$J < TIMP$: A estação 1 ainda não foi instalada. Pela hipótese de independência as demais estações novas também não foram instaladas.

Nesta fase todos os nós da rede continuam ligados às centrais antigas correspondentes. Os novos assinantes (VASS) de cada nó devem ser ligados à sua central, aproveitando os fios ociosos porventura existentes.

Na Figura 2.6. é vista uma rede exemplo nesta fase, onde só existe uma estação antiga:

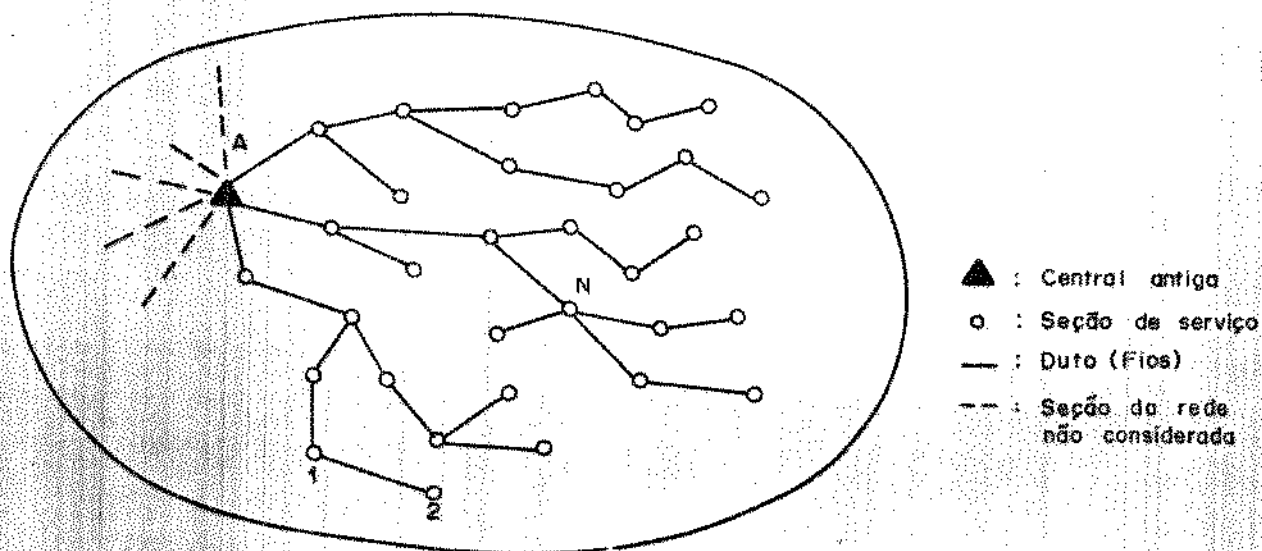


FIGURA 2.6. : $J < TIMP$

$J > TMP$: nesta fase a estação I já foi instalada, e, por hipótese, já atende a todas as seções de serviço de sua zona de filiação no ano horizonte.

Nesta fase deve-se calcular o custo de ligação dos VASS assinantes de cada seção K da zona de filiação da estação nova I. A ligação é feita pelo caminho mínimo em custo, aproveitando os fios ociosos.

A refiliação dos assinantes da estação I libera fios nos dutos das zonas de filiação das estações antigas que atendiam provisoriamente estes assinantes. Isto influencia no custo de ligação dos novos assinantes das seções de serviço dessas estações antigas.

Em $J = TMP$ adiciona-se aos custos de ligação dos assinantes o custo da estação em si: obras, equipamento, terreno, etc.

A Figura 2.7. mostra a situação da rede exemplo da Figura 2.6., depois de instalada a estação nova. Os assinantes novos do armário 1 podem aproveitar os cabos liberados pela refiliação de 2.

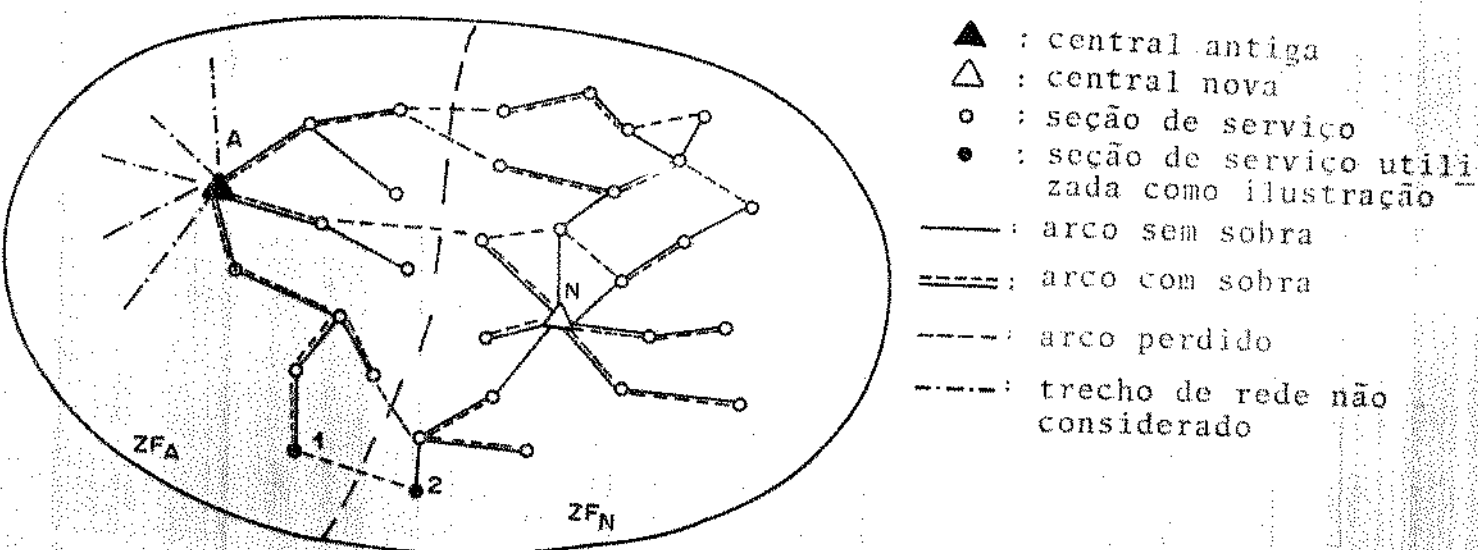


FIGURA 2.7. - $J > TMP$

A sub rotina CIT2 (ver Ítem 2.6.3.) calcula o custo de ligação dos assinantes da seção de serviço de K à sua estação (provisória ou definitiva) no estágio J, considerando-se que a estação I seja instalada no estágio TIMP.

A soma destes custos para todas as seções de serviço envolvidas, mais os custos da estação quando $J = \text{TIMP}$, é levada ao valor presente através de uma taxa de juros fornecida pelo usuário. Essa somatória é representada no programa pela variável $\text{CDA}(I, \text{TIMP}, J)$.

Somando-se estas parcelas $\text{CDA}(I, \text{TIMP}, J)$ para todos os estágios J, obtém-se o custo total de implantação com a estação I no estágio TIMP, ou seja, a parcela c_{it} da função objetivo.

Levantado este custo para cada estação nova I e para todos os possíveis TIMP, cabe ao algoritmo ZERO-UM resolver o problema PC e determinar qual a melhor política de cronograma a adotar.

Os custos de entroncamento entre as estações não são levados em conta no processo de otimização. Adota-se a configuração do entroncamento ótimo dada pelo programa OTELO, desenvolvido na TELESP (7), para o ano horizonte. Considera-se que à medida que as novas estações vão sendo instaladas, elas serão entroncadas conforme a rede alvo do ano horizonte, não existindo um cronograma específico para o entroncamento.

2.3.2. VISÃO DETALHADA

Nesta seção será detalhado o cálculo do custo de implantação de uma estação E, (Figura 2.7.) (implantada segundo a política de localização do LOCUS), num certo estágio, por exemplo o estágio 3. Este valor é indicado por $C(N, 3)$. Considere-se um total de 6 estágios de planejamento, onde o estágio 1 é o ano presente.

Para fazer o cálculo de $C(N, 3)$, é preciso ter bem esclarecidas as seguintes questões:

a) Quais os nós de rede que influem neste cálculo?

São todos aqueles pertencentes à zona de filiação da estação N no ano horizonte, mais os nós da zona de filiação da estação antiga A, à qual se ligavam anteriormente os assinantes de N. Na Figura 2.7. esta situação é ilustrada com a indicação dos nós envolvidos. As zonas de filiação ZF_A e ZF_N são saídas do programa LOCUS.

b) Como considerar os estágios do período de planejamento?

Devem ser feitos cálculos de custo em cada uma das fases descritas no item 2.3.1.. Assim, para o caso ilustrado ter-se-ia:

$$C(N, TIMP) = \sum_J (N, TIMP, J)$$

$$C(N, 3) = C(N, 3, 2) + C(N, 3, 3) + \\ C(N, 3, 4) + C(N, 3, 5) + \\ C(N, 3, 6)$$

onde $C(N, 3, J)$ é o custo de ligação de todos os nós envolvidos, no estágio J, às suas respectivas estações. Por sua vez, cada uma das parcelas acima é constituída de tantas sub-parcelas quantos são os nós envolvidos na implantação de N. Assim, por exemplo,

$$C(N, 3, 2) = \sum_i C(N, 3, 2, i)$$

onde finalmente $C(N, 3, 2, i)$ é o átomo do cálculo. Corresponde ao custo de ligação dos assinantes do nó i à sua estação no ano 2, considerando que a estação N seja instalada no ano 3.

Cada uma das parcelas $C(N, 3)$, ou seja, $C(N, 3, J)$, recebe um tratamento próprio na rotina de cálculo, em função da relação:

$J < TIMP$
 $J = TIMP$
 $J > TIMP$

Seja por exemplo uma das parcelas átomo:

$$C(N, 3, 2, i)$$

Ela indica o custo de ligação do nó i à sua central. Uma vez que $TIMP = 3$ e $J = 2$, ainda não se implantou a estação N. Consequentemente, todos os assinantes de i estarão ligados à estação antiga A.

Seja agora: $C(N, 3, 3, i)$

Nesse estágio acontece ou não a refiliação dos assinantes de i , conforme ele pertença ou não à estação N no ano horizonte. Se há refiliação de assinantes, calculam-se os fios liberados. Sendo este o estágio de implantação, devem ser levados em conta os custos da estação em si (obras civis, terreno, equipamento, mão-de-obra, etc...) que são chamados aqui de custos fixos. Tem-se então:

$$C(N, 3, 3) = \sum_i C(N, 3, 3, i) + \text{custos fixos}$$

Finalmente para $C(N, 3, J, i)$, com $J = 4, 5$ e 6 , tem-se novamente apenas custos de rede.

Trata-se de ligar os assinantes de i à sua estação definitiva, levando em conta as sobras de fios surgidas em virtude da implantação da estação N (além das existentes no início do planejamento).

De forma geral tem-se para $C(N, 3)$ (uma das celas da tabela 2.1.) a expressão:

$$\begin{aligned} C(N, 3) &= \sum_{J=2}^H C(N, 3, J) \\ &= \sum_{J=2}^H \sum_{i \in S} C(N, 3, J, i) \end{aligned}$$

onde:

H — ano horizonte

S — conjunto dos nós envolvidos

2.4. O PROBLEMA DO DIÂMETRO DE FIO A UTILIZAR

A distância de um armário de distribuição, medida ao longo da rede de dutos, à central onde ele deve ser ligado, define o diâmetro de fio adequado a esta ligação. A diferenciação do tipo de fio com a distância tem por fim evitar ao máximo perdas na linha, em função da resistência e atenuação.

Se forem adotados os custos diferenciados referentes aos vários diâmetros de fio, a função custo a ser otimizada não é mais linear. Ela passa a apresentar descontinuidade nos extremos das faixas de utilização de cada diâmetro. Esse problema pode ser resolvido por técnicas de Programação Inteira, associando-se uma variável inteira a cada uma das faixas de utilização. No entanto, para um programa do porte do Cronograma de Implantação o uso dessas técnicas conduz a uma complexidade matemática muito grande. Ao utilizar um único custo de fios, a função objetivo do problema é linear, e são aplicáveis os métodos clássicos de Programação Linear.

Quando não há restrição de capacidade sobre as estações e arcos de uma rede, a solução ótima do problema com hipótese de diâmetro único de fios é a mesma do problema com diâmetros diferenciados. Trata-se de encontrar o caminho mínimo entre um nó e uma estação, e isto independe do tipo de fio utilizado. Em problemas com capacitação de arcos e de estações antigas, alguns nós podem ser ligados por outros caminhos que não os mínimos, devido a saturação na sua trajetória mínima ou na central mais próxima.

Há ainda o fato do CRONOS ligar os nós às estações não pelo caminho mínimo em distância, mas pelo caminho mínimo em custo (aproveita fios ociosos). Nesse caso o problema com hipótese de diâmetro único poderia ter solução diferente do problema com hipótese de diâmetros diferenciados. No entanto essa diferença seria desprezível em face do custo total de rede.

Em suma, não estão sendo considerados os custos diferenciados do diâmetro de fio para efeito da otimização da rede, uma vez que:

- a complexidade matemática introduzida seria considerável;

- a diferença entre os custos dos diversos diâmetros de fios é pequena;

- a grande maioria dos nós de uma zona de filiação típica encontra-se na faixa de utilização do diâmetro de fios para pequenas distâncias (até 4,6Km da estação). Estudos feitos pelo PEOR com relação a várias políticas de evolução da rede de Curitiba vieram reforçar este resultado.

2.5. O PROBLEMA DA DEPENDÊNCIA

O programa CRONOS, em sua versão atual, aproveita cabos ociosos, já enterrados, para a ligação de assinantes à sua respectiva estação. Com isso, surgem problemas de dependência na instalação de uma estação, em relação à instalação ou não das outras estações previstas.

A seguir, é apresentado um estudo de alguns casos de dependência e suas consequências. São descritas as hipóteses simplificadoras adotadas e comentados procedimentos de atenuação dos possíveis erros cometidos a partir dessas simplificações.

2.5.1. ZONAS DE FILIAÇÃO DE ESTAÇÕES ANTIGAS

Suponham-se perdidos os fios liberados pela refiliação dos assinantes de uma seção de serviço da sua central provisória para a sua central definitiva. Nesse caso o custo de ligação dos novos assinantes das zonas de filiação das estações antigas só dependeria do número de assinantes de sua zona de filiação. Qualquer que fosse a política de cronograma, seria sempre necessário dispor da mesma quantidade de fios para ligar esses assinantes à sua central. Dessa forma, o custo referente às zonas de filiação das estações antigas poderia ser excluído do problema de otimização (PC).

Com o aproveitamento de fios já enterrados, a ligação dos assinantes de centrais antigas não tem mais um custo constante para todos os cronogramas. Se uma estação nova já estivesse instalada, poderia ter havido liberação de fios em zonas de filiação de estações antigas, que poderiam ser aproveitados para a filiação de novos assinantes dessas zonas.

Isso acarretaria um custo menor que o incorrido no caso em que a estação nova não estivesse instalada.

2.5.2. ARCOS COMPARTILHADOS EM ZONAS DE FILIAÇÃO DE ESTAÇÕES ANTIGAS

Na rede exemplo da Figura 2.8., armários de distribuição 4, 5 e 6 encontram-se provisoriamente ligados à estação antiga C1 (linha cheia) e serão refiliados à estação C2 (linha pontilhada), onde permanecerão ligados definitivamente. Os assinantes de 7 e 8 ligam-se inicialmente a C1 (linha traço-ponto) e no ano horizonte estarão ligados a C3 (linha pontilhada).

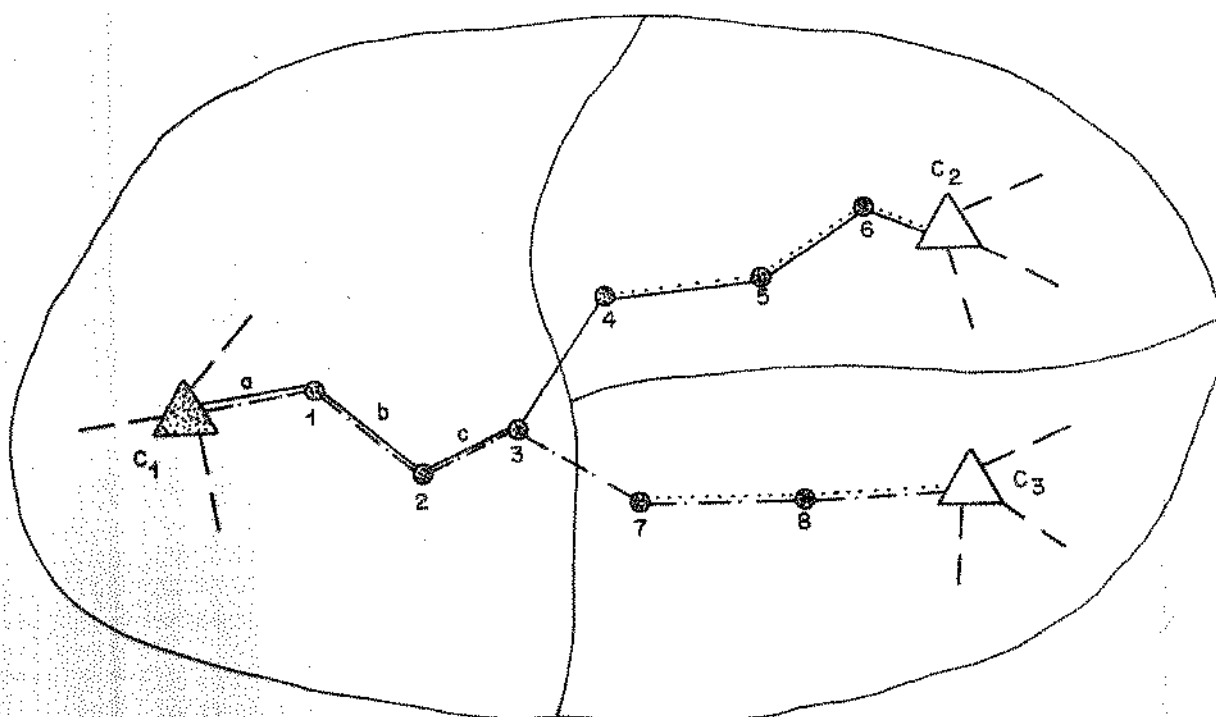


FIGURA 2.8.

Ao estudar o custo de implantação da estação nova C2 , analisa-se também o custo de ligação dos novos assinantes da estação antiga C1. Isto é necessário, uma vez que esse custo não é mais uma parcela constante do problema de otimização (PC).

A instalação de C2 libera cabos nos arcos a, b e c. O número desses cabos liberados corresponde à demanda das seções de serviço de 4, 5 e 6 no estágio imediatamente anterior à instalação da estação. Estes fios podem ser aproveitados pelos novos assinantes de 1, 2 e 3 para sua ligação a C1. No entanto, se C3 já tiver sido instalada esses assinantes podem dispor, além dos cabos liberados por C2, dos fios liberados por C3 (linha traço-ponto) nesses arcos.

2.5.3. ARCOS COMPARTILHADOS EM ZONAS DE FILIAÇÃO DE ESTAÇÕES NOVAS

Na rede exemplo da Figura 2.9. os armários de distribuição 3, 4 e 5 encontram-se provisoriamente ligados à estação antiga C1 (linha cheia), e serão ligados definitivamente à estação C3 (linha pontilhada). Os assinantes dos armários 6 e 7 estão ligados a C1 (linha traço-ponto) e depois se ligarão à estação nova C2 (linha pontilhada).

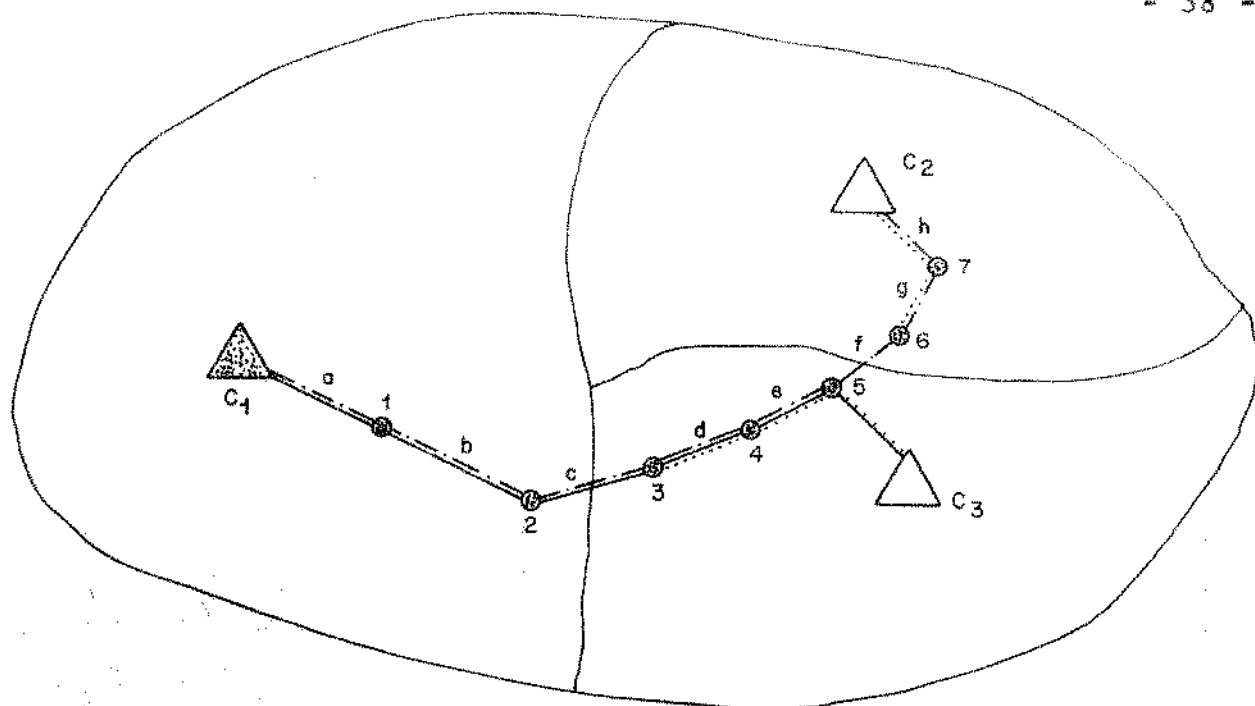


FIGURA 2.9.

Ao ser instalada C2, haverá liberação de fios nos arcos a, b, c, d, e, f, g e h. Os fios liberados em g e h serão eventualmente aproveitados pelos novos assinantes de 6 e 7. Com os arcos a e b acontece o caso visto na seção 2.5.2... Nos arcos d e e, caso a estação C3 já esteja instalada, os fios liberados pela instalação de C2 (linha cheia) podem ser aproveitados para ligar os novos assinantes de 3 e 4 a C3. Caso essa estação não tenha ainda sido instalada, os fios podem eventualmente ser aproveitados pelos novos assinantes de 4 e 5 e do nó de C3, para se ligarem à estação C1.

Além de fazer diferença para efeito de custo se C3 já foi instalada, é preciso saber também em que estágio isto se deu, para obter o número de cabos liberados.

Percebe-se, pois, que a dependência entre instalações das novas estações, ao serem computados seus custos em um dado estágio (c_{it}), levaria a alternativas do seguinte tipo (ANO 1 é o ano presente):

- Custo de instalação de C2 no ANO 2, dado que;
 - . C3 foi instalada no ANO 2, ou
 - . C3 ainda não foi instalada
- Custo de instalação de C2 no ANO 3, dado que;
 - . C3 foi instalada no ANO 2, ou
 - . C3 foi instalada no ANO 3, ou
 - . C3 ainda não foi instalada
- E assim por diante, até a análise da instalação de C2 no ano horizonte.

É fácil constatar que, ao admitir a dependência entre estações novas para fim de avaliação de seus custos de implantação, depara-se com um elenco de possibilidades bastante elevado. O número de possibilidades é função da quantidade de estações novas e de estágio de planejamento. Em uma rede com várias estações novas e onde se deseja fazer um planejamento cuidadoso, esse número cresce a ponto de dar ao problema zero-um (PC) dimensões insuportáveis computacionalmente.

2.5.4. HIPÓTESE DE INDEPENDÊNCIA

Na seção 2.5.3., foi visto que, devido à complexidade matemática, não é aconselhável levar em conta a dependência na formulação do problema de otimização (PC). No entanto, este é um fator importante na determinação do cronograma ótimo de instalação das estações.

O caso descrito na seção 2.5.1., é computado pelo programa CRONOS.

Para o caso visto na seção 2.5.2. a hipótese de independência equivale a uma super estimação do custo das zonas de filiação das estações antigas. Ao estudar a instalação de uma estação nova considera-se então que todas as demais não foram ainda instaladas. Não são aproveitados, dessa forma, os fios liberados por outras estações novas, senão a estudada.

A hipótese de independência em casos como o mostrado na seção 2.5.3. implica em acreditar que os fios dos arcos d e e são aproveitados da mesma maneira pelos assinantes de 3 e 4 para sua ligação a C3, se essa estação já estiver instalada, e na sua ligação a C1, se C3 ainda não existir. Mas isso é razoável, uma vez que os armários 3, 4 e 5 estão na mesma área da cidade; é de se supor então que eles atendam uma demanda de assinantes da mesma ordem. Além disso, ao ser estudada a implantação de C3, assumindo a hipótese de não instalar de C2, incorre-se em erro no mesmo sentido.

Como o problema (PC) faz comparação entre custos de po-
líticas de cronograma, é de se esperar que haja certa com-
pensação desses erros.

O caso da seção 2.5.3. só ocorre com a hipótese de re-
filiação única, pois sem esta, se C3 já estivesse instala-
da, os nós 6 e 7 de C2 ligar-se-iam em uma fase interme-
diária, a C3, pois esta é a estação mais próxima do nó 3
antes de C2 ser instalada.

Neste trabalho considera-se que os arcos da zona de fi-
liação de estações antigas (seção 2.5.2.) ou novas (2.5.3)
compartilhados provisoriamente por assinantes de outras
estações novas são pouco numerosos.

2.5.5. ESTUDO DE DEPENDÊNCIA COMO PÓS-OTIMIZAÇÃO

Como foi visto nas seções anteriores, o fenômeno da de-
pendência é muito importante na determinação do cronogra-
ma de implantação de estações. Contudo, a incorporação des-
se fator no modelo atual do CRONOS levaria a uma complexi-
dade matemática insustentável.

É sugerido, então, um procedimento de pós-otimização
que avalie a influência da dependência na solução ótima
do problema (PC).

Sejam CN_i e CN_j duas estações novas, cujas instalações
dependem fortemente uma da outra.

É possível descobrir se uma estação tem sua data de instalação fortemente dependente da instalação de outras estações através de análise dos arcos compartilhados em sua zona de filiação.

Considere-se que o CRONOS, ignorando a dependência entre essas duas estações, tenha indicado $T = 2$ para instalar CN_i e $T = 4$ para CN_j . As avaliações de Cit para as duas estações são pessimistas, pois uma desconsidera os cabos eventualmente liberados pela instalação da outra.

Como, mesmo em uma avaliação pessimista, o programa apontou a estação CN_i sendo instalada antes de CN_j , pode-se garantir a instalação de CN_i em $T = 2$. Podem ser ignoradas as sobras referentes a CN_j , pois esta realmente ainda não deve ser instalada.

A incerteza gerada pela existência de forte dependência entre as duas estações recai sobre o estágio em que deve ser instalada CN_j . A idéia é enviar ao programa PEOR algumas políticas de cronograma, em vez de uma só. Essas alternativas são semelhantes, diferindo apenas no estágio de implantação de CN_j . Para um período de planejamento com 5 estágios, uma das alternativas seria $TIMP(CN_j) = 4$ e a outra $TIMP(CN_j) = 5$. Observe-se que a tendência é sempre de adiar a instalação da segunda central, já que o cronograma sem dependência é sempre pessimista, pois não considera os fios liberados pela primeira estação.

Como o programa PEOR calcula o custo global de cada política de implantação, pode-se chegar à melhor das 3 alternativas.

2.6. ASPECTOS COMPUTACIONAIS

2.6.1. DADOS DE ENTRADA E SAÍDA

A. DADOS DE ENTRADA

Os dados necessários ao programa CRONOS podem se dividir em dados da rede, e dados gerais. Alguns desses são também entradas para os programas LOCUS, PEOR, etc..., outros são saídas do programa LOCUS. Existem dados exclusivos ao programa CRONOS. A cada tipo de dados serão especificadas a procedência e a forma de entrada.

Os dados para o programa CRONOS compõem três arquivos básicos:

ARQUIVO 1: SAÍDAS DO LOCUS

Estes dados formam um arquivo de saída do programa LOCUS.

São gerados para o programa CRONOS, fornecendo a configuração da rede no ano presente e no ano horizonte.

A primeira linha do arquivo deve conter o número :

- de estações antigas,
- de estações novas,
- de nós da rede,

- de arcos, e o

- número total de nós, incluindo os nós artificiais eventualmente criados para contornar o problema matemático de armário de distribuição ligado a duas estações.

A seguir deve vir uma linha para cada estação, contendo:

- o número de referência da estação,
- o número do nó em que ela está localizada,
- sua capacidade total e
- custo fixo de implantação.

As estações antigas devem ser referenciadas antes das novas.

Seguem-se as informações sobre o total de nós da rede. Em uma linha para cada nó, tem-se:

- seu nó pai no ano horizonte,
- seu nó pai no ano presente,
- seu potencial no ano horizonte,
- seu potencial no ano presente,
- o arco que o liga a seu pai no ano horizonte,

- o arco que o liga ao seu pai no ano presente e a
- zona de filiação a que pertencerá este nó no ano horizonte (dada pelo número de referência de sua estação definitiva).

ARQUIVO 2 : ARQUIVO DE NÓS E ARCOS

Este arquivo deve ser fornecido pela operadora, gravado em fita magnética. Os dados devem vir separados por vírgulas, obedecendo ao formato G. O arquivo de nós e arcos é utilizado por outros programas LOCUS, PEOR, RELUZ, etc...).

Primeiramente, em uma linha para cada nó, deve vir o seu número de referência e a demanda prevista para cada estágio de planejamento.

A seguir, em uma linha por arco, deve vir:

- seu número de referência no programa,
- seu nó origem,
- seu nó destino,
- distância entre esses nós, medida ao longo do duto (comprimento do arco) e o
- número de cabos existentes nesse duto no ano presente.

ARQUIVO 3 : DADOS ESPECÍFICOS DO CRONOS

Este arquivo reúne dados fornecidos pela operadora, em formato G, separados por vírgulas. Tais dados são particulares ao programa CRONOS.

Na primeira linha deve vir o número de sub-períodos em que se deseja dividir o período de planejamento.

A seguir, para cada estágio de planejamento (obviamente o número de períodos mais um) deve-se ter uma linha contendo:

- o número de referência do estágio (confere-se o número 1 ao estágio inicial ou ano presente),
- o ano correspondente ao estágio,
- a porcentagem de atendimento de demanda naquele estágio (prevendo o caso em que se deseja reprimir a demanda),
- o número máximo permitido de estações a instalar no estágio,
- o custo do par-km e a
- taxa anual de juros acumulada nos anos de duração do sub-período imediatamente anterior ao estágio.

B. DADOS DE SAÍDA

O relatório do programa CRONOS reproduz alguns dados de entrada para controle do usuário, fornece as matrizes do problema PC, e seus resultados. Este relatório pode ser visto nas listagens do Apêndice I.

Primeiramente tem-se os dados sobre a rede, as estações, sua localização e capacidade, taxa de juros, custo do par-km e demanda atendida por estágio de planejamento.

A seguir são fornecidas algumas somatórias sobre os assinantes da rede:

- Total de assinantes em cada estágio de planejamento.

- Total de assinantes da zona de filiação inicial de cada estação antiga, em cada estágio de planejamento.

- Demanda da zona de filiação no ano horizonte de cada estação (nova ou antiga) em cada estágio de planejamento.

- Total de assinantes da estação I qualquer, que estão ligados à estação J qualquer em um certo estágio qualquer T.

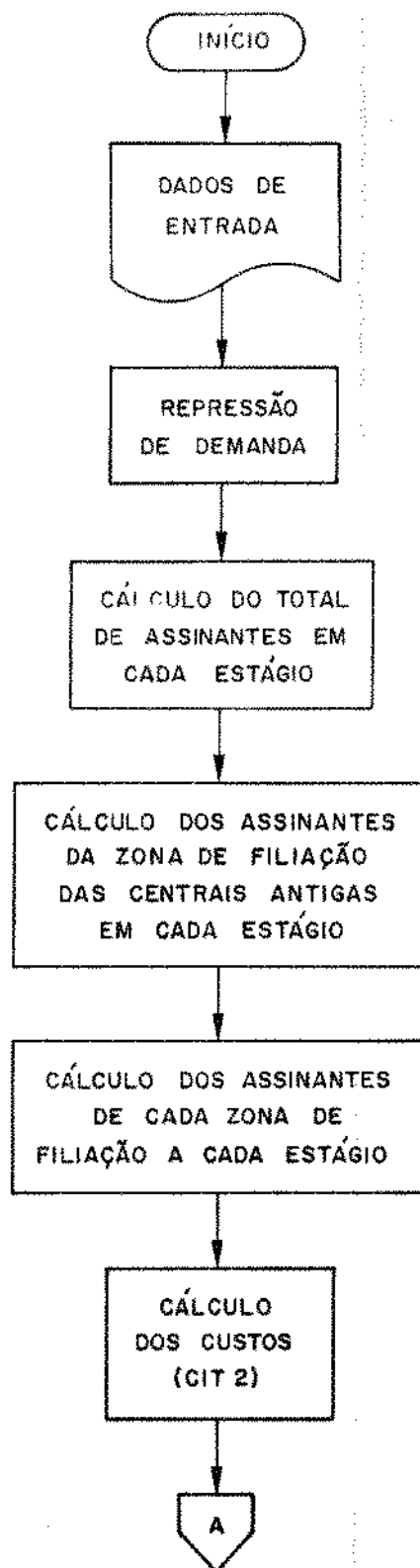
A seguir, integrando o conjunto de informações acerca do problema (PC), o relatório fornece:

- as dimensões do problema (número de variáveis zero-um e de restrições).
- o vetor de custos (C) do problema (PC).
- a matriz resultante do desmembramento do vetor c em suas parcelas por estágio.
- a matriz de restrição (A) do problema (PC).
- o vetor de recursos (B) do problema (PC).

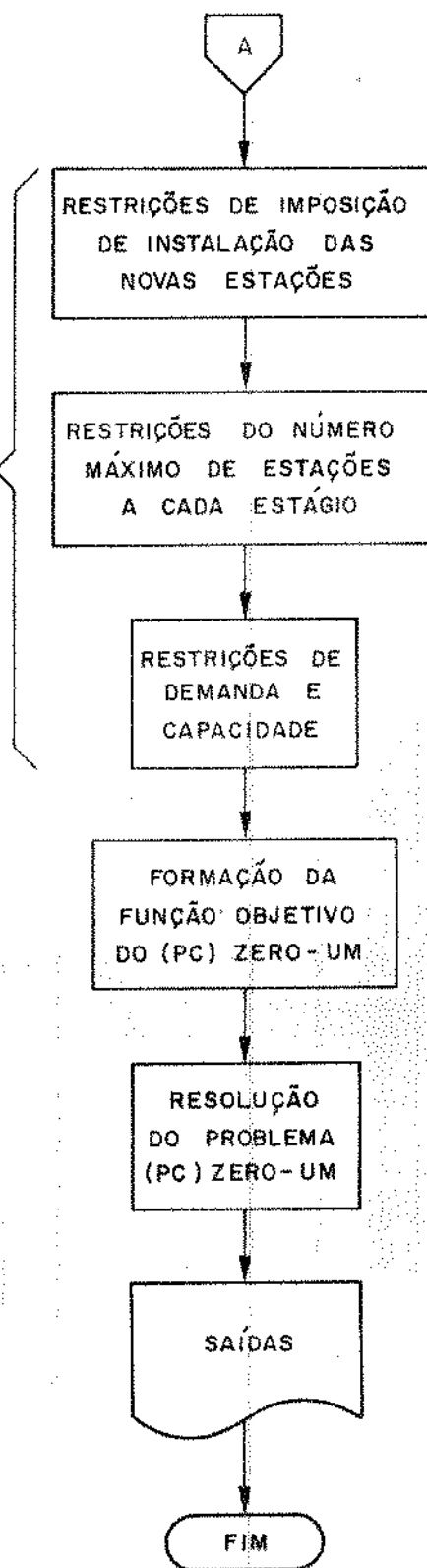
Na fase de resultados, o relatório fornece a política ótima de cronograma, e seu custo.

2.6.3. O PROGRAMA CRONOS

Neste ítem pode ser encontrado um diagrama de blocos bastante geral do programa CRONOS, e a descrição de suas sub-rotinas: CIT2 e ZERO-UM.



FORMAÇÃO DAS
RESTRIÇÕES DO
PROBLEMA ZERO-UM(PC)



A. A SUB-ROTINA CIT2

A seguir é visto um diagrama de blocos da sub-rotina CIT2 do programa CRONOS, responsável pelo cálculo do custo de ligação de um nó à sua central.

A filosofia de operação da sub-rotina CIT2 (com aproveitamento de fios na rede) já foi comentada na seção 2.3.1..

A sub-rotina CIT2 calcula o custo em cobre da ligação dos assinantes da seção de serviço I à sua central (provisória ou definitiva) no estágio J, fixado um estágio de implantação TIMP para a estação nova NZF estudada. O nó I pertencerá à estação NZF no ano horizonte, ou a uma estação antiga. Ela fornece, portanto, a unidade básica para o cálculo dos custos de instalação da estação NZF no estágio TIMP. Para o diagrama de blocos apresentado a seguir, define-se:

L → indicador dos extremos do período de planejamento: L = 1 situação da rede no ano presente, L=2 situação do ano horizonte.

Lc → nó onde está localizada a estação a que está ligado o nó IN no estágio J.

ASS (I, J) → assinantes do nó I no estágio J.

VASS → volume de assinantes envolvidos no cálculo do custo.

FIOS (IARC) → volume total de fios existentes no duto IARC no estágio inicial de planejamento.

SOBRA (IARC) → fios ociosos no arco IARC no estágio J.

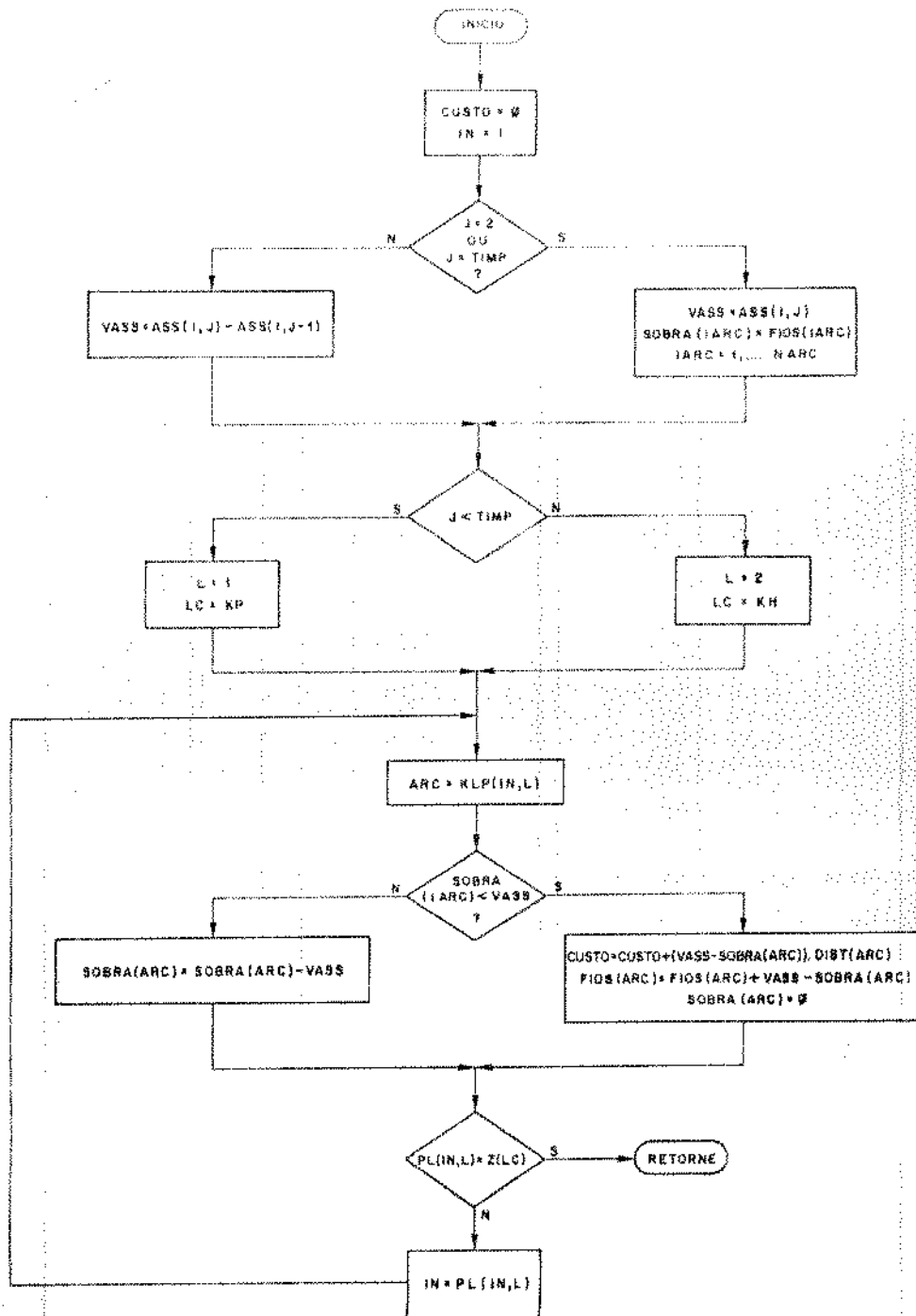
KP - número de referência da estação do nó I no estágio inicial.

KH - estação a que estará ligado o nó I no ano horizonte.

KLP (IN, L) - arco que liga o nó IN a seu nó pai no estágio indicado por L (inicial ou final).

Z (LC) - nó onde está localizada a estação LC.

PL (IN, L) - nó pai do nó IN na situação indicada por L.



B. SUB-ROTINA ZERO-UM

O algoritmo utilizado é baseado no trabalho original de Balas, e na versão melhorada de GEOFFRION.

Este algoritmo é o mesmo utilizado no programa LOCUS. Uma descrição detalhada deste programa pode ser encontrada nas referências (10) e (69).

2.7. TESTES COMPUTACIONAIS

Nesta seção são mostradas duas aplicações do programa CRONOS. A primeira delas é feita em uma rede uni-estação, de forma alongada e sem informações sobre a situação atual dos fios existentes nos dutos. Esta rede, de São José dos Campos/SP, foi onde se testou pela primeira vez o programa CRONOS. A segunda rede, de Curitiba, possui características bem distintas da rede de São José dos Campos. Trata-se de uma rede maior, de forma compacta, com nove estações já existentes e bem distribuídas na rede. Neste caso existem dados relativos ao estado inicial dos dutos.

Na rede São José dos Campos o fator predominante na determinação do cronograma de implantação é o atendimento da demanda, que já se encontra reprimida no início do planejamento. A rede de Curitiba possui uma estação antiga sobrecarregada, enquanto que nas outras existe capacidade ociosa. Dessa maneira o fator preponderante na determinação do cronograma de Curitiba é a economia de pares de fios.

A seguir são mostrados os testes computacionais aplicados a cada uma das redes. As estruturas de custos são diferentes para as duas redes e foram fornecidas pelas respectivas operadoras. Em ambos os casos foi utilizado o custo de Cr\$15.000,00 para o par-km de fio.

2.7.1. REDE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

A rede de São José dos Campos é composta de 327 nós e 364 dutos. O período de planejamento (1980 - 2000) é dividido em 4 sub-períodos de 5 anos de duração cada um. A rede já conta com uma estação antiga de 27.000 assinantes localizada no nó de número 1. O programa LOCUS indicou 3 novas estações no ano 2000, localizadas respectivamente nos nós 118, 194 e 283. A rede já tem demanda excedente, reprimida no início do planejamento. A rede de São José pode ser vista na Figura II.1, do Apêndice II.

TESTE 1

Neste teste o número máximo de estações novas instaladas em um estágio foi fixado em 1. Com isso o problema fica infactível, como revela o relatório de saída do programa mostrado na listagem 1.1 do Apêndice I.

Como pode ser visto nas tabelas deste relatório, há uma demanda global na rede de 41229 assinantes. A capacidade da estação instalada (antiga) é de 27000 assinantes. Sobram, pois, 14229 assinantes a serem atendidos. Sabe-se que, pela filosofia do CRONOS, as áreas de cada estação são estanques. Então, pelas demandas previstas para cada uma das novas estações (9828, 8739 e 5093 assinantes respectivamente) observa-se que a instalação de apenas uma delas não satisfaz a necessidade de oferta.

Note-se então a redução nas possibilidades ocasionada pelas restrições de demanda, mesmo que o número máximo de estações novas por estágio seja liberado. Dentre todas as possibilidades, o fator custo decidirá entre 3 políticas de cronograma:

A. Instalar as 3 estações novas no estágio 2.

B. Instalar a estação 4 no estágio 3 e as duas outras em 2.

C. Instalar a estação 3 no estágio 3 e as duas restantes em 2.

A seguir foi feito um teste liberando o número de estações em cada estágio, a fim de se obter a política ótima.

TESTE 2

Eliminada a infactibilidade gerada pelas restrições de número máximo de estações (restrições de 7 a 10 no relatório de saída), o programa oferece como resultado a política B descrita acima. O relatório de saída deste teste pode ser encontrado na listagem I.2 do Apêndice I.

Efetivamente, esta é a política de menor custo dentre as 3 alternativas factíveis do cronograma, enumeradas no teste 1. O custo total é de Cr\$9.985.623,00.

2.7.2. REDE DE CURITIBA

A rede de Curitiba é composta de 586 nós e 744 arcos. O período de planejamento foi fixado de 1995 a 2000, dividido em 3 sub-períodos, com estágios em 1985, 1990, 1995 e 2000. Existem 9 estações antigas e foram fornecidas informações sobre o número de pares de fios existentes nos dutos.

Foi considerada uma política de expansão totalmente analógica. O planejamento feito com o LOCUS introduziu 7 novas estações na rede alvo do ano horizonte.

Foi executado então o programa CRONOS, cujo relatório de saída pode ser encontrado na Listagem I.3 do Apêndice I, que determinou instalação da estação nova número 11 em 1995, e das restantes em 2000. As estações antigas foram todas ampliadas até sua capacidade máxima ao longo do período de planejamento. Não foram feitas restrições quanto ao número de instalações em cada estágio.

O custo dessa política de cronograma foi de Cr\$ 53.310.588,00 x 10⁶.

Evitando a concentração dos investimentos em 2000 foi executado o CRONOS novamente, fixando um máximo de 3 estações novas por estágio. A instalação de estação 11 foi antecipada para 1990, a das estações 14, 15 e 16 para 1995 e as demais permaneceram em 2000. O novo custo foi de Cr\$ 56.599.465,00 x 10⁶.

É interessante notar que as instalações das estações em ambos os testes, tendem a se dar no fim do período de planejamento. Isto foi possível pois o atendimento da demanda não é uma restrição tão forte para Curitiba como o foi para São José dos Campos. Pode-se

notar que no início do período de planejamento as estações antigas ainda têm capacidade ociosa considerável.

Com a utilização elevada da rede, devido ao aproveitamento dos fios ociosos, o custo de rede se tornou baixo se comparado com os custos fixos de instalação das estações.

É importante notar que mesmo com a hipótese de interdependência entre as estações que confere ao CRONOS uma tendência antecipativa, o programa adiou ao máximo as instalações. Nesse caso pode-se dizer que o fator de dependência não interfere nos resultados.

2.8.

OBSERVAÇÕES FINAIS

Este é o momento de avaliar o modelo utilizado no programa CRONOS e apresentar propostas de continuidade deste trabalho:

- A hipótese de única refiliação torna o CRONOS um tanto radical. Ele deixa de refletir a realidade dos cortes de área das estações, que são evolutivos, gerando ociosidade nas estações antigas. Cabe o programa PEOR fazer a evolução das zonas de filiação de cada estágio, podendo inclusive modificar o resultado do CRONOS, no sentido de adiar algumas instalações:

- O problema do diâmetro de fios pode ser estudado a nível de pós-otimização. Um procedimento sugerido seria identificar os armários de distribuição que necessitassem de outro tipo de cabo telefônico, e alterar o custo conferido a eles pelo CRONOS.

No entanto, como foi visto anteriormente, a grande maioria dos armários em uma rede telefônica urbana encontra-se a uma distância menor que 4,6Km da estação. Isso mostra que a hipótese de diâmetro único de fios é bastante razoável.

- A hipótese de independência entre as instalações das estações reduz razoavelmente a complexidade matemática do problema. No entanto, o programa se torna eventualmente pessimista quanto à instalação de alguma estação. Ou seja, ele tende a adiantar a implantação de uma estação, quando não considera que esta possa aproveitar fios liberados pela instalação de uma outra, nem que sua demanda possa ser atendida provisoriamente por outra estação já instalada.

Também um estudo de pós-otimização pode corrigir os efeitos dessa hipótese nos resultados. A sugestão é executar o programa PEOR com o cronograma fornecido pelo CRONOS e analisar a zona de influência das estações ao longo do tempo. Se alguma delas atender a uma pequena quantidade de assinantes no seu estágio de implantação, deve ser executado o programa PEOR com essa estação adiada. Pela comparação entre os custos dos cronogramas escolhe-se o melhor. Esse procedimento pode ser repetido para todas as estações cujo estágio de implantação é duvidoso.

- Para analisar o desempenho geral do programa, é preciso conhecer um pouco de sua história.

Os programas LOCUS e CRONOS foram desenvolvidos dentro das perspectivas da rede de São José dos Campos. Para essa rede não havia dados acerca da rede existente. No início do planejamento considerava-se a rede descarregada, ou seja, sem fio algum nos dutos. Os cabos liberados pela refiliação de assinantes eram parcialmente aproveitados.

Assim, no modelo de grafos utilizado pelo LOCUS e CRONOS cada arco a da rede era representado da seguinte maneira:



FIGURA 2.10.

onde c é o comprimento (custo) do arco, e sua capacidade de escoar fluxo é infinita (∞).

Das discussões com técnicos de operadoras do Sistema TELEBRÁS detectou-se que os cabos telefônicos podem sofrer emendas, de forma a aproveitar fios já enterrados. Da mesma forma foi constatado que via de regra as operadoras possuem cadastro sobre o conteúdo dos dutos nas redes locais.

Foi necessário, então, adaptar os programas LOCUS e CRONOS para levar em conta a hipótese de aproveitamento total de fios na rede, e agora partindo da situação inicial fornecida pela operadora.

Cada arco a passou a ser representado da seguinte maneira:



FIGURA 2.11.

onde m é o número real de arcos na rede e s é o número de cabos já existentes no duto a . O número de arcos da rede é duplicado para representar os fios ociosos na rede, que têm custo nulo e são em número limitado.

Da Programação Linear, é possível mostrar que a solução de um problema de fluxo de custo mínimo em uma rede define uma árvore.

Na versão inicial do CRONOS, a árvore confunde-se com os dutos que os cabos telefônicos utilizam para ligar os assinantes às centrais, uma vez que os arcos fora da árvore têm fluxo nulo. Dessa forma a árvore também delimita a própria zona de filiação das estações.

No modelo posterior, com o aproveitamento de fios, existem arcos capacitados. Assim, os arcos fora da árvore têm fluxo nulo, ou estão sendo utilizados em sua capacidade máxima. Uma consequência disso é que os dutos com fluxo não são mais unicamente os arcos da árvore, nem a árvore representa mais a zona de filiação. Existem alguns cabos passando por arcos fora da árvore, a custo nulo.

As duas versões do CRONOS fazem o cálculo do custo de ligação dos assinantes à sua estação através da árvore ótima.

Pode-se notar então que na primeira versão havia aproveitamento parcial dos fios nos arcos da árvore ótima, sem levar em conta a disponibilidade inicial na rede. Isto encarecia bastante a rede. O modelo usado em Curitiba é mais econômico, pois considera totalmente os fios nos arcos da árvore. No entanto esta avaliação dos custos de rede ainda é pessimista, pois deixa de aproveitar uma parcela dos fios ociosos existentes nos arcos fora da árvore.

Um custo elevado de rede atua no sentido de adiantar a instalação das estações. Dessa forma, é possível concluir que o CRONOS faz ainda um cronograma um tanto pessimista, ou seja, propenso a instalar prematuramente as estações. Novamente um modo de corrigir essa tendência do CRONOS seria fazer um estudo de pós-otimização como o sugerido para o problema de dependência, utilizando o programa PEOR.

É interessante notar como o modelo do CRONOS vem sendo enriquecido, com base nos resultados de sua aplicação a rede reais, e nos debates com técnicos de operadoras. Cada vez mais o seu modelo vem se ajustando à situação real.

Um trabalho interessante seria desenvolver uma nova versão, mais arrojada, do CRONOS, que aproveitasse os cabos existentes em toda a rede, e não só nos arcos da árvore ótima. Assim, as instalações de novas estações seriam feitas o mais tarde possível, adiando os altos custos de implantação, e elevando o grau de utilização da rede.

CAPÍTULO 3 - O PROGRAMA DE ALOCAÇÃO DE CONCENTRADORES (PALCO)

3.1. INTRODUÇÃO

A ligação tradicional de um assinante à sua central telefônica é feita através de um par de cabos, dedicados exclusivamente a esse assinante. O concentrador é um equipamento capaz de ligar N assinantes à sua central através de um número P ($P < N$) de cabos telefônicos, que serão disputados pelos N assinantes.

O uso de concentrador de linhas diminui o custo de rede, mas há, em contrapartida, o custo do equipamento. É necessário estudar a localização de concentradores em uma rede telefônica, a fim de que a economia introduzida seja maior que o custo do equipamento.

O programa PALCO examina cada nó de rede, segundo uma certa prioridade, e analisa o custo e o benefício de ali se instalar um concentrador. Se o benefício trazido pelo concentrador for maior que o seu custo, o equipamento é introduzido na rede, se não, os assinantes continuam a ser atendidos por um par de cabos próprio.

O PALCO tem possibilidade de estudar a instalação de qualquer tipo de concentrador. Todavia o programa foi desenvolvido tomando como base o concentrador de linha digital TRÓPICO C, desenvolvido no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS.

O concentrador tem outro papel importante, quando se tem em vista o processo de digitalização. Ele é capaz de abrandar passagem de tecnologia, pois prepara a rede para receber futuras Unidades Remotas de Centrais ou pequenas estações digitais.

3.1.1. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO CONCENTRADOR DE LINHA DIGITAL TRÓPICO C

O TRÓPICO C é um sistema que concentra 192 assinantes num cabo PCM com 30 canais de voz. Esquemáticamente, pode-se representá-lo conforme visto nas figuras a seguir.

A Figura 3.1. mostra as duas unidades básicas do sistema ligado a uma central analógica: a Unidade Remota (UR), instalada junto ao grupo de assinantes que estão sendo concentrados, e a Unidade Central (UC), instalada junto à própria central analógica.

Na Figura 3.2. vê-se o TRÓPICO C agora ligado a uma central digital, situação em que o sistema prescinde da Unidade Central (UC).

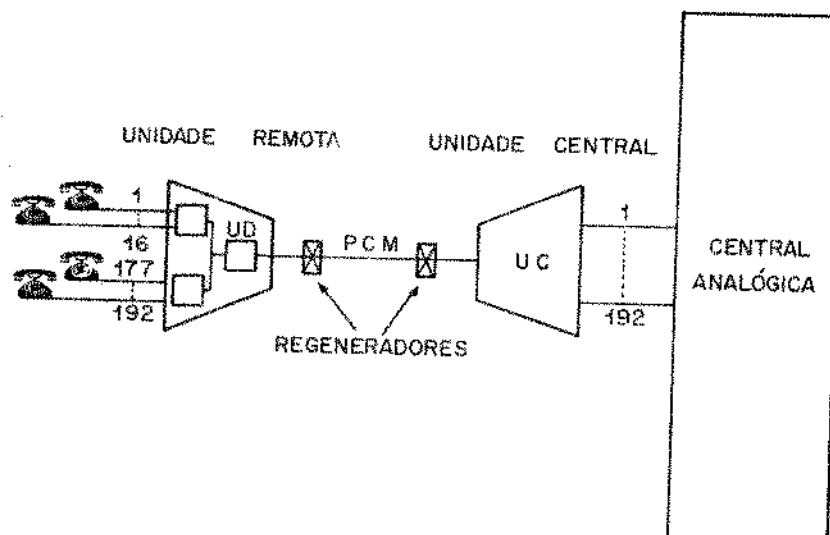


FIGURA 3.1.

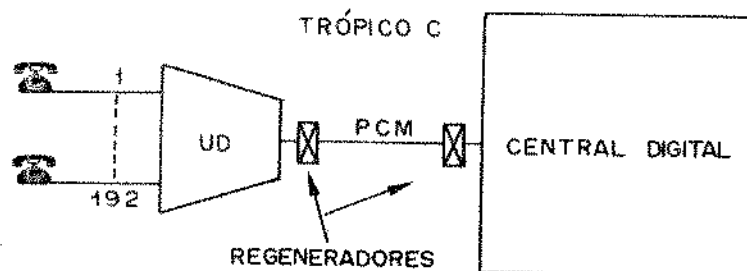


FIGURA 3.2.

A finalidade principal de um concentrador de linhas é a de elevar o grau de utilização da rede de cabos primária, através da concentração de terminais. Procura-se com isso economia em termos de cobre, com um mínimo de deterioração na qualidade do serviço oferecido.

Há, no entanto, uma contrapartida nesta economia de pares de fios, que é o custo do equipamento. Do confronto entre aquele benefício e este custo, deve-se levantar qual a política mais adequada para a implantação dos concentradores.

É importante assinalar que à medida que aumenta a presença de centrais digitais na rede em estudo, caem os custos do equipamento concentrador, dada a não necessidade da Unidade Central (UC).

Um passo seguinte na transição de uma rede analógica para digital, pode ser o agrupamento de concentradores, formando pequenas centrais locais ou Unidades Remotas de Centrais, subordinadas a uma central digital, conforme ilustra a Figura 3.3..

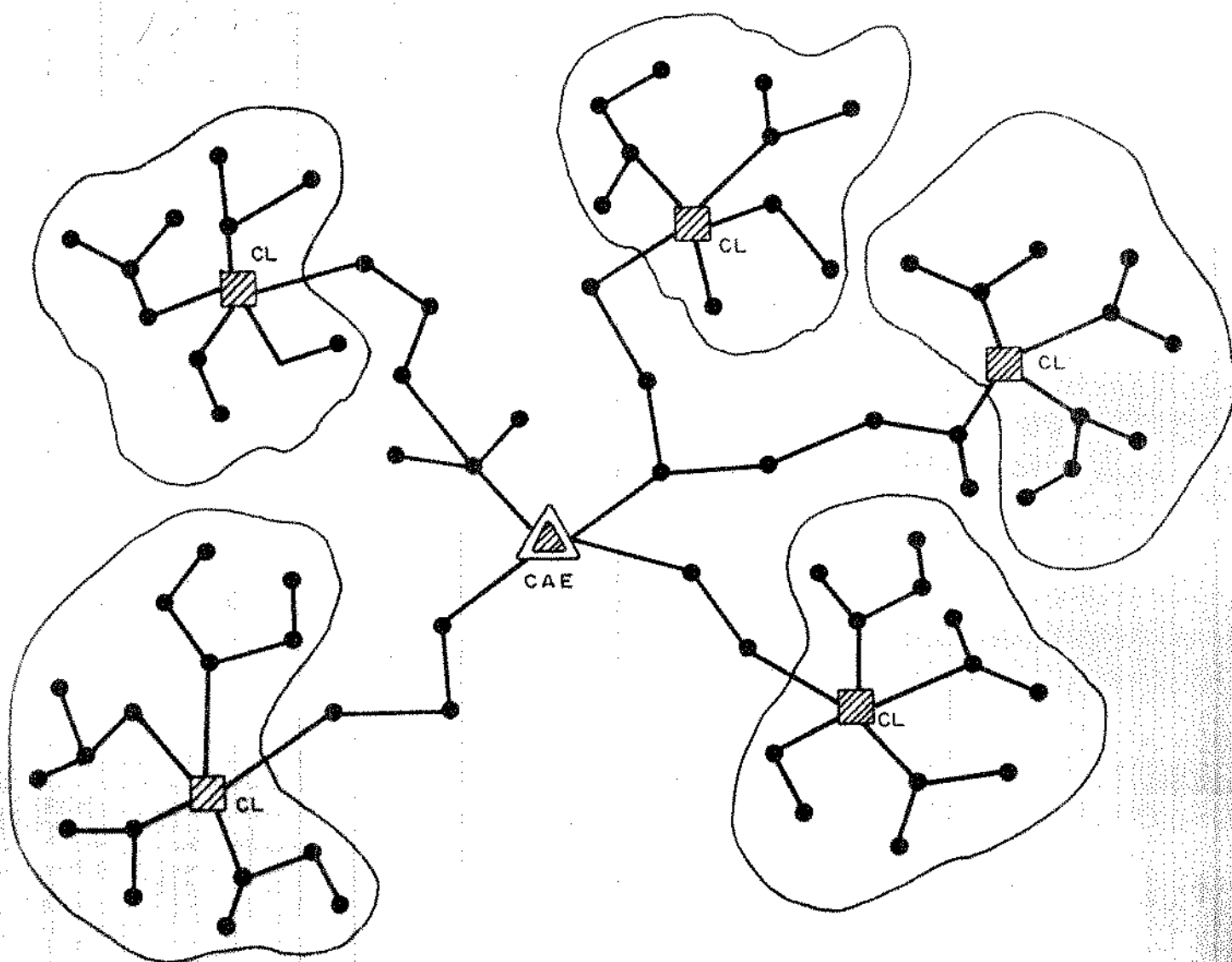


FIGURA 3.3.

3.2. DEFINIÇÕES IMPORTANTES

3.2.1. COMPRIMENTO ECONÔMICO DE UM ARCO E POTENCIAL ECONÔMICO DE UM NÓ

Potencial econômico de um nó é o custo de sua ligação à central, em termos do comprimento necessário de fio. É a distância real, medida ao longo da rede de dutos, do nó à sua central, ponderado arco a arco, por um fator. Este multiplicador deve indicar o grau de dificuldade da ligação um novo assinante através desse arco.

Seja, por exemplo, o arco A mostrado na Figura 3.4., cujo comprimento é de m metros, ligando o armário de distribuição (1) à sua estação C. O arco A, por hipótese, está situado em um local com obstáculos (rio, morro, lago, etc...).

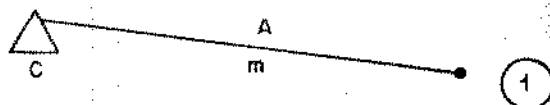


FIGURA 3.4.

Instalar um metro de fio nesse arco implica num custo L vezes maior que o incorrido na instalação de um metro de fio em região livre de obstáculos.

Diz-se então que o POTENCIAL GEOGRÁFICO (POTG) do nó (1) é $\underline{m}$ e o seu POTENCIAL ECONÔMICO (POTE) é $\underline{Lxm}$. Para efeito computacional, é como se o "comprimento" do arco A fosse $\underline{Lxm}$ em vez de $\underline{m}$. Dessa forma, as dificuldades de instalação de fios em certos arcos localizados em regiões com obstáculos devem fazer parte dos dados sobre a rede.

A presença de fios ociosos ao longo de um caminho ligando um certo nó à sua central também distingue o Potencial Econômico de um nó, de seu Potencial Geográfico.

Seja o caminho ligando um nó I à sua central C, dado pela Figura 3.5., onde os arcos medem L.

Neste exemplo, o nó I tem um potencial geográfico igual a $\underline{5L}$ ($POTG=5L$) e um potencial econômico igual a $\underline{3L}$ ($POTE=3L$). Isto porque o número de pares de fios ociosos nos arcos 2 e 5 é superior ao número de assinantes de I a serem ligados à central C, no estágio de planejamento em consideração.

O custo de ligação nos arcos 2 e 5 é nulo, uma vez que existem fios sobrando que podem ser aproveitados na ligação dos assinantes de I à estação C.

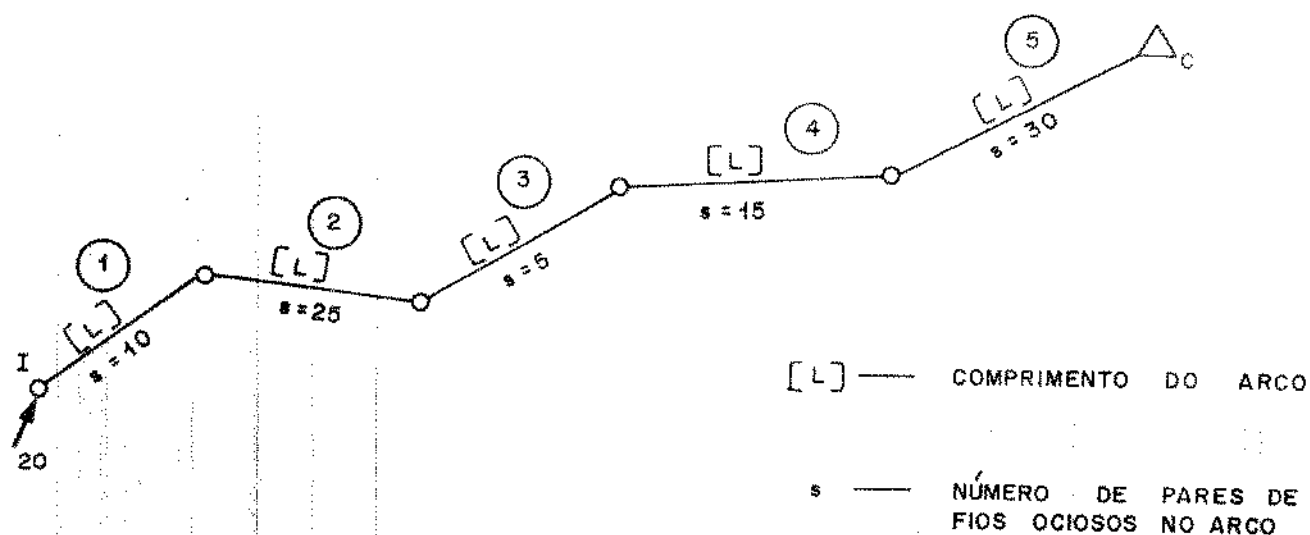


FIGURA 3.5.

Portanto, o comprimento econômico de um arco (e consequentemente o potencial econômico dos nós que usem este arco para serem ligados à sua central) depende fundamentalmente do tipo de local por onde passa o duto e do número de pares de fios contidos nele no início do planejamento.

A informação sobre obstáculo é fixa e pode ser incorporada ao comprimento físico de um arco, gerando seu comprimento econômico. A sobra de fios em um arco é variável ao longo do período de planejamento e é considerada no cálculo do potencial econômico dos nós.

3.2.2. DISTÂNCIA CRÍTICA PARA A INSTALAÇÃO DE CONCENTRADORES

A avaliação custo-benefício da instalação de concentradores de linha depende fundamentalmente do custo do concentrador e equipamentos associados versus a economia de pares de fios que ele proporciona.

Para o estudo da implantação de concentradores na zona de filiação de uma estação é necessário, então, determinar um parâmetro base chamado DISTÂNCIA CRÍTICA, (d_c), a partir da qual a diferença custo-benefício é menor que zero.

São necessários os seguintes dados:

A. CUSTO DO CONCENTRADOR (C_c):

Abrangendo equipamento de modulação e demodulação.

B. CUSTO DO REGENERADOR (C_r)

C. DISTÂNCIA ENTRE REGENERADORES (d_r)

D. ECONOMIA DE PARES DE FIOS (E_p):

Número de assinantes que podem ser ligados via concentrador, ou seja, a capacidade do concentrador.

E. NÚMERO DE CABOS PCM (N_e):

Número de cabos necessários para ligar o concentrador à sua estação.

F. CUSTO DO PAR-KM (C_p):

Utilizado por assinante.

G. CUSTO DO PAR-KM DO CABO PCM (C'_p):

Usado no entroncamento do concentrador.

Graficamente, o cálculo da distância crítica é mostrado na Figura 3.6..

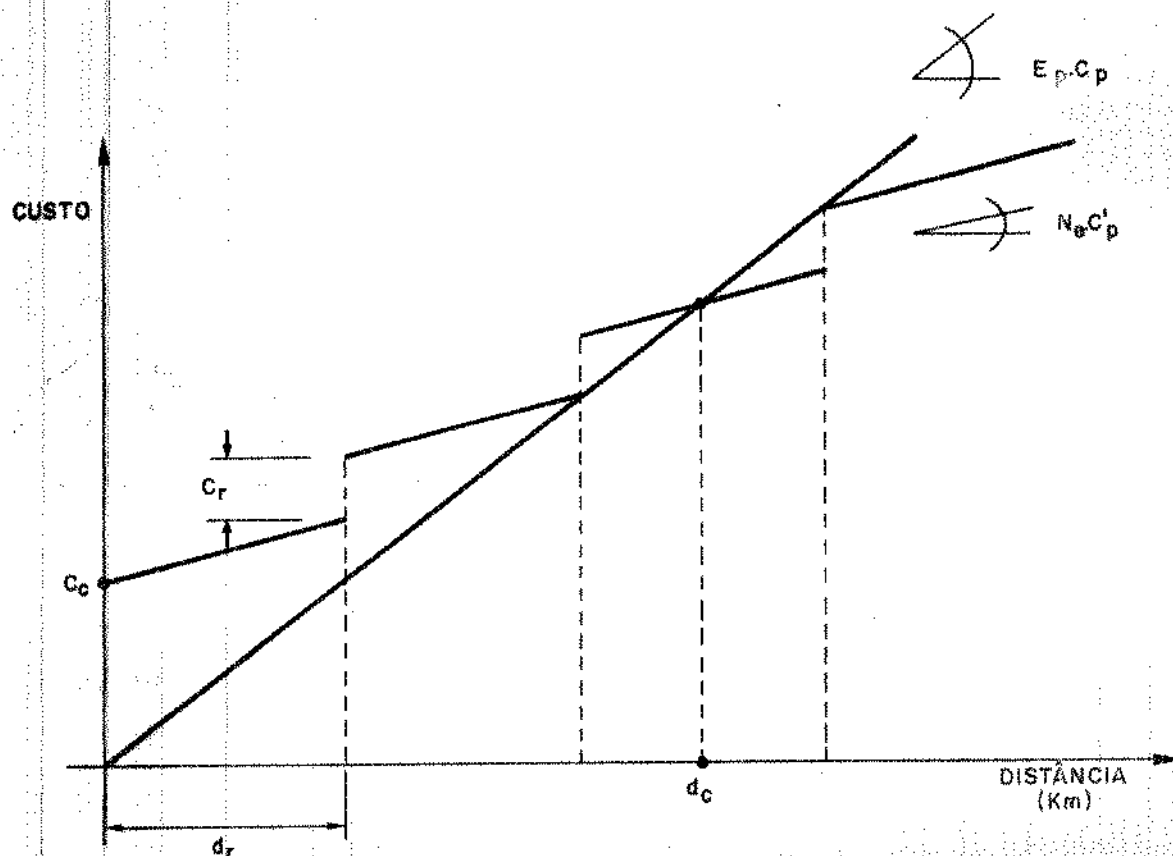


FIGURA 3.6.

É importante salientar que esta curva pressupõe a utilização plena do concentrador instalado. Se isto não ocorre, a inclinação $E_p.C_p$ será menor, alterando o valor da distância crítica de para maior.

3.2.3. COMENTÁRIOS SOBRE A VARIAÇÃO DA DISTÂNCIA CRÍTICA

A distância crítica (d_c) de um concentrador, ou seja, a distância após a qual um nó, com determinado número de assinantes, é candidato à instalação de um concentrador, é função dos custos dos equipamentos envolvidos (concentrador, regenerador) bem como dos custos dos meios de transmissão. Estudando a variação de alguns desses custos tem-se:

A. VARIAÇÃO DO CUSTO DO COBRE:

(C_p e C'_p)

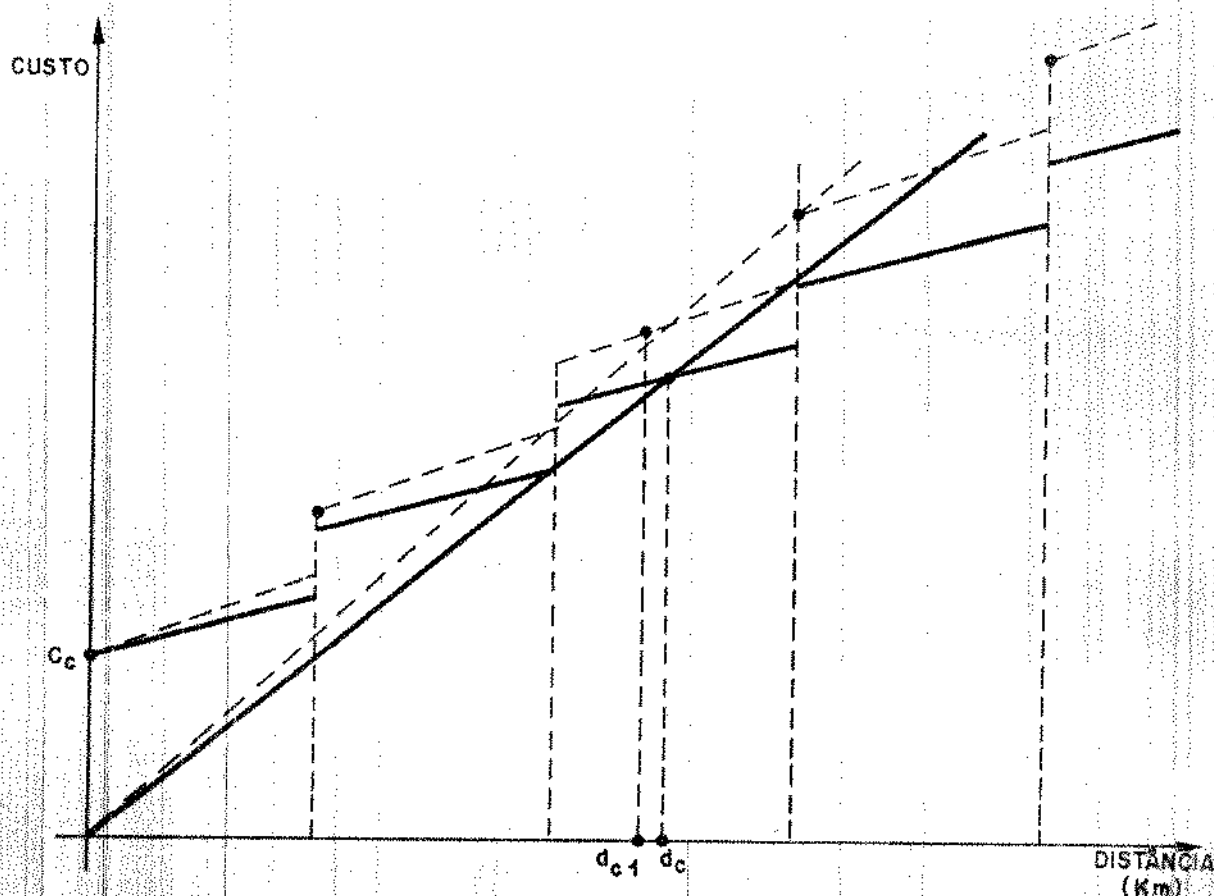


FIGURA 3.7.

Um aumento no custo do cobre (linhas tracejadas) vai indicar uma distância crítica menor que a obtida com os custos atuais (linhas cheias), ou seja, $d_{c1} < d_c$. Isto implica em um número maior de nós passíveis de receber concentrador.

Da mesma forma uma diminuição acentuada no custo do cobre, sem estar acompanhada de uma queda nos custos do equipamento, tem o efeito inverso. No caso extremo isto pode levar à não utilização de concentradores na rede, caso em que a distância crítica for maior que a distância do nó mais afastado da estação.

B. VARIAÇÃO DO CUSTO DO CONCENTRADOR (C_c)

Na Figura 3.8. observa-se que uma queda nos custos dos concentradores (linha tracejada) levará a uma distância crítica menor, aumentando o número de nós candidatos a receber concentrador. Um aumento no custo do concentrador terá efeito inverso (linha traço-ponto).

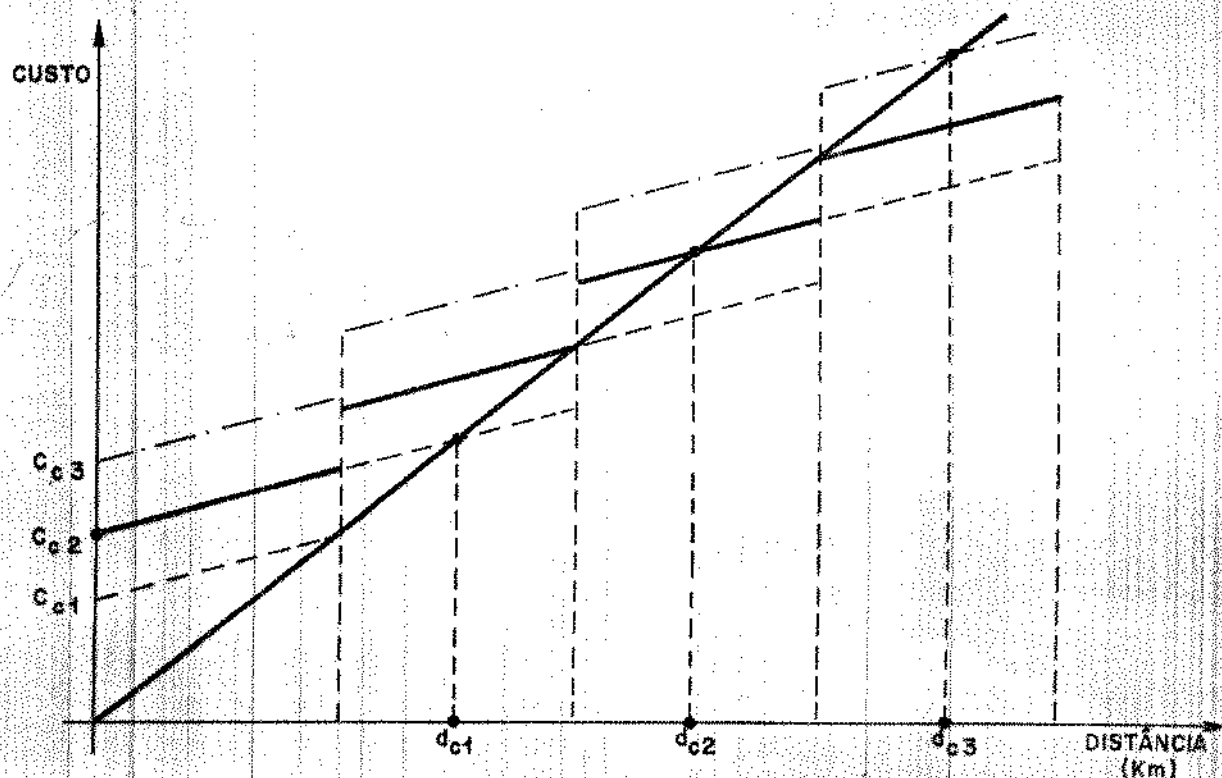


FIGURA 3.8.

Suponha-se que estejam sendo levados em conta os custos referentes aos moduladores (unidade remota) e demoduladores (unidade central). É fácil concluir que à medida que aumenta a presença de centrais digitais na rede, há uma queda nos custos dos concentradores e um aumento da possibilidade de introdução de maior número deste equipamento.

C. VARIAÇÃO DO CUSTO DO REGENERADOR

Na Figura 3.9. a linha pontilhada indica o caso hipotético em que não fossem necessários regeneradores ao longo da linha. Na medida em que este equipamento é indispensável, tem-se distâncias críticas maiores que d_{c0} . É também possível avaliar através do programa PALCO a influência da variação da distância entre regeneradores (d_r). Aumentando d_r , diminui o número de regeneradores entre um nó e sua central, diminuindo a distância crítica em consideração.

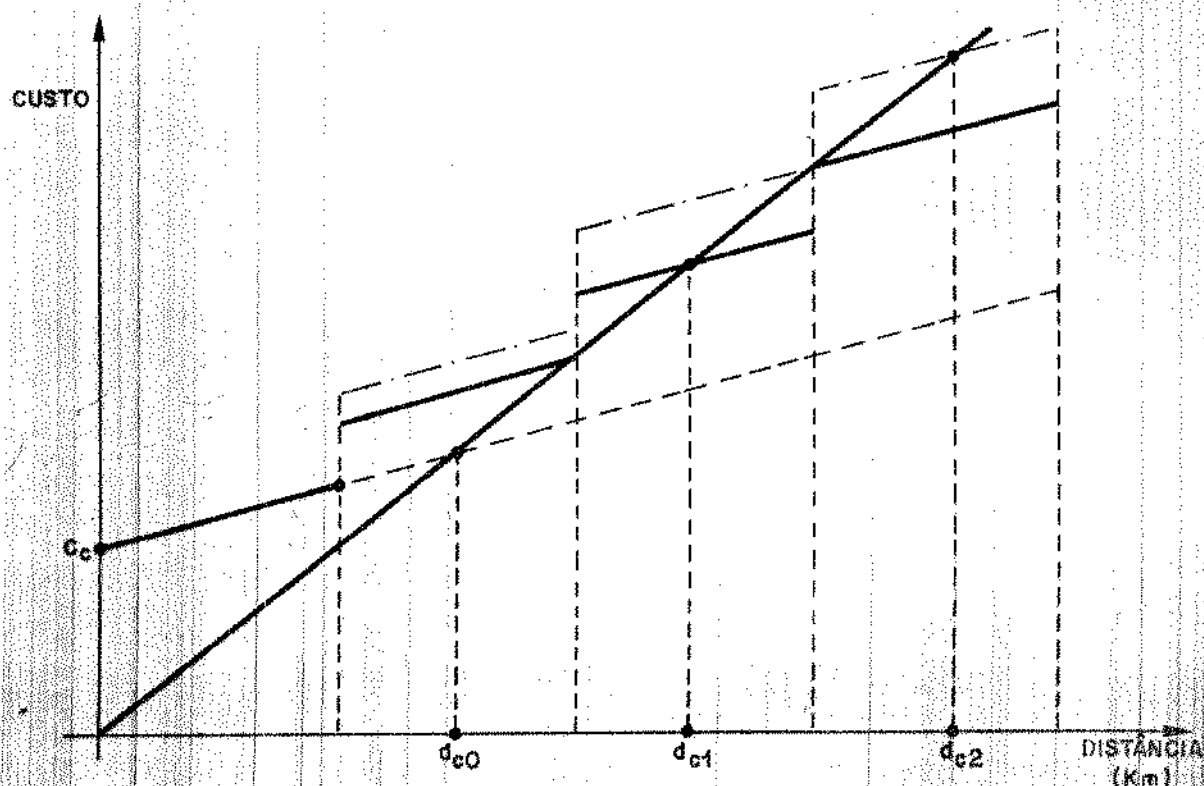


FIGURA 3.9.

O programa PALCO, através do elenco de custos que lhe são fornecidos pelo usuário, indica os nós onde a instalação de concentrador é economicamente vantajosa, todos eles situados além de d_c . Por exemplo, seja a estação c da Figura 3.10. em cuja zona de filiação deseja-se analisar a introdução de concentradores. À medida que o elenco de custos apresentados fornece uma distância crítica menor, maior será, provavelmente, o número de concentradores implantados.

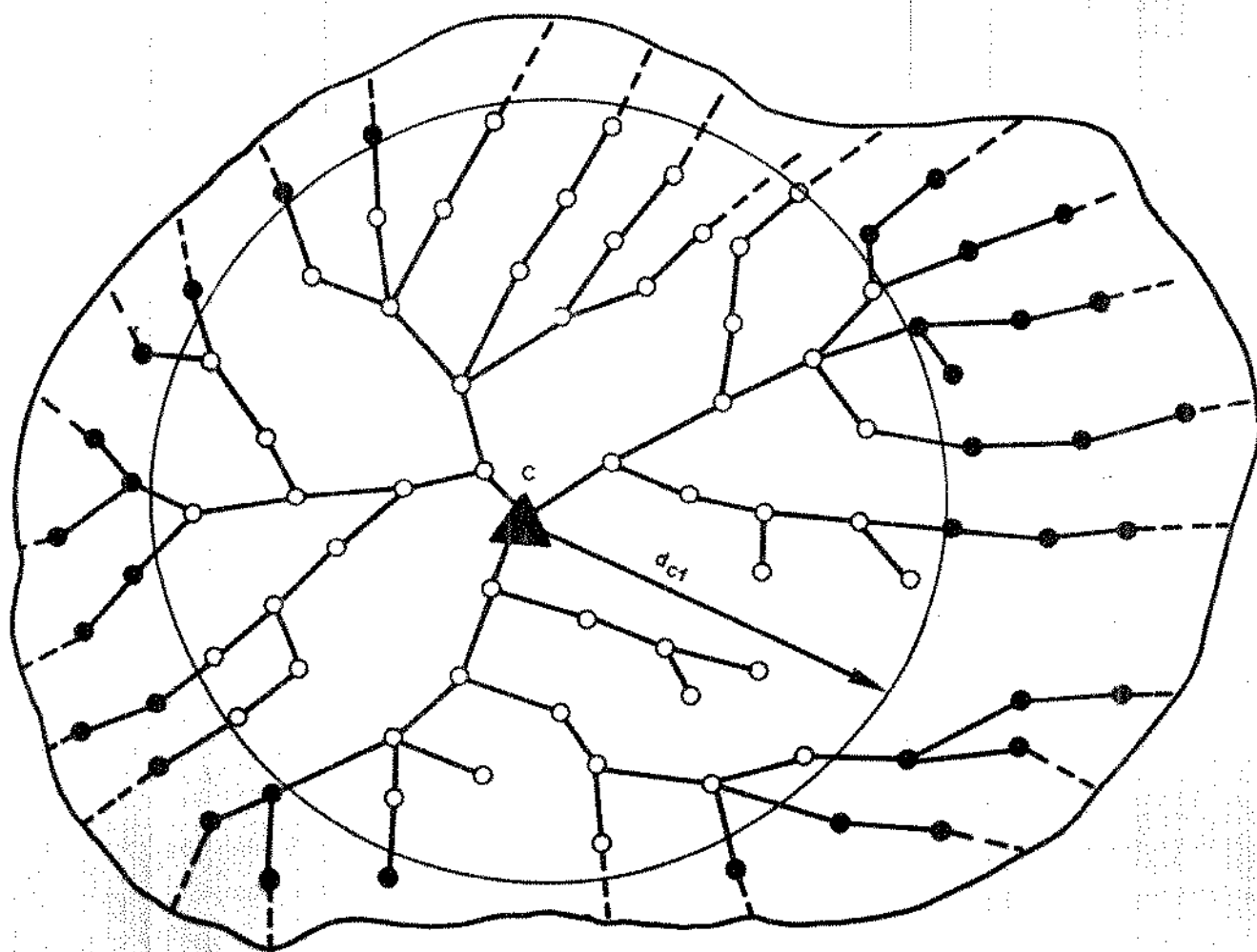


FIGURA 3.10.

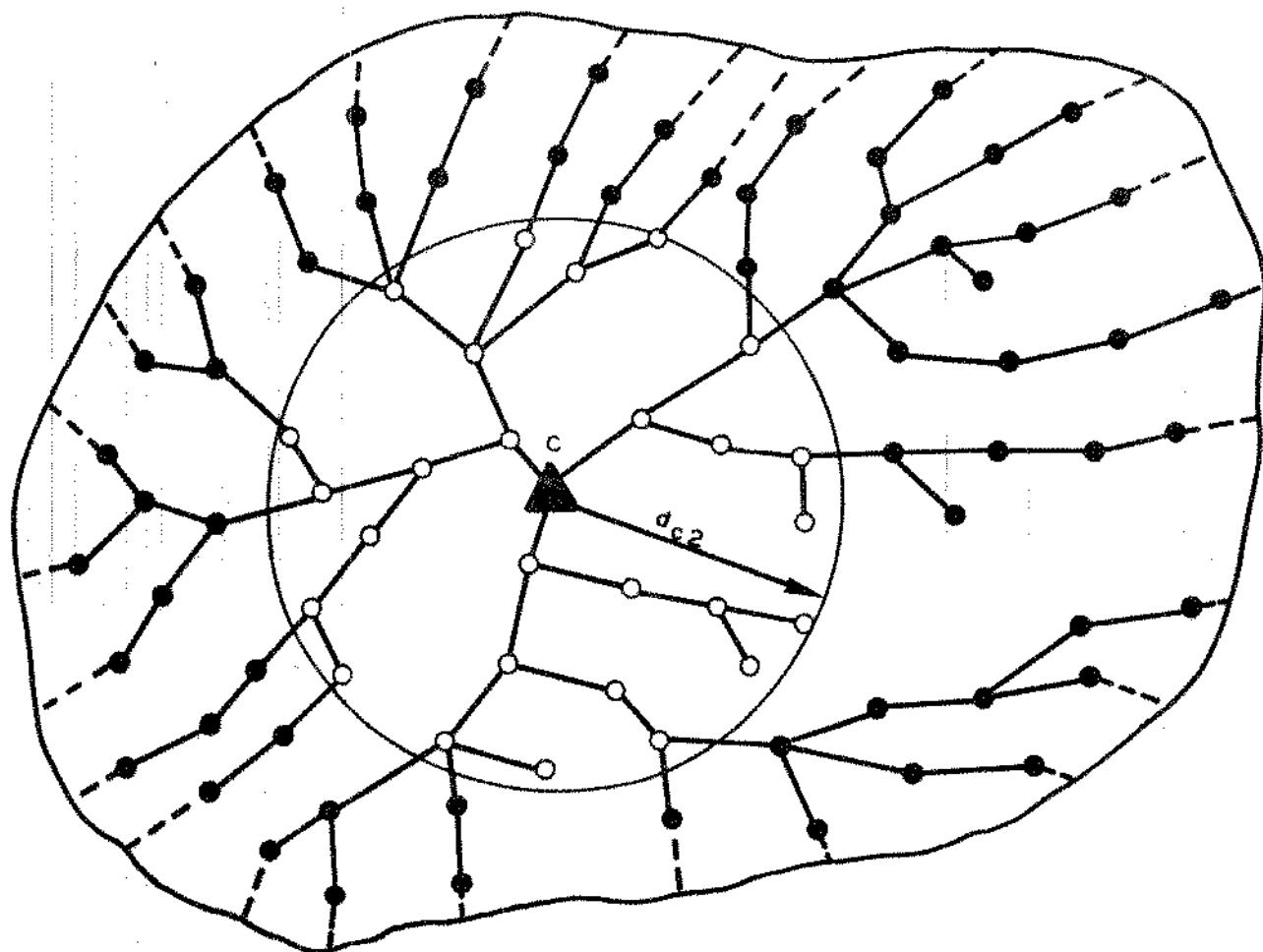


FIGURA 3.11.

3.3. DISCUSSÃO SOBRE POLÍTICAS DE INSTALAÇÃO DE CONCENTRADORES

3.3.1. POLÍTICA NÃO CONSERVADORA

Denomina-se política não conservadora de instalação de concentradores, aquela que permite que estes sejam transferidos de um local para outro, segundo sua necessidade.

O equipamento do concentrador é de pequeno porte, de caráter modular, e o custo da edificação necessária para abrigá-lo é pouco significativo. Assim, considera-se viável a sua transferência de um ponto para outro da rede.

Para efeito deste planejamento é importante salientar que estas transferências, se ocorrerem, dar-se-ão apenas nos estágios de planejamento que na metodologia adotada (ver 1.1.) têm entre si um intervalo de tempo em torno de cinco anos.

Em cada estágio de planejamento analisa-se a conveniência da introdução de concentradores na rede, como se nenhum houvesse ainda sido instalado nos estágios anteriores.

Um dos motivos que podem acarretar a mudança da localização de um concentrador é a instalação de uma nova estação. Os reflexos da instalação de uma estação se dão tanto sobre os nós que permanecem ligados às estações antigas, quanto sobre os nós que passam para a zona de filiação da nova estação. Isso porque:

- Os nós da estação nova terão seus potenciais econômicos diminuídos, uma vez que estarão situados geograficamente mais próximos de uma estação, e

- Os nós de estações antigas poderão vir a dispor de sobras adicionais de pares de fios, no caminho de dutos que os liga à sua central. Isto ocorre no caso deste caminho ter sido até então utilizado por aqueles nós que passaram para a nova estação. O resultado aqui será também a queda do potencial econômico desses nós.

A variação nos potenciais econômicos dos nós envolvidos na instalação de uma nova estação, poderá vir a alterar a lista de nós candidatos a receber concentrador, no sentido de diminuí-la. Dessa forma, um concentrador instalado no estágio anterior pode vir a ser dispensável na nova situação.

3.3.2. POLÍTICA CONSERVADORA

Demonina-se política conservadora de implantação de concentradores aquela em que, uma vez instalado o equipamento em um determinado ponto da rede, ele é mantido ali até o horizonte de planejamento.

3.3.3. A POLÍTICA ADOTADA

Tendo em vista as considerações feitas nos dois itens acima, foi preferida a política não conservadora para o desenvolvimento do programa PALCO.

Para efeito de custos, o programa considera que cada concentrador instalado é novo, de modo que a avaliação dos custos é de certa forma pessimista. Abatidos os custos da transferência em si, haverá economia devido à reutilização do equipamento. Essa economia, o planejador poderá deduzir do custo total de um cenário com concentradores.

De acordo com essa política não conservadora adotada, o programa PALCO vai operar da seguinte maneira: dada a configuração da rede em um certo estágio de planejamento (fornecida pelo programa PEOR), busca-se a situação correspondente com concentradores, visando reduzir o custo da rede. Isto é feito ignorando os concentradores que possam ter sido instalados nos estágios anteriores.

Políticas intermediárias mais brandas também podem ser adotadas, penalizando-se a realocação de um concentrador instalado.

3.4. CRITÉRIOS DE DECISÃO SOBRE A INSTALAÇÃO DE UM CONCENTRADOR EM UM NÓ DA REDE

A definição de distância crítica (d_c) para a instalação de concentradores divide os nós de uma rede telefônica em duas categorias: nós com potencial econômico maior que d_c e nós com potencial econômico menor ou igual a d_c .

3.4.1. NÓS COM POTENCIAL ECONÔMICO MENOR OU IGUAL À DISTÂNCIA CRÍTICA

Para estes nós o custo do equipamento do concentrador de linha se mostra maior ou igual à economia de fios por ele gerada na rede.

Como a comparação de custos é feita utilizando o potencial econômico do nó, e não sua distância à central, é possível que o número de regeneradores seja maior que o previsto no cálculo de d_c . Sendo assim, a comparação com a distância crítica é uma avaliação otimista dos nós candidatos a receber concentrador. Se ainda assim existe um conjunto de nós da rede para os quais a diferença custo-benefício não é negativa, pode-se afirmar que esses nós devem ser excluídos do rol de candidatos.

3.4.2. NÓS COM POTENCIAL MAIOR QUE A DISTÂNCIA CRÍTICA

Neste conjunto de nós, em princípio é vantajoso instalar concentrador. Todavia, alguns problemas podem ocorrer:

A. A economia de pares pode não ser integral ($E_p < 192$), quando poucos assinantes são atendidos via aquele nó candidato.

B. Como o potencial econômico é menor ou igual ao geográfico, isto pode levar a uma avaliação errônea do número de regeneradores necessários para aquele nó candidato.

A instalação de um concentrador pode inclusive modificar a configuração de fluxos na rede. A Figura 3.12. mostra um segmento de rede sem concentrador e na Figura 3.13. é visto o mesmo trecho com um concentrador instalado. Os nós escuros têm potencial econômico maior que dc, e os claros, menor ou igual. As setas nos arcos cheios definem o sentido do fluxo na rede, e as linhas pontilhadas mostram os dutos existentes, porém sem fluxo na rede. O arco tracejado simula o entroncamento digital ligando o concentrador instalado no nó I à sua estação C; ele foi desenhado em uma rota diferente apenas para melhor visualização.

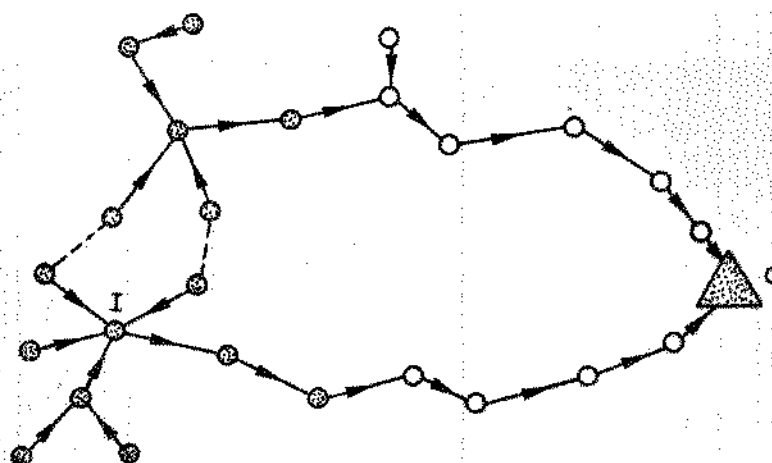


FIGURA 3.12.

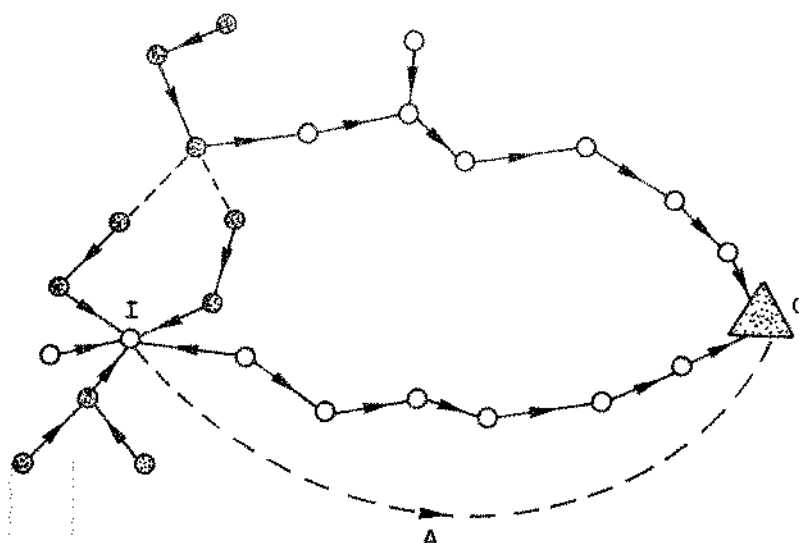


FIGURA 3.13.

Na verdade, a instalação de concentrador em nós da periferia de uma zona de filiação pode atrair nós com potenciais altos de outras zonas de filiação, modificando até mesmo a área de influência das centrais. Não obstante, o programa PALCO, na atual versão, proíbe que a introdução de concentradores na rede modifique a área de serviço das centrais.

Suponha-se que a instalação de um concentrador no nó I do exemplo mostrado nas Figuras 3.12. e 3.13. baixe o potencial deste nó, a ponto de fazer com que este e alguns nós vizinhos seus saiam do conjunto de nós candidatos a concentrador. É fácil, então, notar que deve ser introduzido um concentrador de cada vez na rede, redefinindo o conjunto de nós candidatos após cada instalação.

A possível reestruturação da rede pela introdução de um concentrador pode ou não ser vantajosa. É necessário simular a instalação de um concentrador no nó candidato, observar a nova estrutura da rede, e comparar os custos desta configuração com os da anterior. Computacionalmente, o teste de simulação é feito criando um arco artificial (designado por A na Figura 3.13.) entre o nó candidato I e sua central. Este arco será chamado de arco de concentrador. O custo por assinante associado a ele é igual à parte variável do custo do equipamento, e sua capacidade é igual à do concentrador (192 assinantes). Com esse novo arco na rede, é rodado um programa de fluxo de custo mínimo (PFCM) e comparado o novo custo de rede mais o custo fixo do equipamento (levando em conta POTG e não mais POTE), com o custo da situação anterior.

Caso a instalação do concentrador implique em custo maior, o arco A é anulado e o nó deixa de ser candidato. Volta-se então à situação anterior, explorando um outro nó candidato. Se a instalação do concentrador for vantajosa, definem-se os candidatos através de nova comparação de seus potenciais econômicos com a distância crítica, e examina-se um novo candidato. O processo termina quando não houver mais candidatos.

3.4.3. ORDEM DE AVALIAÇÃO DOS CANDIDATOS

A questão básica que se impõe então é: em que ordem testar os nós candidatos a receber concentrador?

Um critério razoável é o de testar os nós em ordem decrescente de potencial econômico. Da Figura 3.6. pode-se observar que, quanto mais afastado da estação estiver o armário de distribuição, maior será, a priori, a vantagem de ser instalado um concentrador nesse nó.

Se o teste de simulação revelar que o nó de maior potencial não é um bom candidato (poucos assinantes associados, muitos regeneradores, etc...), este nó é descartado do conjunto de candidatos. O PALCO segue testando o segundo nó de maior potencial da rede, e assim por diante.

Se o teste aconselhar a alocação de um concentrador no nó de maior potencial, podem acontecer as seguintes situações:

- Este nó continua com o potencial mais alto da rede. Sendo ainda o melhor candidato, o programa vai testar se é interessante alocar aí mais um concentrador.
- O potencial econômico do nó cai abaixo da distância crítica. Este nó não é mais candidato a concentrador.
- O potencial do nó cai mas, ainda assim, permanece superior à distância crítica. O nó continua na lista de candidatos, porém com prioridade mais baixa, de acordo com o seu novo potencial.

O processo continua até não haver mais candidatos na lista.

Este critério de ordenação segue a tendência de instalar os concentradores na periferia das zonas de influência das centrais. Dessa forma, a instalação de concentrador libera cabos ao longo do caminho entre o nó e a central, tendendo a baixar o potencial dos nós existentes nesse trajeto.

Este é o critério utilizado na atual versão do programa PALCO. Outros, porém, podem ser adotados pelo programa.

3.5. ASPECTOS COMPUTACIONAIS

O programa PALCO, tal como está concebido e implantado atualmente, recebe informações acerca da rede geradas pelo programa PEOR. Por este motivo, o programa se encontra sistematizado para examinar a instalação de concentradores em cada estágio, estudando uma zona de filiação de cada vez (várias redes unicentrais). Isto faz com que as zonas de filiação de cada centro de fios previstas pelo PEOR sejam preservadas pelo PALCO (ver seção 3.4.2.). Todavia o programa pode facilmente ser adaptado para analisar redes multicentrais.

3.5.1. DADOS DE ENTRADA E SAÍDA

A. DADOS DE ENTRADA

O programa PALCO conta com dois arquivos de entrada:

ARQUIVO 1: Dados específicos do PALCO.

Neste arquivo o programa recolhe informações gerais sobre a rede e o equipamento do concentrador, tais como:

- Número de estágios de planejamento e de centros de fios em cada estágio.

- Custo do concentrador, custo do regenerador, capacidade do concentrador, custo do par-km de cabo telefônico, distância entre os regeneradores, custo do par-km de cabo PCM 30 canais, e o número de pares de cabos PCM necessários ao concentrador.

- A distância crítica, calculada com base nos dados acima.

ARQUIVO 2: Dados fornecidos pelo PEOR.

Este arquivo contém informações acerca de cada centro de fios, para cada estágio de planejamento. Para cada zona de filiação, o arquivo fornece:

- O número de nós e o número de arcos.

Para cada nó da zona de filiação:

- Número de referência nesta zona*,
- nó fio,
- nó pai,
- potencial econômico,
- arco que o liga a seu nó pai,
- número de seus assinantes no estágio corrente,
- apontador do número de referência do nó na rede global, e
- distância física (POTG) do nó ao centro de fios, medida ao longo dos dutos.

*Ao tratar separadamente cada zona de filiação, o programa renumera seus nós e arcos, de tal forma que ao centro de fios esteja sempre associado o número 1. São necessários portanto apontadores que liguem a referência local dos arcos e nós à referência global.

Para cada arco da zona de filiação:

- número de referência nesta zona de filiação,
- nó origem,
- nó destino,
- custo,
- fluxo,
- limitante inferior de fluxo,
- fluxo de referência,
- indicador de estado do arco (se no limitante inferior, superior, ou intermediário),
- apontadores internos ao programa PEOR; associados aos arcos, e
- comprimento do arco.

B. DADOS DE SAÍDA

O relatório completo de saída do programa PALCO fornece, para cada estágio, e para cada zona de filiação:

- a situação inicial da rede, com seu custo, potencial dos nós e fluxo nos arcos.
- a lista dos nós candidatos a receber concentrador na zona de filiação estudada.

Seja agora a rede exemplo na Fig. 3.14., onde está sendo feito o teste de instalação de um concentrador no nó 1. A situação simulada é vista na Fig. 3.15., com o concentrador em 1.

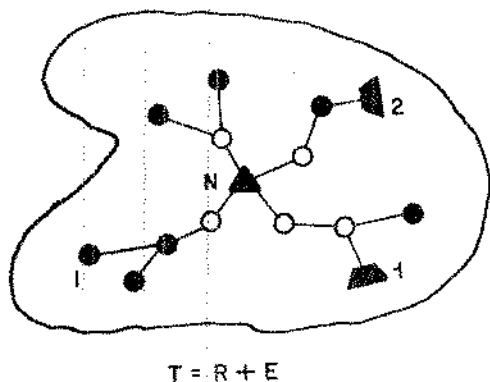


FIGURA 3.14.

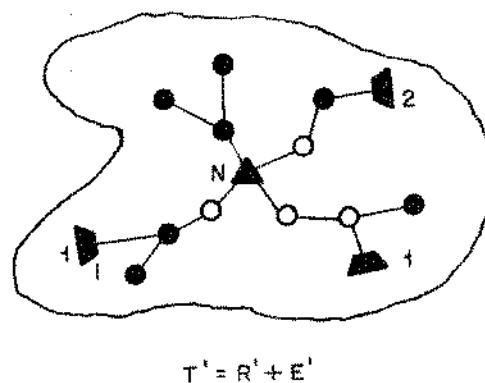


FIGURA 3.15.

Os trapézios indicam os nós onde já foram instalados concentradores e o número ao lado diz quantos. Os nós escuros estão além da distância crítica. Na Fig. 3.14., o custo de rede é dado por R e o de equipamento instalado E , totalizando um custo T . Para a situação mostrada na Fig. 3.15. o custo de rede é R' o de equipamento E' , e o custo total é T' . No exame de cada candidato, o relatório de saída do programa PALCO fornece:

- o custo da rede com o concentrador estudado (R')
- o número de regeneradores necessários para ligar o concentrador em 1 até sua estação N
- o custo fixo de equipamento acumulado (E)

- O custo fixo do concentrador em estudo ($E'-L$)
- O custo total da rede sem o concentrador em estudo (T)
- O estudo total da rede com o concentrador em estudo.
- baseada na comparação entre esses dois últimos custos, segue-se a decisão do programa de instalar ou não o concentrador no nó testado, e quantos concentradores já existem naquele nó.

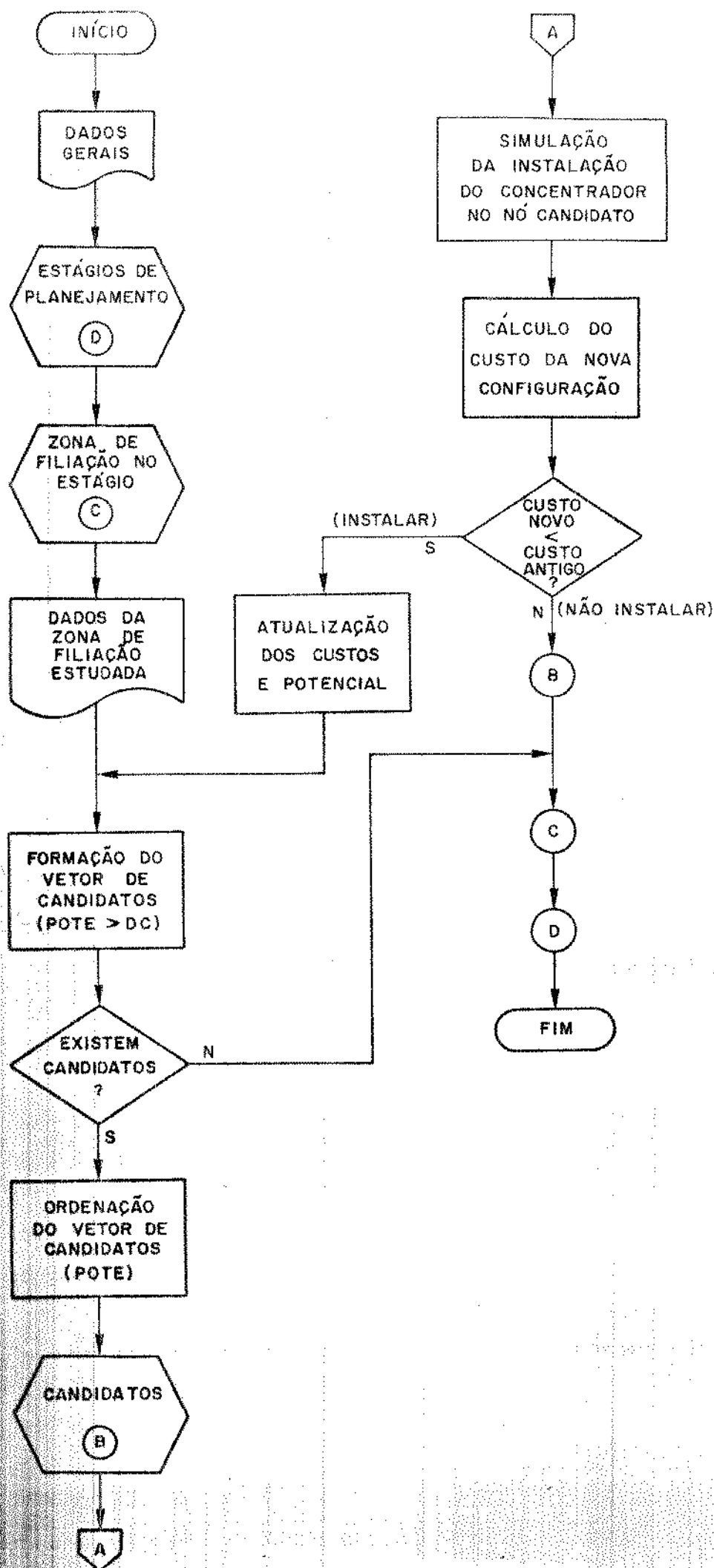
A seguir é fornecido um relatório da nova situação dos potenciais e fluxos na rede. No relatório simplificado esta informação é suprimida, assim como o relatório de fluxo na situação inicial da rede.

Ao fim da análise de cada zona de filiação, o programa indica o número de concentradores alocados naquele estágio.

Na listagem I.4. do Apêndice I é mostrado um exemplo de relatório de saída do programa PALCO.

3.5.2. DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA

A seguir pode ser visto um diagrama de blocos simplificado do programa PALCO.



3.6. TESTES COMPUTACIONAIS

A seguir são apresentados dois testes feitos com o programa, aplicando-o à rede telefônica de Curitiba.

O primeiro teste faz uma avaliação da introdução de concentradores em 1990, em um cenário digital de Curitiba.

No segundo teste é estudado o problema dos concentradores em todos os estágios de planejamento, em um cenário totalmente analógico de Curitiba. O PALCO, como já foi visto, atua de forma estática sobre cada estágio. Em seguida é mostrado um exercício de interpretação dos resultados estáticos do PALCO para os vários estágios, tentando acoplá-los, de forma a preservar a memória dos concentradores já instalados. Por fim é feita uma análise de sensibilidade do número de concentradores instalados na rede em função da variação do custo do equipamento.

3.6.1. CONCENTRADORES EM UM CENÁRIO DIGITAL DA REDE DE CURITIBA

Seja uma política de digitalização, onde são consideradas as seguintes hipóteses:

- Centrais digitais encontram-se disponíveis em mercado a partir de 1985.
- A partir do início do planejamento qualquer ampliação de estação antiga deve ser digital.
- Não são utilizados Estágios de Linha Remotos.

Essa política deu origem ao chamado Cenário Digital sem Unidades Remotas.

O período de planejamento considerado se estende de 1983 a 2000, dividido em 3 sub-períodos, com estágio em 1983, 1990, 1995 e 2000.

Dentro deste cenário de digitalização foi feito o planejamento da expansão da rede, segundo a metodologia apresentada no item 1.1. deste trabalho.

O programa LOCUS apontou 21 novos e pequenos centros de fios para o ano horizonte, além das 9 estações já existentes em 1983.

O cronograma ótimo indicou que 18 das novas estações fossem instaladas logo em 1990, e as 3 restantes em 1995. Foram feitas ampliações digitais em todas as estações antigas, exceto nas estações 3 e 4.

Rodando o programa PEOR, foram feitos os cortes de área para as estações em cada estágio.

O teste com o PALCO foi aplicado então à configuração da rede para 1990 (27 estações).

A base de dados adotada é a seguinte:

- Custo do concentrador: Cr\$ 6.000.000,00 (somente com a unidade distante, ligado a central digital) e Cr\$12.000.000,00 (ligado a central analógica, com unidade central e unidade distante).
- Capacidade do concentrador: 192 assinantes.

- Custo do par-km de cabo telefônico: Cr\$15.000,00
- Custo do par-km do cabo PCM de 30 canais: Cr\$50.000,00
- Número de pares de cabo PCM necessários para ligar um concentrador à sua central: 6.
- Distância entre regeneradores: 1800m.
- Número de regeneradores: a cada 1800 metros de cabo PCM, no caminho entre o concentrador e a central, são necessários dois regeneradores de sinal, um ativo, e outro de reserva.
- Custo do regenerador: o custo dos regeneradores relativos ao primeiro concentrador instalado em um nó, é maior do que para os demais concentradores desse nó. Para o primeiro concentrador é necessário levar em conta o custo de uma caixa para abrigar cada par de regeneradores disposto na linha. Como uma caixa tem capacidade para 24 unidades de regeneradores, os 11 concentradores seguintes eventualmente instalados naquele nó podem aproveitar a mesma caixa, e o custo se reduz ao do par de regeneradores.

Na verdade poderiam ser aproveitadas as caixas já dispostas no caminho mínimo entre um nó e sua estação, mesmo que servissem a concentradores de outros nós. Para efeito de simplificação, no entanto, isso não é considerado no programa.

Assim, o custo relativos ao equipamento de regeneração é de Cr\$433.000,00 quando se trata do primeiro concentrador em um nó, e de Cr\$105.000,00 para os demais.

A Figura 3.16. ilustra os valores de dc encontrados para os dois custos de renegerador, e para concentradores ligados a central analógica e digital.

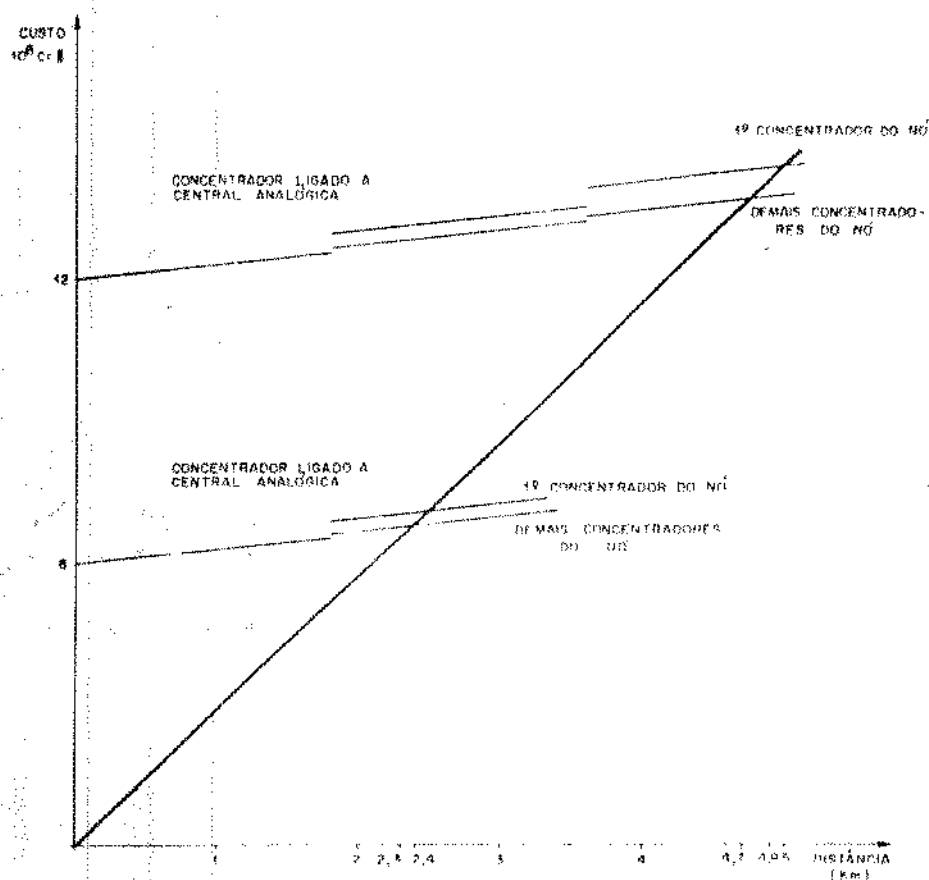


FIGURA 3.16.

O conceito de distância crítica serve para descartar, a priori, alguns dos nós da rede, sem nem mesmo testá-los. Deve ser utilizado o menor valor da distância crítica para os dois tipos de estação (analógica ou digital), para não haver risco de serem perdidos bons nós candidatos a receber o 2º concentrador. Para estudar a alocação de primeiros concentradores nos candidatos, tomar a menor distância significa apenas testar um número maior de candidatos.

Ao fazer o teste de simulação da instalação de concentrador em um nó onde já exista um concentrador instalado, deve ser tomado o menor custo de regeneradores.

Com a base de dados adotados a distância crítica correspondente é, como pode ser visto na Figura 3.15., de 2300 metros.

O mapa com os concentradores indicados pelo PALCO nesse teste podem ser encontrados na Figura II.2. do Apêndice II.

Os nós escuros têm potencial acima da distância crítica, e os claros, abaixo.

Os nós candidatos testados receberam concentrador ou foram descartados. Os nós onde foram alocados concentradores estão assinalados com um pequeno trapézio escuro, ao lado do qual é indicado o número de concentradores aí instalados. Os nós escuros cortados foram testados e descartados, como maus candidatos.

Pode-se notar que alguns dos nós candidatos não chegaram a ser testados. É que a instalação de concentradores em outros candidatos mais prioritários baixou o potencial daqueles nós, fazendo-os ficar aquém da distância crítica.

O número total de concentradores na rede foi de 57, para um crescimento de demanda de 71.492 assinantes no sub-período anterior (1985 a 1990). Isto representa uma porcentagem de 15,31% dos novos assinantes sendo atendidos por concentrador (considerando a utilização plena do equipamento). Essa parcela se torna significativa observando-se que em 1990 houve um acréscimo substancial de disponibilidade de fios na rede, devido à implantação de 18 novos centros de fios. O baixo custo de rede primária dificulta a entrada de concentradores.

Seja agora a mesma configuração da rede para 1990 e como exercício de abstração suponha que todas as estações são analógicas. Nesse caso o custo do concentrador, incluindo a unidade central, é de Cr\$12.000.000,00. Supondo que os outros dados permanecem inalterados, a nova distância crítica atinge os 4.700m. Somente um concentrador seria então instalado na rede. Este concentrador é indicado por um trapézio claro, no mapa da Figura II.2. do Apêndice II.

3.6.2. CONCENTRADORES NO CENÁRIO ANALÓGICO DA REDE DE CURITIBA

Seja agora uma política bastante pessimista de digitalização, que parta da premissa de que até o ano 2000 ainda não estarão disponíveis centrais digitais.

Mantendo o mesmo período e estágio de planejamento do teste anterior, foi delineado pelo conjunto de programas (LOCUS, CRONOS, PEOR, etc...) o chamado Cenário Analógico de Curitiba.

Para a rede alvo do ano horizonte o LOCUS indicou sete grandes estações analógicas a serem instaladas até o ano 2000. O cronograma de implantação aponta que a estação número 10 deve surgir em 1990, e as restantes em 1995.

O programa PEOR delimitou a zona de influência de cada estação para 1990, 1995 e 2000. É fácil antever que a rede deve sofrer uma reestruturação significativa em 1995 devido ao surgimento das seis novas estações naquele estágio.

A base de dados utilizada nesse teste é igual à do teste anterior, com a ressalva de que devem ser instalados agora somente concentradores com as duas unidades (remota e central), uma vez que todas as estações são analógicas.

A convenção utilizada é a mesma do teste anterior.

A tabela 3.1. a seguir indica a quantidade de concentradores instalados em cada zona de filiação a cada estágio.

ESTÁGIO ZONA DE FILIAÇÃO	1990	1195	2000
1	0	0	0
2	3	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	16	0	0
6	17	0	0
7	14	1	0
8	18	0	0
9	13	2	1
10	1	0	0
11		0	0
12		0	0
13		0	0
14		2	2
15		0	0
16		0	0

TABELA 3.1.

O estudo da instalação de concentradores em 1995 é feito pelo PALCO considerando que nenhum concentrador foi instalado em 1990. Os concentradores alocados em 1995 atendem somente os novos assinantes surgidos nesse estágio, uma vez que o programa PEOR considera que tenham sido dispostos fios para ligar os assinantes surgidos até 1990. O mesmo acontece em relação aos concentradores surgidos em 2000. Então, se a operadora quisesse usar concentradores na rede em 1990, ela instalaria 82 concentradores. Se fosse decidido introduzir concentradores somente em 1995, seriam instalados 5. Se fosse postergada até o ano 2000 a instalação de concentradores na rede, somente 3 seriam alocados.

Essa falta de memória, considerando que todos os assinantes novos surgidos até o estágio anterior foram atendidos sem concentrador, é que caracteriza a utilização estática do programa. Para haver uma dinâmica no processo é necessário que o resultado do PALCO para um estágio influencie no corte de área do próximo, pois então a disponibilidade na rede seria diferente (ver item 3.7.).

No entanto, mesmo o programa PALCO sendo executado desta maneira, é possível ao usuário recuperar alguma informação acerca dos estágios passados, fazendo uma análise dos resultados do programa, como é sugerida a seguir.

Sugere-se como critério para a conservação ou não dos concentradores alocados em um nó em estágios anteriores o seguinte: em um certo estágio, caso o nó esteja além da distância crítica, então ele deve conservar os concentradores nele alocados nos estágios anteriores. Esses concentradores se somariam aos indicados pelo PALCO para esse estágio. Caso o nó esteja abaixo da distância crítica, então ele perde os seus concentradores.

Se um nó permaneceu candidato em dois estágios consecutivos, é sinal que as instalações ocorridas no segundo desses estágios não baratearam a sua região, que continua merecendo ser atendida por concentrador. Por isso, deve ser mantido o equipamento introduzido aí nos estágios anteriores.

Ao contrário, se um nó deixa de ser candidato em um certo estágio, isto pode ter duas causas:

a) uma nova estação foi instalada nas proximidades desse nó, passando a atendê-lo.

b) o nó continua sendo atendido pela mesma estação, mas a instalação de uma nova liberou cabos que agora podem ser aproveitados pelos novos assinantes desse nó.

Embora essa dinâmica tenha sido empregada fora do programa, através de análise do usuário, ela é incorporável à rotina computacional.

Os mapas das figuras 11.3, 11.4 e 11.5 no Apêndice II, ilustram os resultados desse teste. A convenção utilizada é a mesma do teste anterior. Ao lado dos nós com concentrador estão indicados o número de concentradores instalados em estágio anteriores e no estágio estudado, separados pelo sinal +. Em 1990, é claro, todos os concentradores indicados surgiram naquele estágio.

A tabela 3.2. a seguir incorpora a tabela 3.1., mais os concentradores mantidos segundo o critério sugerido.

ESTÁGIO ZONA DE FILIAÇÃO	1990	1995	2000
1	0	0	0
2	3	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	16	0	0
6	17	0	0
7	14	2+1	3+0
8	18	1+0	1+0
9	13	0+2	2+1
10	1	1+0	0
11		0	0
12		0	0
13		0	0
14		4+2	6+2
15		0	0
16		0	0

TABELA 3.2.

A porcentagem de assinantes atendidos por concentrador é de 22,02% em 1990, 1,45% em 1995, e 1,05% em 2000, considerando somente os novos assinantes surgidos no sub período imediatamente anterior, uma vez que os assinantes antigos já estão ligados à sua estação.

Os concentradores instalados em 1995 e 2000 têm na verdade um custo inferior ao utilizado no teste de simulação. Este custo se refere somente à realocação de concentradores instalados em 1990. É sugerido utilizar o custo total no teste de simulação para detectar os nós que realmente justificam concentrador.

A seguir foi feita uma análise de sensibilidade dos resultados, quanto à variação no custo do concentrador.

A tabela 3.3. mostra que o custo máximo do concentrador para que ainda seja instalado algum nesta rede é de Cr\$21.000.000,00. Como o número de concentradores nos estágios de 1995 e 2000 para um custo superior a Cr\$14.000.000,00 é nulo, estas colunas foram omitidas na tabela. Na Figura 3.16. pode ser visto um gráfico do número de concentradores instalados em 1990, no Cenário Analógico da rede de Curitiba, em função do seu custo. Note-se que para cada rede, e para cada política de instalação de centro de fios haverá uma curva diferente, dependendo da distribuição destes centros de fios, e dos assinantes na rede.

CUSTO DO CONC.	12.000			13.000			14.000			15.000	16.000	17.000	18.000	19.000	20.000	21.000
	90	95	00	90	95	00	90	95	00	90	90	90	90	90	90	90
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	16	0	0	16	0	0	13	0	0	12	11	4	0	0	0	0
6	17	0	0	13	0	0	11	0	0	11	9	5	4	3	3	3
7	14	1	0	7	1	0	4	0	0	4	4	0	0	0	0	0
8	18	0	0	10	0	0	6	0	0	6	6	5	0	0	0	0
9	13	2	1	13	2	1	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11		0	0		0	0		0	0							
12		0	0		0	0		0	0							
13		0	0		0	0		0	0							
14		2	2		0	0		0	0							
15		0	0		0	0		0	0							
16		0	0		0	0		0	0							
TOTAL	82	5	3	71	3	1	39	0	0	37	30	14	4	3	3	3

TABELA 3.3.

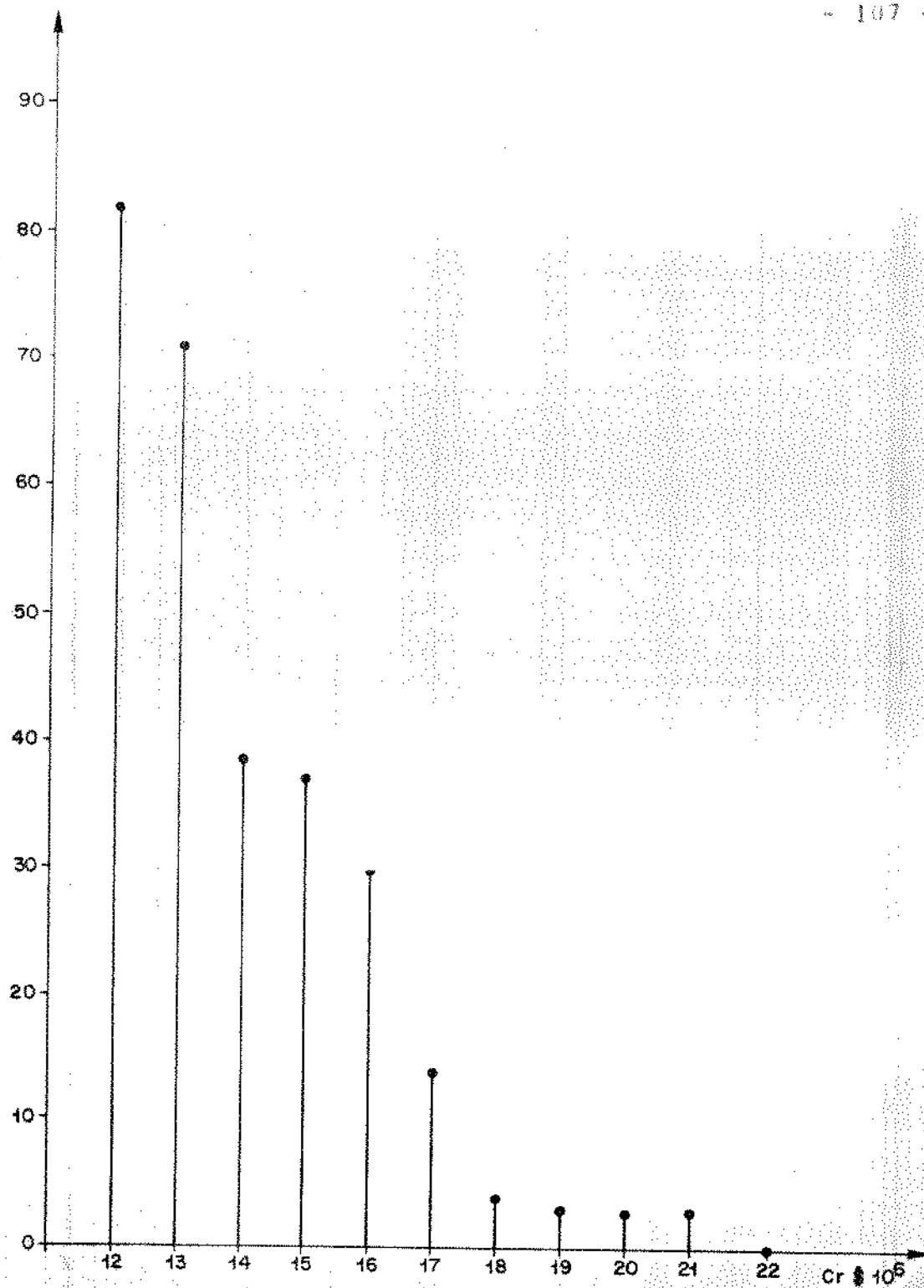


FIGURA 3.17.

3.7. OBSERVAÇÕES FINAIS

O programa PALCO é um instrumento eficiente no planejamento da utilização de concentradores de linha, visando reduzir custos de rede.

Da forma como está implementado, o programa serve à instalação tanto de concentradores de linha digitais quanto analógicos. Isto depende, como foi visto nos testes, unicamente da estrutura de custos utilizada.

O concentrador de linhas tem outras aplicações, dentre elas:

- adiar a instalação de cabos telefônicos, que podem ser dispostos depois com maior utilização e economia de capital;
- resolver temporariamente problemas de engenharia, etc...

Nesses casos o concentrador é utilizado circunstancialmente, e esse planejamento não é feito pelo programa PALCO.

O concentrador é útil, também na preparação da rede para receber futuras estações ou Unidades Remotas. Isso é particularmente útil em cenários que contemplem transformações tecnológicas pois o concentrador atenua o impacto da mudança de tecnologia. Esse uso do concentrador será comentado mais adiante.

- O programa PALCO, de certa forma, atua sob uma ótica de pós-otimização. Partindo da solução ótima obtida pelo PEOR para um dado estágio, introduz-se um novo equipamento, no caso um concentrador. A perturbação provocada na solução corrente vai aprovar ou rejeitar a instalação do concentrador em teste.

- Através de análise de sensibilidade como sugerida no item 3.2.3., e como a que foi feita no teste do cenário analógico de Curitiba o PALCO pode informar ao planejador qual a influência do custo do equipamento na solução ótima obtida pelo programa.

- A análise de sensibilidade feita no teste do cenário analógico permite ao usuário saber quais os concentradores prioritários na rede, ou seja, detectar quais os assinantes cujo atendimento é mais caro.

- Com algumas modificações o programa é capaz de:

- . Usar outros critérios para escolha de candidatos,

- . examinar somente alguns candidatos fornecidos conversacionalmente pelo usuário,

- . auxiliar na localização de Unidades Remotas de centrais, etc...

- O PALCO é um programa relativamente rápido: 36.88 segundos de CPU para o teste do cenário analógico e 20.57 segundos para o teste do cenário digital sem UR de Curitiba.

- Dos mapas 11.3, 11.4 e 11.5, resultantes do teste aplicado ao cenário analógico de Curitiba, pode-se perceber que a alocação de concentradores feita pelo PALCO em 1990, identificou claramente as regiões onde surgiriam novos centros de fios em 1995. Este é um resultado extremamente importante, além de pedagógico. Os lugares de aglomeração de concentradores definem as regiões caras da rede, e que por isso são candidatas a outro tipo de atendimento. As observações a seguir decorrem dessa conclusão.

- Como o PALCO é um programa rápido, ele pode servir como mais um recurso para a localização de novos centros de fios, auxiliando o LOCUS, que é um programa bem mais demorado. Executando o PALCO para o estágio inicial de planejamento, e identificando as regiões caras da rede, é mais fácil ao planejador escolher os nós candidatos a novos centros de fios, sendo mesmo possível de se ter uma idéia aproximada do número desses novos centros. Esses dados são sugestões fornecidas ao programa LOCUS, e que, bem escolhidas, podem melhorar consideravelmente o desempenho do programa. No entanto, nem sempre é simples fazer uma boa escolha, e nesse sentido o PALCO pode ajudar bastante.

- Seja uma região de aglomeração de concentradores, onde futuramente será instalada uma nova estação ou UR. Seja N o número de concentradores indicados pelo PALCO para aquela região. A idéia prática de usar o concentrador como preparador da rede para a configuração futura é instalar os N concentradores no nó onde será o centro de fios. Assim os fluxos naquela região convergiriam para esse nó. Há uma perda em custo, mas a organização da rede é gradativa.

- Em um planejamento bem feito é de se esperar que o número de concentradores diminua com o tempo, uma vez que as regiões inicialmente ricas em concentradores tendem a receber novos centros de fios.

- A forma como o PALCO está interagindo com o programa PEOR é que leva ao resultado estático do programa visto nos dois testes de Curitiba. A figura 3.18, a seguir mostra como se relacionam os programas ao longo dos estágios de planejamento.

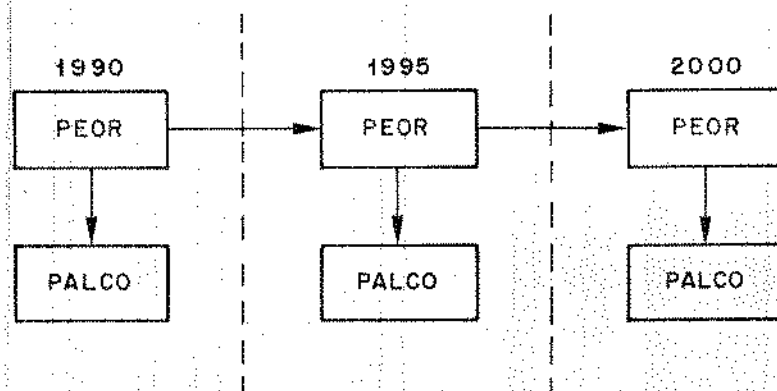


FIGURA 3.18.

Desse modo, não há influência do resultado do PALCO em um estágio no corte de área e na alocação de concentradores do próximo estágio. Nesse novo estágio só há a informação fornecida pelo PEOR do estágio anterior, dizendo que todos os nós foram ligados normalmente, via cabo telefônico comum. Para que as modificações na rede introduzidas pelo PALCO em um estágio fossem consideradas pelo PEOR do próximo estágio, o encadeamento entre os programas deveria ser:

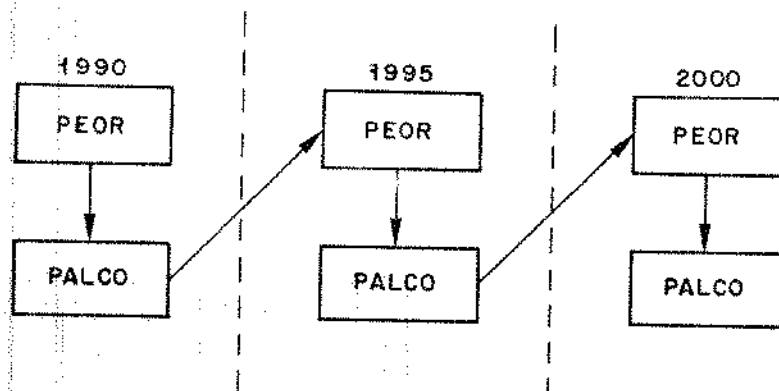


FIGURA 3.19.

Essa sugestão de encadeamento dos programas é deixada como proposta de continuidade deste trabalho.

- Com o acoplamento dos programas, resta o problema de como lidar com os concentradores instalados nos estágios anteriores. Uma idéia seria considerar três tipos de custo de concentrador:

- . Custo nulo: teriam os concentradores mantidos nos nós em que foram anteriormente instalados.

- . Custo de realocação: teriam os concentradores retirados de nós que deixaram de ser candidatos a concentrador, devido à instalação de novos outros de fios.

- . Custo normal: teriam os novos concentradores a serem instalados em um estágio.

O critério de manutenção ou não dos concentradores alocados em um nó nos estágios anteriores seria o adotado no teste do cenário analógico. Se um nó tem potencial além de distância crítica, são mantidos os seus concentradores. Caso contrário são removidos, passando a integrar o estoque de concentradores com custo de realocação.

O estudo de um certo estágio iniciaria então por uma análise dos nós com concentrador, determinando quantos concentradores devem ser retirados de rede, compondo o estoque de operadora. Seja c o número de concentradores nesse estoque.

A seguir deve ser executada duas vezes a rotina tradicional do PALCO. A primeira visa alocar os concentradores novos nesse estágio, sendo a distância crítica calculada em função do custo total do concentrador. Numa segunda etapa deve ser considerada uma distância crítica menor, relativa ao custo de realocação do equipamento, a fim de localizar os concentradores do estoque. Seja E o número de concentradores alocados nessa última fase, onde $E \leq C$. Se $E=C$ o estudo da instalação de concentradores nesse estágio está completo. Se $E < C$, ou seja se ainda assim há concentradores no estoque, então $C-E$ dos concentradores novos alocados na fase anterior devem ser substituídos pelos realocados.

Este procedimento é apenas uma sugestão, que deve ser aprofundada para sua devida implementação.

- Como o programa PALCO está bastante relacionado ao programa PEOR, as alterações na atual versão deste programa devem ser acompanhados pelo PALCO. Uma possível evolução do PEOR seria, por exemplo, considerar a rede como um todo, em vez de setorizar o estudo por zona de filiação.

- O PALCO atualmente se encontra especializado para alojar concentradores. Uma outra idéia seria alterar o programa de forma que ele fosse capaz de alojar pequenos centros de fios, tais como Unidades Remotas de até cerca de dois mil assinantes. Nesse campo o PALCO tem ainda um vasto campo de aplicação.

- Um aspecto interessante a ressaltar é a facilidade proporcionada pelo artifício do arco de concentrador. A introdução de arcos artificiais na rede para representar o concentrador separa o fluxo de assinantes concentrados do fluxo normal da rede. Além disso, permite avaliar conjuntamente os custos de localização e entroncamento, e a economia de rede.

Finalizando, o PALCO é um programa particularmente interessante, pois, ao que se sabe, é um instrumento inédito no país, automatizando a alocação de concentradores de linha em redes telefônicas.

Por ser um programa bastante versátil, muitos estudos interessantes podem ser feitos com o PALCO. A conclusão de que as aglomerações de concentradores sugerem a localização dos novos centros de fios é muito importante e pode ser bastante explorada nos estudos futuros.

CAPÍTULO 4 - O PROGRAMA REALOCADOR DE UNIDADES REMOTAS (RELUZ)

4.1. INTRODUÇÃO

O programa RELUZ (Programa Realocador de Unidades Remotas) tenta modificar a localização de Unidades Remotas (ou Estágios de Linha Remotos) previstas pelo programa LOCUS, a fim de diminuir o custo de entroncamento.

A localização ótima visando apenas o custo de rede tende a ser centrífuga, a fim de atender os assinantes mais distantes da estação, que são os mais caros. A localização ótima visando economia de entroncamento é de tendência centrípeta, pois quanto mais próxima a UR estiver da estação, mais barato será o entroncamento. O programa RELUZ busca a localização que minimiza a soma desses dois custos conflitantes.

O RELUZ é também um programa de pós-otimização, funcionando como um ajuste fino da localização de UR's fornecida pelo LOCUS.

A fim de oferecer mais recursos, foi adotada uma filosofia conversacional no programa, onde o usuário interfere diretamente nas tentativas de realocação das UR's. Todavia o RELUZ pode ser facilmente automatizado.

O modelo de UR considerado tem estrutura modular de 1024 assinantes, podendo contar no máximo com 8 módulos, ou seja, 8192 terminais.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os assinantes de uma zona de filiação devem ter condições de se comunicar entre si, e com os assinantes de outras zonas de filiação. Para isso é preciso que as estações locais se interliguem. Essa ligação entre as estações locais é chamada de entroncamento local. Existe também um entroncamento entre as Unidades Remotas e suas respectivas centrais.

O entroncamento entre as estações locais pode, em princípio, influenciar na localização das novas estações. O local das novas estações deve buscar o bari-centro entre os assinantes, levando em conta a rede existente. O entroncamento pede que estas estações sejam instaladas o mais próximo possível entre si, a fim de economizar troncos de assinantes. O mesmo acontece com a localização das Unidades Remotas, em relação às estações às quais estão ligadas.

Como é fácil notar, estes são dois critérios conflitantes do problema de otimização da localização de centros de fios. Da forma como está concebido o programa LOCUS, estes dois fatores não estão sendo levados em conta ao mesmo tempo no problema de otimização. É preciso, então, fazer uma decomposição do problema de localização em duas fases:

FASE A: Busca do número necessário de ampliações e novas estações, e localização ótima destas últimas em termos de rede primária, considerando o aproveitamento de fios na rede existente. Este é o objetivo do programa LOCUS.

FASE B: Dados o número e a localização das novas estações, procurar uma nova localização para estas, de modo que o custo de entroncamento seja contemplado. O aumento do custo de rede primária na nova localização deve ser menor que a economia em entroncamento.

Seja uma certa rede local com um dado número de estações. Existe uma força forte repelindo-as entre si (demanda e rede primária) e outra fraca atraindo-as entre si (entroncamento). É fácil notar que, não existindo uma estação tandem, o entroncamento exercerá pouca influência na localização das estações locais. Isto porque, para várias políticas sub-ótimas de localização do mesmo número de estações na rede, o custo de entroncamento sofre pouca variação. Assim, pode-se considerar a localização fornecida pelo LOCUS (FASE A) como atendendo também ao problema de entroncamento. No entanto o custo de entroncamento pode ter bastante influência na decisão entre duas políticas sub-ótimas com número diferente de estações, fornecidas na FASE A.

O custo de entroncamento é então levado em conta da seguinte forma, no caso de localização de estações: acerca das melhores configurações da rede-alvo fornecidas pelo LOCUS (FASE A) é feita uma avaliação do custo de entroncamento pelo programa ECIC e este custo é adicionado ao custo de rede de cada configuração. A configuração de custo mínimo é então eleita como a melhor (FASE B).

Com relação ao entroncamento entre as Unidades Remotas e as estações às quais estão ligadas, porém, o problema pode ser mais grave. Aqui as UR's não se ligam entre si, mas somente com uma estação. Assim sendo o entroncamento interfere mais fortemente na sua localização. Além disso, como a zona de influência das UR's é pequena, os custos de rede primária se tornam mais próximos dos custos de entroncamento.

Seja a localização de Unidades Remotas em uma zona de filiação (FASE A), feita pelo programa LOCUS. É necessário, então, um ajuste nestas localizações, visando economia de entroncamento. Esta é a função do programa RELUZ. Na Figura 4.1. pode ser visto um gráfico dos custos de rede primária e entroncamento, e a localização ótima nas FASES A e B encontrados pelos programas LOCUS e RELUZ, respectivamente.

O número de assinantes atendidos via uma UR pode variar com a sua localização. Por esta razão é permitido ao programa RELUZ modificar a capacidade das UR's indicada pelo LOCUS, desde que seja respeitado o limite máximo de 8192 assinantes.

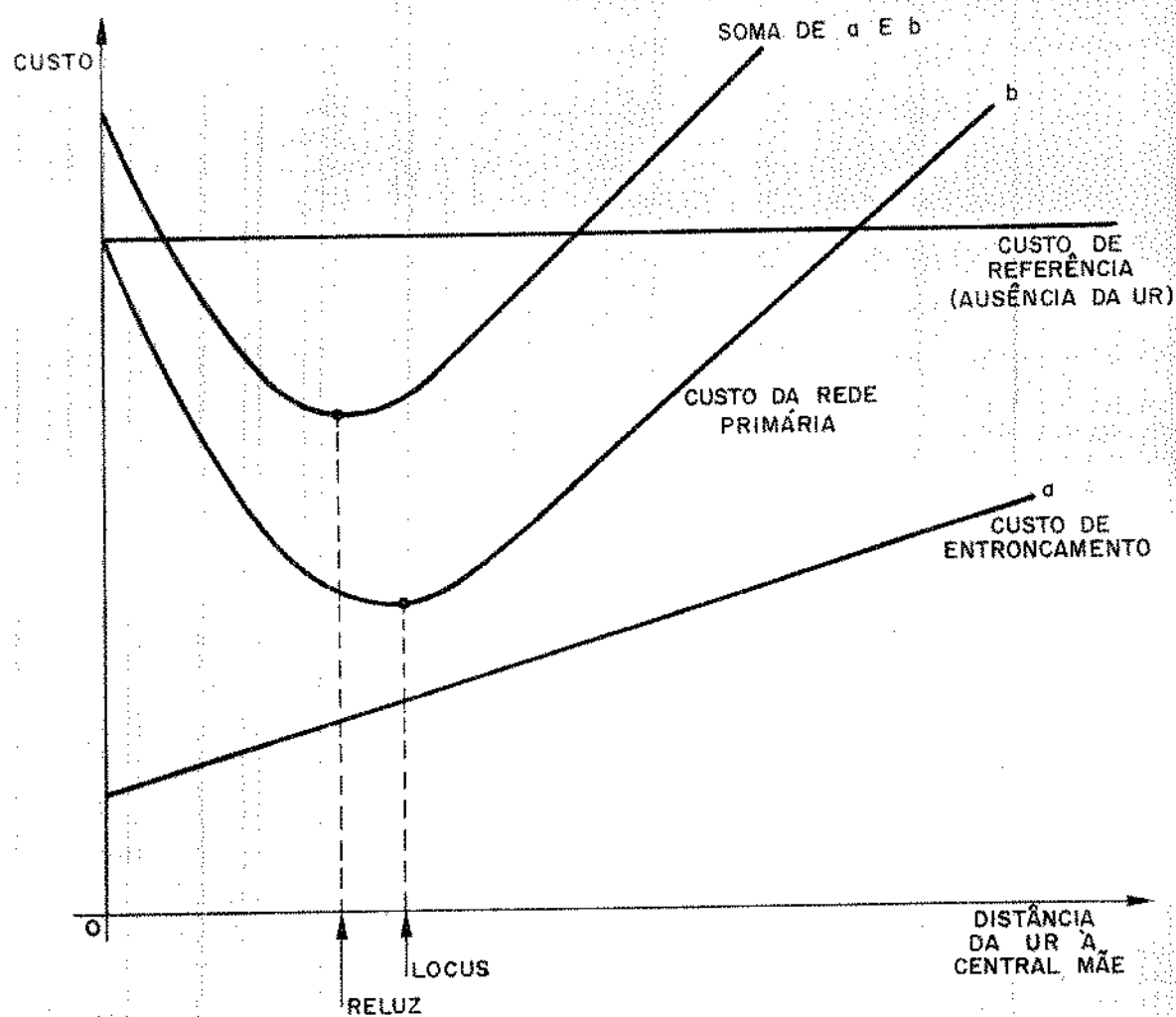


FIGURA 4.1.

O programa RELUZ divide as estações locais de uma rede em duas categorias:

4.2.1. ESTAÇÕES MÃES

São estações que têm Unidades Remotas ligadas a elas. Este grupo compreende:

A. ESTAÇÕES PURAMENTE DIGITAIS

B. ESTAÇÕES MISTAS

4.2.2. ESTAÇÕES NÃO MÃES

São estações que não possuem Unidades Remotas ligadas a elas. Podem ser:

A. ESTAÇÕES PURAMENTE DIGITAIS

B. ESTAÇÕES MISTAS

C. ESTAÇÕES PURAMENTE ANALÓGICAS

D. ESTAÇÕES COM CENTRAL SATÉLITE:

Para efeito de generalização, o programa prevê o caso de Unidade Remota instalada no prédio de uma estação analógica. Nesse caso a parte digital do centro de fios não tem autonomia de encaminhamento, e precisa ser atendida por uma estação digital mãe. No entanto, a localização desta UR especial não deve ser alterada.

O programa LOCUS determina a localização das Unidades Remotas na rede alvo do ano horizonte. Por esse motivo o programa RELUZ é também um programa estático (não evolutivo no tempo) trabalhando sobre a rede alvo do LOCUS. Isto equivale a dizer que as Unidades Remotas não são removíveis de um local para outro ao longo do tempo, como acontece com os concentradores.

4.3. METODOLOGIA DO PROGRAMA

A seguir é explicado, em grandes linhas, o funcionamento do programa RELUZ.

O programa pode ser visto como duas rotinas distintas. Inicialmente são feitos alguns cálculos de distâncias sobre a rede, e a seguir se ingressa na rotina de realocação propriamente dita.

4.3.1. FASE INICIAL

Nesta fase é determinada a distância mínima dos armários de distribuição até a estação mãe mais próxima, rodando-se um programa de fluxo de custo mínimo, sem levar em conta a disponibilidade de fios na rede.

A distância de cada nó à sua estação mãe é necessária para o cálculo do custo de entroncamento das UR's nos testes de realocação.

4.3.2. FASE ITERATIVA

Nesta fase o programa RELUZ tenta deslocar as Unidades Remotas, de tal forma que o custo global da rede diminua.

É feito um teste de simulação com a UR estudada em um novo local. Os custos referentes às duas localizações são comparados. Resta ao usuário decidir se quer deslocar ou não a UR para a nova posição.

Podem ser procedidos tantos testes quantos desejados, para cada Unidade Remota. O usuário determina também quais UR's ele quer realocar, e que novas localizações serão testadas. Quando o usuário não quiser fazer mais nenhum teste de realocação, está encerrado o programa.

Os custos envolvidos na realocação de UR's tem o seguinte sentido de decréscimo.

- custo de terreno: diminui de forma centrífuga, embora seja pequeno em comparação com os outros custos.

- custo fixo de entroncamento: diminui à medida que o número de assinantes atendidos pela UR decresce, ou seja, também de forma centrífuga.

- custo variável de entroncamento: diminui à medida que a UR se aproxima da estação mãe: tendência centrípeta.

- custo de rede primária: aumenta qualquer que seja a direção de deslocamento: tendência a manter a posição inicial.

Parece desejável tentar deslocar as UR's em direção à sua estação mãe (nó pai), uma vez que o único desses custos que não foi considerado no LOCUS (custo variável de entroncamento) diminui neste sentido. No entanto o programa permite testar o deslocamento de uma UR em qualquer direção.

4.4. ASPECTOS COMPUTACIONAIS

O programa RELUZ se revelou um programa relativamente lento, devido ao grande número de iteração do Programa de Fluxo de Custo Mínimo (PFCM). Em cada teste mal sucedido (decisão de não mover a UR) o PFCM é executado duas vezes, e nos testes bem sucedidos uma. Para a rede de Curitiba em cada uma dessas execuções de PFCM, o programa realizou, em média, 740 iterações.

4.4.1. DADOS DE ENTRADA E SAÍDA

Devido ao estilo conversacional do programa RELUZ os seus dados de entrada se dividem em dois grupos: dados de entrada em arquivo, e dados fornecidos pelo usuário durante a execução.

A. ARQUIVOS DE ENTRADA

O RELUZ necessita de dois arquivos de entrada.

ARQUIVO 1: DADOS GERAIS SOBRE A REDE E CENTROS DE FIOS

Esse arquivo contém as seguintes informações:

- custo do par-km de cabo telefônico;
- número de diferentes padrões de terreno existentes na localidade em estudo;
- área de terreno necessária à implantação de uma Unidade Remota de Central: $360m^2$;
- número de nós, arcos, estações mães, estações não mães, estações satélites, e Unidades Remotas existentes na rede;

- localização e capacidade das estações mães;
- localização e capacidade das estações não mães;
- localização e capacidade das estações satélites e estação mãe à qual cada uma delas está subordinada;
- localização e estação mãe de cada Unidade Remota;
- componente fixa e componente variável do custo de entroncamento de cada configuração de UR. O custo de entroncamento para uma UR com determinado número de módulos de terminais pode ser escrito na forma $A+BX$, onde X é a distância mínima do nó onde a UR está localizada à sua estação mãe. A tabela 4.1. mostra os valores de A e B para UR's com os diversos números de módulos de terminais (8):

NÚMERO DE MÓDULOS DE TERMINAIS	A (10^5 CR\$)	B (10^5 CR\$)
1	6000	2125
2	7500	2531
3	10000	2812
4	13500	3375
5	16000	3687
6	20500	4156
7	24000	5750
8	26000	6125

TABELA 4.1.

- componente variável do custo de uma UR.

O custo de implantação de um Estágio de Linha Remoto, fora os custos de transmissão e terreno, também pode ser colocado na forma $A+BX$, onde A e B são fixos e X é o número de terminais (8). Como o RELUZ não questiona a existência das UR's, a parcela A é irrelevante na otimização, interessando somente o custo por assinante: CR\$ 7.984,00.

- capacidade máxima de um Estágio de Linha Remoto, que foi fixada em 8.192 assinantes.
- custo do metro quadrado de terreno referente a cada padrão existente.

ARQUIVO 2: DADOS SOBRE NÓS E ARCOS DA REDE

Para cada nó da rede este arquivo contém a sua demanda no ano horizonte e o padrão do terreno em que ele está localizado.

Para cada arco da rede é indicado o seu nó origem, nó destino, comprimento em metros e número de cabos já existentes no duto.

B. DADOS FORNECIDOS AO PROGRAMA DURANTE SUA EXECUÇÃO

Durante a fase de execução dos testes de realocação, o programa solicita ao usuário os dados relativos ao procedimento que este deseja seguir.

Inicialmente o programa pergunta se o usuário quer testar o deslocamento de alguma UR. Uma resposta negativa a essa questão é interpretada como indicação do término da execução.

Caso o usuário deseje testar a realocação de alguma UR, o programa pergunta o número de referência dessa UR, sua atual localização, e a nova posição a ser sondada.

Se o usuário estiver interessado em saber o número de assinantes atendidos pela UR na nova posição e o número de assinantes atendidos por outras UR's quaisquer, deve responder afirmativamente às duas perguntas seguintes.

Após isso é de se esperar que o usuário já esteja suficientemente informado sobre o teste de sondagem e apto a resolver mover ou não a UR estudada. Depois de acatar a decisão do usuário, o programa volta a perguntar se existe alguma UR a ser sondada, reiniciando o processo.

C. RELATÓRIO DE SAÍDA

Na primeira parte do relatório é fornecida uma descrição da rede na situação inicial, através do custo da rede, localização das UR's e número de assinantes atendidos por elas.

A seguir, para cada teste, é fornecida a localização corrente das UR's, e a documentação da comunicação entre o programa e o usuário. Após o teste de realocação o programa dá informações sobre os custos de rede, de transmissão e de terreno relativos às duas localizações, e qual a mais barata.

Na listagem I.5. do Apêndice I pode ser encontrado um exemplo de relatório de saída do programa RELUZ. Nessa execução para a rede de Curitiba é feito um teste com a UR 2, localizada inicialmente no nó 108, no sentido de deslocá-la para o nó 106.

Nesse exemplo o teste é bem sucedido e a UR é realocada.

4.4.2. DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA RELUZ

A seguir um diagrama de blocos mostra em grandes passos o procedimento do programa RELUZ.

4.3. TESTES COMPUTACIONAIS

Seja uma política de digitalização com as seguintes premissas:

- Estações Digitais e Estágios de Linha Remotos estarão disponíveis no mercado a partir de 1990.

- As ampliações de estações já existentes devem ser digitais.

- Qualquer novo centro de fios instalado deve ser digital.

O estudo de evolução da rede de Curitiba, partindo dessas hipóteses, indicou a existência de 10 estações no ano horizonte, das quais somente uma é nova, e de 19 Unidades Remotas de Central. Das 10 estações indicadas pelo LOCUS, o PLANAL escolheu 7 para atender as UR's (estações mães)

Este cenário foi chamado Cenário Digital Básico de Curitiba. Sua rede alvo para o ano horizonte pode ser vista no mapa II.6. do Apêndice II. Neste caso foi utilizado como base um mapa em escala de Curitiba, onde se tem noção da distância relativa entre os nós. As estações mães são indicadas por triângulos cheios, e as não mães por triângulos vazios. As UR's são representadas por quadrados, ao lado dos quais está o seu número de referência. Os arcos de UR, ligando-as à sua respectiva estação mãe, estão representados por uma seta, desenhada em rota diferente da rede de dutos somente para melhor visualização.

Foram feitos 56 testes de realocação com o programa RELUZ, sondando o deslocamento das UR's para cada um de seus nós adjacentes.

Nenhuma das 19 UR's existentes na rede se deslocou. O custo de entroncamento não alterou o resultado do LOCUS.

Ao ser testado um nó mais próximo da estação mãe, como era de se esperar, os custos de rede diminuíam, enquanto que os de rede aumentavam. Sejam por exemplo os custos referentes à UR 17 em 572 (localização inicial) e em 571 (nó vizinho de 572 mais próximo da estação mãe número 6) (ver mapa II.6.):

custos com a UR 17 em 572 (10^6 CR\$):

REDE	=	4.755,58
TRANSMISSÃO	=	855,40
TERRENO	=	0,54

TOTAL	=	5.611,42
-------	---	----------

custos com a UR 17 em 571 (10^6 CR\$):

REDE	=	4.799,01
TRANSMISSÃO	=	849,95
TERRENO	=	0,54

TOTAL	=	5.649,50
-------	---	----------

Os custos de transmissão referem-se a todas as UR's da rede. No custo de terreno, como as outras localizações são fixadas, só é levado em consideração a UR estudada.

Nesse exemplo, a economia na transmissão foi menor que o prejuízo no custo de rede, e a UR 17 não foi deslocada, o mesmo acontecendo com todas as demais.

Quando são testados nós mais afastados da estação mãe o custo de rede e o custo de transmissão aumentam. Sejam por exemplo os custos da UR 2 em 106 (localização inicial) e em 108 (nó vizinho de 106 mais afastado da estação mãe 1):

custos com a UR 2 em 106 (10^6 CR\$):

REDE	=	4.755,48
TRANSMISSÃO	=	19,23
TERRENO	=	2,16
TOTAL	=	4.776,87

custos com a UR 2 em 108 (10^6 CR\$):

REDE	=	4.755,53
TRANSMISSÃO	=	19,53
TERRENO	=	2,16
TOTAL	=	4.777,22

Neste caso tanto a rede quanto o entroncamento se tornaram mais caros na nova localização.

4.6. OBSERVAÇÕES FINAIS

No programa LOCUS é feito um ajuste fino da localização das UR's, a fim de minimizar o custo de rede primária. Como foi visto na introdução deste capítulo, o programa RELUZ pode também ser encarado como um ajuste fino da localização das UR's, onde o objetivo é ainda a minimização dos custos, só que desta feita contemplando os custos de entroncamento além dos demais.

Os resultados do estudo feito com o RELUZ no Cenário Digital Básico de Curitiba são bastante interessantes.

Nenhuma das 19 UR's se deslocou, permanecendo todas elas nos locais estabelecidos pelo LOCUS.

Essa imobilidade das Unidades Remotas quanto ao custo de entroncamento contrasta com as alterações que as localizações iniciais sofreram durante o ajuste fino do LOCUS.

Dessa forma pode-se concluir que é grande a influência da rede primária na localização das UR's, enquanto que o entroncamento é praticamente irrelevante no cenário em questão. Isto significa que a localização fornecida pelo LOCUS é confiável, mesmo que esse programa não considere o entroncamento.

A princípio pode parecer que a atuação do RELUZ, praticamente não interferindo na rede, seja negativa. Todavia este é um resultado muito importante, pois vem desmitificar a influência do entroncamento na localização. Isto confirma a hipótese de que o problema de localização pode ser decomposto, sendo que a fase de otimização da rede primária é decisiva.

O programa RELUZ pode ser utilizado posteriormente para conferir a influência do custo de entroncamento. Todavia acredita-se que este resultado do RELUZ seja válido para a maioria das redes locais "concentradas", ou seja, que tenham sofrido crescimento homogêneo em todas as direções.

Em redes esparsas como as redes rurais, e/ou de formas alongadas como as redes litorâneas, é de se esperar que o entroncamento desempenhe um papel mais importante, uma vez que os custos de rede primária são menores para redes pequenas e as distâncias são grandes em redes alongadas. Estudos nesses tipos de redes são deixados como sugestões de continuidade deste trabalho.

Foi elaborada uma versão automatizada do programa RELUZ, que testa o deslocamento das UR's somente em direção ao nó pai do nó em que ela está inicialmente alocada. Como foi dito antes, esta é a direção mais provável de deslocamento da UR. A mudança de localização é feita sempre que acarretar economia. Como a execução da versão conversacional do programa RELUZ é relativamente demorada, a versão automatizada é interessante, pois não exige a presença do usuário durante a execução. Caso depois se queira testar outras hipóteses de deslocamento, pode-se utilizar a versão conversacional.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

É muito importante ressaltar que os resultados apresentados neste trabalho estão fortemente atrelados à estrutura de custos utilizada (8). Uma alteração no custo do par-km de cabo telefônico, por exemplo, poderia modificar substancialmente o quadro fornecido pelos programas. A fase de obtenção e preparação dos dados de custo é fundamental para esse estudo de planejamento e deve ser desenvolvida com bastante cuidado.

Como se trata de um trabalho com 3 partes distintas, serão reunidas neste capítulo as conclusões e sugestões de estudos futuros referentes a cada um dos programas:

PROGRAMA CRONOS:

- a hipótese de única refiliação torna o programa um tanto radical, deixando de refletir a evolução dos cortes de área, que na realidade é gradativa.

- o problema do diâmetro de fios diferenciado pode ser estudado a nível de pós-otimização, pois a grande maioria dos armários de distribuição se encontra a uma distância menor que 4,6Km da estação; isto justifica a hipótese de custo único para o par-km, assumida pelo CRONOS.

- a hipótese de independência entre as instalações das estações confere ao CRONOS a tendência de antecipar algumas instalações. Os efeitos dessa hipótese, no entanto, podem ser corrigidos através de um estudo de pós-otimização, utilizando o programa PEOR.

- o fato do CRONOS aproveitar os fios ociosos somente nos arcos da árvore ótima do ano horizonte colabora também na tendência antecipativa do CRONOS. Uma sugestão de continuidade deste trabalho é a de uma nova versão do CRONOS, mais arrojada, que aproveitasse os cabos ociosos em todos os arcos de rede. Desta maneira as instalações seriam feitas o mais tarde possível, adiando os altos custos de implantação, e elevando o grau de utilização da rede.

PROGRAMA PALCO:

- o PALCO atua a nível de pós-otimização, introduzindo um novo equipamento (concentrador) na rede ótima fornecida pelo programa PEOR; e analisando a perturbação que ele provoca nesta rede.

- é possível, utilizando o PALCO, determinar quais as regiões mais caras de rede.

- pela propriedade que o programa tem de identificar as regiões caras, o PALCO pode ser usado como inicializador do programa de localização de centros de fios (LOCUS). Ele pode auxiliar na indicação de bons nós candidatos a centros de fios, abreviando o tempo de execução daquele programa.

- seja uma região de aglomeração de concentradores, onde futuramente será instalada uma nova estação ou Unidade Remota de Central. Se os concentradores indicados pelo PALCO fossem todos instalados no nó onde será o centro de fios, os fluxos naquela região convergiriam para aquele nó, organizando desde já a rede para a configuração futura. É certo que haveria uma perda em custo, todavia a organização seria gradativa.

- uma nova forma de interação entre os programas PEOR e PALCO permitiria a alocação dinâmica dos concentradores. O PALCO influiria na evolução de rede e seria preservada a memória dos concentradores alocados anteriormente, de acordo com o critério sugerido em 3.7.. Esta é uma extensão interessante deste trabalho.

- um estudo sugerido também é o da utilização do programa PALCO na localização de pequenos centros de fios, de até cerca de 2 mil assinantes.

PROGRAMA RELUZ:

- os testes feitos com o RELUZ na rede de Curitiba revelaram que o entroncamento não influencia na localização das Unidades Remotas, feita pelo LOCUS. Este é um resultado importante pois confirma a hipótese de que o problema de localização pode ser decomposto, sendo que a fase de otimização da rede primária é decisiva.

- é sugerido um estudo com o RELUZ em redes esparsas como as redes rurais e em redes de forma alongada, para analisar a influência do entroncamento nesses casos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) YAMAKAMI, A.; CARLSON Fº, C.M.; LYRA Fº, C.; FRAISLEBEN, F.; TAVARES, H. M. F.; NAKAGAWA, J. M.; FERNANDES, J.; BASTOS, M. R. & FRANÇA, P. M.. Localização de Centrais Urbanas, Relatório Técnico nº 7, Convênio Redes Digitais UNICAMP - TELEBRÁS, novembro 1982.
- (2) YAMAKAMI, A.; CARLSON Fº, C. M.; TAVARES, H. M. F. & FERNANDES, J. F. R.. Programa Estimador de Custo de Interligação de Centrais, Relatório Técnico nº 11, Convênio Redes Digitais UNICAMP - TELEBRÁS, abril 1983.
- (3) YAMAKAMI, A.; TAVARES, H. M. F. & NAKAGAWA, J. M. Localização de Centrais Urbanas: Plano Alto, Relatório técnico nº 15, Convênio Redes Digitais UNICAMP - TELEBRÁS, abril 1983.
- (4) YAMAKAMI, A.; CARLSON Fº, C. M.; LYRA Fº, C.; FRAISLEBEN, F.; TAVARES, H. M. F.; NAKAGAWA, J. M.; FERNANDES, J. F. R.; BASTOS, M. R. & FRANÇA, P. M.. Cronograma de Implantação de Centrais Telefônicas em Redes Urbanas, Relatório Técnico nº 10, Convênio Redes Digitais UNICAMP - TELEBRÁS, novembro 1982.
- (5) _____. Programa de Evolução Otimizada da Rede, Relatório Técnico nº 10, Convênio Redes Digitais UNICAMP - TELEBRÁS, outubro 1982.

- (6) TELEBRÁS, Glossário de Termos Técnicos de Telecomunicações. Prática Telebrás 201-100-001, 1978.
- (7) TIBA, C. R; SOLON, L. R; UEHARA, J. M.. Otimização de Entroncamento Local - OTELO, TELESP, 1981.
- (8) TAVARES, H. M. F. & FERNANDES, J. F. R.. Relatório sobre custos de centrais analógicas e digitais e de estágios de linha remotos, Relatório Técnico nº 14, Convênio UNICAMP - TELEBRÁS, abril 1983.
- (9) FRANÇA, Paulo Morelato. Problema de Localização: Solução por Decomposição, Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas - março 1979.
- (10) ARAÚJO, Evandro de Oliveira. Localização de Centrais Telefônicas numa Rede Urbana, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas, junho 1981.

APÊNDICE I
LISTAGENS COMPUTACIONAIS

CRONOGRAMA DE IMPLANTACAO
DE CENTRAIS TELEFONICAS

RELATORIO DE SAIDA

INFORMACOES SOBRE A REDE:

NUMERO DE NOS DA REDE = 327
NUMERO DE ARCOS DA REDE = 364
NUMERO DE ESTAGIOS DE PLANEJAMENTO = 4
NUMERO DE CENTRAIS ANTIGAS = 1
NUMERO DE CENTRAIS NOVAS = 3

INFORMACOES SOBRE AS CENTRAIS: SUA LOCALIZACAO E CAPACIDADE

CENTRAL 1:	NO= 1	CAPACIDADE=	27000
CENTRAL 2:	NO= 118	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 3:	NO= 194	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 4:	NO= 283	CAPACIDADE=	40000

TAXA ANUAL DE JUROS = 10%

CUSTO DO PAR-KM EM CADA ESTAGIO :

1 =	15000
2 =	15000
3 =	15000
4 =	15000
5 =	15000

DEMANDA ATENDIDA A CADA ESTAGIO :

1 =	100%
2 =	100%
3 =	100%
4 =	100%
5 =	100%

TOTAL DE ASSINANTES EM CADA ESTAGIO :

1 = 30009
2 = 41229
3 = 55200
4 = 68745
5 = 80111

ASSINANTES DA ZONA DE FILIACAO INICIAL DE CADA CENTRAL ANTES EM CADA ESTAGIO

ACIJT(K, 1) = 30009
ACIJT(K, 2) = 41229
ACIJT(K, 3) = 55200
ACIJT(K, 4) = 68745
ACIJT(K, 5) = 80111

DEMANDA DA ZONA DE FILIACAO DE CADA CENTRAL EM CADA ESTAGIO :

TAZF(1, J) =	15224	17579	20559	23489	26093
TAZF(2, J) =	6094	9828	14799	19652	22656
TAZF(3, J) =	5195	8739	12707	16181	19618
TAZF(4, J) =	3496	5083	7135	9423	11744

ASSINANTES DA CENTRAL I QUE ESTAO LIGADOS A CENTRAL J, NO ESTAGIO T :

AIJT(1, 1, T) =	17579	20559	23489	26093
AIJT(2, 1, T) =	9828	14799	19652	22656
AIJT(3, 1, T) =	8739	12707	16181	19618
AIJT(4, 1, T) =	5083	7135	9423	11744

INFORMACOES SOBRE O PROBLEMA (PC)

DIMENSOES DO PROBLEMA :

NUMERO DE VARIAVEIS ZERO-UM = 12
NUMERO DE RESTRICOES = 13

VECTOR DE CUSTOS : C

CCR(J) =	3384348	2964205	2894036	3350686
CCR(J) =	3936159	3727126	4330860	5258846
CCR(J) =	3155338	2665116	3011215	3850461

DESMEMBRAMENTO DE CADA ELEMENTO DO VETOR C EM SUAS PARCELAS POR ESTAGIO

CDA(NZF, TIMP, J) =				
CDA(2, 2, J) =	2198927	593643	663779	479810
CDA(2, 3, J) =	2235871	848051	271353	371851
CDA(2, 4, J) =	2235871	1402869	588598	103522
CDA(2, 5, J) =	2235871	1402869	1234363	385743
CDA(3, 2, J) =	1740786	402856	594892	416804
CDA(3, 3, J) =	1463808	636961	219361	344986
CDA(3, 4, J) =	1463808	1008623	474160	64624
CDA(3, 5, J) =	1463808	1008623	1107255	270775

MATRIZ A DO PROBLEMA (PC) :

$$A(-1, J) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$
$$A(2, J) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$A(3, J) =$

0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0								

$$A(4, J) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & & & & & & & & \end{pmatrix}$$

A(5,J)=

0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1								

$$A(6, J) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

A(7, J) =

1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0								

$$A(S, J) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & & & & & & & & \end{pmatrix}$$

```

A( 9,J)=
      0      0      1      0      0      0      1      0      0      0
      1      0

```

```

A(10,J)=
      0      0      0      1      0      0      0      1      0
      0      1

```

```

A(11,J)=
-9828      0      0      0      -8739      0      0      0      -5083
0      0

```

$$A(12, J) = \begin{pmatrix} -14799 & -14799 & 0 & 0 & -12707 & -12707 & 0 & 0 & -7135 & -7135 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

```
A(13,J)=
-19652 -19652 -19652      0 -16181 -16181 -16181      0 -9423 -9423
-9423      0
```

VECTOR B DO PROBLEMA :

B(1)=	-1
B(2)=	1
B(3)=	-1
B(4)=	1
B(5)=	-1
B(6)=	1
B(7)=	-1
B(8)=	-1
B(9)=	-1
B(10)=	-1
B(11)=	14229
B(12)=	28200
B(13)=	41745

POLITICA OTIMA DE CRONOGRAMA ESTABELECIDAPELO PROGRAMA :

A CENTRAL 2 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 0

A CENTRAL 3 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 0

A CENTRAL 4 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 0

CUSTO DO CRONOGRAMA OTIMO = 0

I.1. - LISTAGEM DO TESTE RESTRITO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

CRONOGRAMA DE IMPLANTACAO
DE CENTRAIS TELEFONICAS

RELATORIO DE SAIDA

INFORMACOES SOBRE A REDE:

NUMERO DE NOS DA REDE = 327
NUMERO DE ARCOS DA REDE = 364
NUMERO DE ESTAGIOS DE PLANEJAMENTO = 4
NUMERO DE CENTRAIS ANTIGAS = 1
NUMERO DE CENTRAIS NOVAS = 3

INFORMACOES SOBRE AS CENTRAIS: SUA LOCALIZACAO E CAPACIDADE

CENTRAL 1: NO=	1	CAPACIDADE=	27000
CENTRAL 2: NO=	118	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 3: NO=	194	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 4: NO=	283	CAPACIDADE=	40000

TAXA ANUAL DE JUROS = 10%

CUSTO DO PAR-KM EM CADA ESTAGIO :

1 =	15000
2 =	15000
3 =	15000
4 =	15000
5 =	15000

DEMANDA ATENDIDA A CADA ESTAGIO :

1 =	100%
2 =	100%
3 =	100%
4 =	100%
5 =	100%

TOTAL DE ASSINANTES EM CADA ESTAGIO :

- vi -

1 =	30009
2 =	41229
3 =	55200
4 =	68745
5 =	80111

ASSINANTES DA ZONA DE FILIACAO INICIAL DE CADA CENTRAL ANTIGA EM CADA ESTAGIO

ACIJT(K, 1)=	30009
ACIJT(K, 2)=	41229
ACIJT(K, 3)=	55200
ACIJT(K, 4)=	68745
ACIJT(K, 5)=	80111

DEMANDA DA ZONA DE FILIACAO DE CADA CENTRAL EM CADA ESTAGIO :

TAZF(1,J)=	15224	17579	20559	23489	26093
TAZF(2,J)=	6094	9828	14799	19652	22656
TAZF(3,J)=	5195	8739	12707	16181	19618
TAZF(4,J)=	3496	5083	7135	9423	11744

ASSINANTES DA CENTRAL I QUE ESTAO LIBADOS A CENTRAL J, NO ESTAGIO T :

AIJT(1, 1,T)=	17579	20559	23489	26093
AIJT(2, 1,T)=	9828	14799	19652	22656
AIJT(3, 1,T)=	8739	12707	16181	19618
AIJT(4, 1,T)=	5083	7135	9423	11744

INFORMACOES SOBRE O PROBLEMA (PC)

DIMENSOES DO PROBLEMA :

NUMERO DE VARIAVEIS ZERO-UM = 12

NUMERO DE RESTRICOES = 13

VETOR DE CUSTOS : C

CCR(J)=	3384348	2964205	2894036	3350686
CCR(J)=	3936159	3727126	4330860	5258846
CCR(J)=	3155338	2665116	3011215	3850461

DESMEMBRAMENTO DE CADA ELEMENTO DO VETOR C EM SUAS PARCELAS POR ESTAGIO

CDA(NZF,TIMP,J)=				
CDA(2, 2,J)=	2198927	593643	663779	479810
CDA(2, 3,J)=	2235871	848051	271353	371851
CDA(2, 4,J)=	2235871	1402869	588598	103522
CDA(2, 5,J)=	2235871	1402869	1234363	385743
CDA(3, 2,J)=	1740786	402856	594892	416804
CDA(3, 3,J)=	1463808	636961	219361	344986
CDA(3, 4,J)=	1463808	1008623	474160	64624
CDA(3, 5,J)=	1463808	1008623	1107255	270775

MATRIZ A DO PROBLEMA (PC):

A(1,J)=
 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
 0 0

A(2,J)=
 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0
 0 0

A(3,J)=
 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0
 0 0

A(4,J)=
 0 0 0 0 -1 -1 -1 -1 0 0
 0 0

A(5,J)=
 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
 1 1

A(6,J)=
 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1
 -1 -1

A(7,J)=
 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0
 0 0

A(8,J)=
 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1
 0 0

A(9,J)=
 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0
 1 0

A(10,J)=
 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0
 0 1

A(11,J)=
 -9828 0 0 0 -8739 0 0 0 -5083 0
 0 0

A(12,J)=
 -14799 -14799 0 0 -12707 -12707 0 0 -7135 -7135
 0 0

A(13,J)=
 -19652 -19652 -19652 0 -16181 -16181 -16181 0 -9423 -9423
 -9423 0

VECTOR B DO PROBLEMA :

B(1) =	-1
B(2) =	1
B(3) =	-1
B(4) =	1
B(5) =	-1
B(6) =	1
B(7) =	-3
B(8) =	-3
B(9) =	-3
B(10) =	-3
B(11) =	14229
B(12) =	28200
B(13) =	41745

POLITICA OTIMA DE CRONOGRAMA ESTABELECIDAPELO PROGRAMA :

A CENTRAL 2 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 2

A CENTRAL 3 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 2

A CENTRAL 4 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 3

CUSTO DO CRONOGRAMA OTIMO = 9985623

I.2. - LISTAGEM DO TESTE IRRESTRITO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

CRONOGRAMA DE IMPLANTACAO DE CENTRAIS TELEFONICAS

RELATORIO DE SAIDA

INFORMACOES SOBRE A REDE:

NUMERO DE NOS DA REDE = 586
 NUMERO DE ARCOS DA REDE = 744
 NUMERO DE ESTAGIOS DE PLANEJAMENTO = 3
 NUMERO DE CENTRAIS ANTIGAS = 9
 NUMERO DE CENTRAIS NOVAS = 7

INFORMACOES SOBRE AS CENTRAIS: SUA LOCALIZACAO E CAPACIDADE

CENTRAL 1:	NO= 1	CAPACIDADE=	80000
CENTRAL 2:	NO= 116	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 3:	NO= 439	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 4:	NO= 348	CAPACIDADE=	40000
CENTRAL 5:	NO= 282	CAPACIDADE=	45000
CENTRAL 6:	NO= 207	CAPACIDADE=	60000
CENTRAL 7:	NO= 541	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 8:	NO= 395	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 9:	NO= 501	CAPACIDADE=	45000
CENTRAL 10:	NO= 49	CAPACIDADE=	45000
CENTRAL 11:	NO= 398	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 12:	NO= 382	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 13:	NO= 264	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 14:	NO= 519	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 15:	NO= 583	CAPACIDADE=	30000
CENTRAL 16:	NO= 332	CAPACIDADE=	30000

TAXA ANUAL DE JUROS = 10%

CUSTO DO PAR-KM EM CADA ESTAGIO :

1 =	15000
2 =	15000
3 =	15000
4 =	15000

DEMANDA ATENDIDA A CADA UNIDADE :

- 1 = 100%
- 2 = 100%
- 3 = 100%
- 4 = 100%

TOTAL DE ASSINANTES EM CADA ESTAGIO :

- 1 = 218133
- 2 = 289625
- 3 = 355735
- 4 = 410669

ASSINANTES DA ZONA DE FILIACAO INICIAL DE CADA CENTRAL ANTIGA EM CADA ESTAGIO									
ACIJT(K, 1)=	61317	24134	17640	23717	21843	27194	10284	17785	14219
ACIJT(K, 2)=	71218	28393	22278	26720	30807	39083	18960	29511	22655
ACIJT(K, 3)=	79030	32048	28780	28865	36968	48384	27102	40298	34260
ACIJT(K, 4)=	85349	36831	32618	30384	43496	56375	33285	49093	43238

DEMANDA DA ZONA DE FILIACAO DE CADA CENTRAL EM CADA ESTAGIO :

TAZF(1,J)=	47481	52981	56856	59923
TAZF(2,J)=	22898	26445	29353	33206
TAZF(3,J)=	17021	21272	27188	30294
TAZF(4,J)=	21937	24597	26511	27864
TAZF(5,J)=	16993	21799	24350	25876
TAZF(6,J)=	21160	29420	34983	39085
TAZF(7,J)=	7475	12225	16413	19965
TAZF(8,J)=	12773	19433	23505	25748
TAZF(9,J)=	10842	15928	22976	28164
TAZF(10,J)=	15394	21136	26790	31693
TAZF(11,J)=	4004	8461	14818	21173
TAZF(12,J)=	4111	6590	8815	10215
TAZF(13,J)=	4804	7628	10542	13458
TAZF(14,J)=	2054	3877	6798	9551
TAZF(15,J)=	3106	6790	10360	13002
TAZF(16,J)=	6080	11043	15477	21452

ASSINANTES DA CENTRAL I QUE ESTAO LIGADOS A CENTRAL J, NO ESTAGIO T :

AIJT(1, 1,T)=	52981	56856	59923
AIJT(1, 2,T)=	0	0	0
AIJT(1, 3,T)=	0	0	0
AIJT(1, 4,T)=	0	0	0
AIJT(1, 5,T)=	0	0	0
AIJT(1, 6,T)=	0	0	0
AIJT(1, 7,T)=	0	0	0
AIJT(1, 8,T)=	0	0	0
AIJT(1, 9,T)=	0	0	0
AIJT(2, 1,T)=	0	0	0
AIJT(2, 2,T)=	26445	29353	33206

AIJT(2, 3,T)=	0	0	0
AIJT(2, 4,T)=	0	0	0
AIJT(2, 5,T)=	0	0	0
AIJT(2, 6,T)=	0	0	0
AIJT(2, 7,T)=	0	0	0
AIJT(2, 8,T)=	0	0	0
AIJT(2, 9,T)=	0	0	0
AIJT(3, 1,T)=	0	0	0
AIJT(3, 2,T)=	0	0	0
AIJT(3, 3,T)=	21272	27188	30294
AIJT(3, 4,T)=	0	0	0
AIJT(3, 5,T)=	0	0	0
AIJT(3, 6,T)=	0	0	0
AIJT(3, 7,T)=	0	0	0
AIJT(3, 8,T)=	0	0	0
AIJT(3, 9,T)=	0	0	0
AIJT(4, 1,T)=	0	0	0
AIJT(4, 2,T)=	0	0	0
AIJT(4, 3,T)=	0	0	0
AIJT(4, 4,T)=	24597	26511	27864
AIJT(4, 5,T)=	0	0	0
AIJT(4, 6,T)=	0	0	0
AIJT(4, 7,T)=	0	0	0
AIJT(4, 8,T)=	0	0	0
AIJT(4, 9,T)=	0	0	0
AIJT(5, 1,T)=	0	0	0
AIJT(5, 2,T)=	0	0	0
AIJT(5, 3,T)=	0	0	0
AIJT(5, 4,T)=	0	0	0
AIJT(5, 5,T)=	21799	24350	25876
AIJT(5, 6,T)=	0	0	0
AIJT(5, 7,T)=	0	0	0
AIJT(5, 8,T)=	0	0	0
AIJT(5, 9,T)=	0	0	0
AIJT(6, 1,T)=	0	0	0
AIJT(6, 2,T)=	0	0	0
AIJT(6, 3,T)=	0	0	0
AIJT(6, 4,T)=	0	0	0
AIJT(6, 5,T)=	0	0	0
AIJT(6, 6,T)=	29420	34983	39085
AIJT(6, 7,T)=	0	0	0
AIJT(6, 8,T)=	0	0	0
AIJT(6, 9,T)=	0	0	0
AIJT(7, 1,T)=	0	0	0
AIJT(7, 2,T)=	0	0	0
AIJT(7, 3,T)=	0	0	0
AIJT(7, 4,T)=	0	0	0
AIJT(7, 5,T)=	0	0	0
AIJT(7, 6,T)=	0	0	0
AIJT(7, 7,T)=	12225	16413	19965
AIJT(7, 8,T)=	0	0	0
AIJT(7, 9,T)=	0	0	0
AIJT(8, 1,T)=	0	0	0
AIJT(8, 2,T)=	0	0	0
AIJT(8, 3,T)=	0	0	0
AIJT(8, 4,T)=	0	0	0
AIJT(8, 5,T)=	0	0	0
AIJT(8, 6,T)=	0	0	0
AIJT(8, 7,T)=	0	0	0
AIJT(8, 8,T)=	19433	23505	25748
AIJT(8, 9,T)=	0	0	0

AIJT(7, 1,T)=	0	0	0
AIJT(7, 2,T)=	0	0	0
AIJT(7, 3,T)=	0	0	0
AIJT(7, 4,T)=	0	0	0
AIJT(7, 5,T)=	0	0	0
AIJT(7, 6,T)=	0	0	0
AIJT(7, 7,T)=	0	0	0
AIJT(7, 8,T)=	0	0	0
AIJT(7, 9,T)=	15228	22976	28164
AIJT(10, 1,T)=	18237	22174	25426
AIJT(10, 2,T)=	1067	1593	2287
AIJT(10, 3,T)=	1096	1592	2324
AIJT(10, 4,T)=	0	0	0
AIJT(10, 5,T)=	0	0	0
AIJT(10, 6,T)=	0	0	0
AIJT(10, 7,T)=	826	1431	1656
AIJT(10, 8,T)=	0	0	0
AIJT(10, 9,T)=	0	0	0
AIJT(11, 1,T)=	0	0	0
AIJT(11, 2,T)=	0	0	0
AIJT(11, 3,T)=	0	0	0
AIJT(11, 4,T)=	0	0	0
AIJT(11, 5,T)=	0	0	0
AIJT(11, 6,T)=	0	0	0
AIJT(11, 7,T)=	0	0	0
AIJT(11, 8,T)=	8461	14818	21173
AIJT(11, 9,T)=	0	0	0
AIJT(12, 1,T)=	0	0	0
AIJT(12, 2,T)=	0	0	0
AIJT(12, 3,T)=	0	0	0
AIJT(12, 4,T)=	2123	2354	2520
AIJT(12, 5,T)=	0	0	0
AIJT(12, 6,T)=	0	0	0
AIJT(12, 7,T)=	0	0	0
AIJT(12, 8,T)=	1617	1975	2172
AIJT(12, 9,T)=	2850	4486	5523
AIJT(13, 1,T)=	0	0	0
AIJT(13, 2,T)=	0	0	0
AIJT(13, 3,T)=	0	0	0
AIJT(13, 4,T)=	0	0	0
AIJT(13, 5,T)=	0	0	0
AIJT(13, 6,T)=	7628	10542	13458
AIJT(13, 7,T)=	0	0	0
AIJT(13, 8,T)=	0	0	0
AIJT(13, 9,T)=	0	0	0
AIJT(14, 1,T)=	0	0	0
AIJT(14, 2,T)=	0	0	0
AIJT(14, 3,T)=	0	0	0
AIJT(14, 4,T)=	0	0	0
AIJT(14, 5,T)=	0	0	0
AIJT(14, 6,T)=	0	0	0
AIJT(14, 7,T)=	0	0	0
AIJT(14, 8,T)=	0	0	0
AIJT(14, 9,T)=	3877	6798	9551
AIJT(15, 1,T)=	0	0	0
AIJT(15, 2,T)=	881	1102	1338
AIJT(15, 3,T)=	0	0	0
AIJT(15, 4,T)=	0	0	0
AIJT(15, 5,T)=	0	0	0
AIJT(15, 6,T)=	0	0	0
AIJT(15, 7,T)=	5909	9258	11664
AIJT(15, 8,T)=	0	0	0
AIJT(15, 9,T)=	0	0	0

AIJT(16, 1,T)=	0	0	0
AIJT(16, 2,T)=	0	0	0
AIJT(16, 3,T)=	0	0	0
AIJT(16, 4,T)=	0	0	0
AIJT(16, 5,T)=	9008	12618	17620
AIJT(16, 6,T)=	2035	2859	3832
AIJT(16, 7,T)=	0	0	0
AIJT(16, 8,T)=	0	0	0
AIJT(16, 9,T)=	0	0	0

INFORMACOES SOBRE O PROBLEMA (PC)

DIMENSOES DO PROBLEMA :

NUMERO DE VARIAVEIS ZERO-UM = 21

NUMERO DE RESTRICOES = 35

VETOR DE CUSTOS : C

CCR(J)=	10491079	8436900	7672795	10297096
CCR(J)=	8360967	8128270	9855631	7834446
CCR(J)=	7283815	9958904	7886870	7281875
CCR(J)=	9975789	7856036	7358603	9813467
CCR(J)=	7828326	7407628	10493068	8379522
CCR(J)=	7944905			

DESMEMBRAMENTO DE CADA ELEMENTO DO VETOR C EM SUAS PARCELAS POR ESTAGIO

CDA(NZF,TIMP,J)=

CDA(2, 2,J)=	8215504	612894	1468698
CDA(2, 3,J)=	3495663	4694574	170730
CDA(2, 4,J)=	3495663	1128032	3504575
CDA(3, 2,J)=	8169558	521724	1164349
CDA(3, 3,J)=	3273448	4389333	171665
CDA(3, 4,J)=	3273448	639236	3371131
CDA(4, 2,J)=	8194637	485242	1279025
CDA(4, 3,J)=	3363582	4344822	178466
CDA(4, 4,J)=	3363582	485242	3433051
CDA(5, 2,J)=	8177021	548814	1249954
CDA(5, 3,J)=	3206228	4465025	184783
CDA(5, 4,J)=	3206228	769312	3383063
CDA(6, 2,J)=	8045800	560110	1207557
CDA(6, 3,J)=	3344129	4295847	188350
CDA(6, 4,J)=	3344129	779211	3284288
CDA(7, 2,J)=	8455589	588495	1448984
CDA(7, 3,J)=	3372567	4771417	235538
CDA(7, 4,J)=	3372567	749962	3822376

$$A(12, J) =$$
$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & & & & & & & & \end{pmatrix}$$
$$A(13, J) =$$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1									

$$A(14, J) =$$
$$\begin{array}{cccccccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & & & & & & & & & \end{array}$$
$$A(15, J) =$$

1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
0									

A(16, J) =

0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
0									

A017, J) =

0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1									

$$A(18, J) =$$

-18237	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0								

A(19,J)=

-22174	-22174	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$A(20, J) =$$

-1067	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-881	0	0	0
0							

A(21,3):

-1593	-1593	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1102	-1102	0	0
0								

A(22, J)

-1006	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0								

A (23, J)

-1592	-1592	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0								

VECTOR B DO PROBLEMA :

- xvii -

B(1)= -1
 B(2)= 1
 B(3)= -1
 B(4)= 1
 B(5)= -1
 B(6)= 1
 B(7)= -1
 B(8)= 1
 B(9)= -1
 B(10)= 1
 B(11)= -1
 B(12)= 1
 B(13)= -1
 B(14)= 1
 B(15)= -7
 B(16)= -7
 B(17)= -7
 B(18)= -8782
 B(19)= -970
 B(20)= -11607
 B(21)= -7952
 B(22)= -17722
 B(23)= -11220
 B(24)= -13280
 B(25)= -11135
 B(26)= -14193
 B(27)= -8032
 B(28)= -20917
 B(29)= -11616
 B(30)= -11040
 B(31)= -2898
 B(32)= -489
 B(33)= 10298
 B(34)= -22345
 B(35)= -10740

POLITICA OTIMA DE CRONOGRAMA ESTABELECIDAPELO PROGRAMA :

A CENTRAL 10 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 4
 A CENTRAL 11 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 3
 A CENTRAL 12 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 4
 A CENTRAL 13 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 4
 A CENTRAL 14 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 4
 A CENTRAL 15 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 4
 A CENTRAL 16 DEVE ESTAR INSTALADA NO ANO 4

CUSTO DO CRONOGRAMA OTIMO = 53310588

I.3. - RELATÓRIO DO TESTE IRRESTRITO COM O CRONOS EM
 CURITIBA

```

*****
*
*
*
*
*   P R O G R A M A   P A L C O
*
*
*   R E L A T O R I O   D E   S A I D A
*
*
*
*****

```

#####

CONCENTRADORES NO ESTAGIO 1

REDINHA 1

A ESTACAO TEM TECNOLOGIA DIGITAL
 FASE=3 N. DE ITERACOES= 1
 SITUACAO INICIAL DA REDINHA:

CUSTO INICIAL DA REDINHA DO NO 1=

49552

POTE(1)=	0
POTE(43)=	1
POTE(44)=	2
POTE(45)=	2
POTE(12)=	1
POTE(13)=	2
POTE(16)=	3
POTE(18)=	4
POTE(19)=	5
POTE(20)=	6
POTE(21)=	226
POTE(22)=	884
POTE(23)=	7
POTE(14)=	154
POTE(80)=	150
POTE(81)=	545
POTE(88)=	546
POTE(89)=	696
POTE(91)=	697
POTE(92)=	870
POTE(95)=	871
POTE(100)=	872
POTE(104)=	873
POTE(111)=	1204
POTE(112)=	1205
POTE(113)=	1206
POTE(115)=	874
POTE(105)=	874
POTE(101)=	873
POTE(102)=	874

POTE(96)=	872
POTE(99)=	872
POTE(90)=	697
POTE(93)=	1031
POTE(94)=	1032
POTE(82)=	546
POTE(83)=	547
POTE(84)=	548
POTE(85)=	549
POTE(5)=	1
POTE(6)=	2
POTE(7)=	3
POTE(15)=	3
POTE(2)=	1
POTE(3)=	56
POTE(4)=	57
POTE(0)=	0

- xix -

NAO HA CANDIDATOS NA REDINHA 1NO ESTAGIO 1

NUMERO DE CONCENTRADORES NA REDINHA 1= 0

REDINHA 2

A ESTACAO TEM TECNOLOGIA DIGITAL
FASE=3 N. DE ITERACOES= 1
SITUACAO INICIAL DA REDINHA:

CUSTO INICIAL DA REDINHA DO NO 116=	247359
POTE(116)=	0
POTE(183)=	731
POTE(188)=	1329
POTE(189)=	1801
POTE(190)=	1921
POTE(191)=	2293
POTE(193)=	2811
POTE(205)=	3361
POTE(206)=	3841
POTE(194)=	3078
POTE(196)=	3333
POTE(197)=	5333
POTE(198)=	5583
POTE(195)=	3399
POTE(199)=	4289
POTE(192)=	2610
POTE(201)=	2852
POTE(202)=	3111
POTE(200)=	2501
POTE(184)=	732
POTE(185)=	1440
POTE(186)=	1823
POTE(187)=	2453
POTE(130)=	1
POTE(139)=	2
POTE(148)=	3
POTE(149)=	4
POTE(140)=	406
POTE(141)=	653
POTE(144)=	911

POTE(143)=	1003
POTE(131)=	368
POTE(132)=	904
POTE(133)=	1142
POTE(134)=	1402
POTE(136)=	1452
POTE(138)=	1453
POTE(135)=	1718
POTE(142)=	654
POTE(122)=	704
POTE(123)=	1065
POTE(124)=	1239
POTE(125)=	1459
POTE(126)=	1460
POTE(128)=	1421
POTE(106)=	2151
POTE(108)=	2152
POTE(110)=	2153
POTE(109)=	2068
POTE(129)=	1176
POTE(127)=	1660
POTE(98)=	1960
POTE(97)=	2075
POTE(107)=	2375
POTE(117)=	244
POTE(118)=	541
POTE(119)=	1335
POTE(75)=	1885
POTE(74)=	1886
POTE(76)=	2368
POTE(77)=	2943
POTE(78)=	3473
POTE(120)=	1336
POTE(175)=	245
POTE(176)=	845
POTE(177)=	1595
POTE(179)=	2195
POTE(180)=	2995
POTE(181)=	3795
POTE(182)=	4995
POTE(582)=	5773
POTE(79)=	4373
POTE(178)=	1596
POTE(121)=	1
POTE(0)=	0

- XX -

* * * * *

NOS COM POTENCIAL MAIOR QUE DC:
71 13 12 70

EXAME DO CANDIDATO IN= 71(582)
FASE=3 N. DE ITERACOES= 8

CUSTO DE REDE COM O CONCENTRADOR= 238223

NUMERO DE REGENERADORES= 2

CUSTO FIXO ACUMULADO= 0

CUSTO FIXO DESTE CONCENTRADOR=

14242

- xxi -

CUSTO SEM O CONCENTRADOR EM ESTUDO=

247359

CUSTO COM O CONCENTRADOR=

252465

NAO INSTALAR EM IN= 71(582)

* * * * *

EXAME DO CANDIDATO IN= 13(198)

FASE=3 N. DE ITERACOES= 7

CUSTO DE REDE COM O CONCENTRADOR=

231286

NUMERO DE REGENERADORES= 3

CUSTO FIXO ACUMULADO=

0

CUSTO FIXO DESTE CONCENTRADOR=

14973

CUSTO SEM O CONCENTRADOR EM ESTUDO=

247359

CUSTO COM O CONCENTRADOR=

246259

INSTALAR O 1-0 CONCENTRADOR EM 198

* * * * *

NOS COM POTENCIAL MAIOR QUE DC:

71 13 12 70

EXAME DO CANDIDATO IN= 13(198)

FASE=3 N. DE ITERACOES= 6

CUSTO DE REDE COM O CONCENTRADOR=

215915

NUMERO DE REGENERADORES= 3

CUSTO FIXO ACUMULADO=

14973

CUSTO FIXO DESTE CONCENTRADOR=

13989

CUSTO SEM O CONCENTRADOR EM ESTUDO=

246259

CUSTO COM O CONCENTRADOR=

244877

INSTALAR O 2-0 CONCENTRADOR EM 198

* * * * *

- xxii -

NOS COM POTENCIAL MAIOR QUE DC:

71 12 70

EXAME DO CANDIDATO IN= 12(197)

FASE=3 N. DE ITERACOES= 2

CUSTO DE REDE COM O CONCENTRADOR= 201293

NUMERO DE REGENERADORES= 2

CUSTO FIXO ACUMULADO= 28962

CUSTO FIXO DESTA CONCENTRADOR= 14465

CUSTO SEM O CONCENTRADOR EM ESTUDO= 244877

CUSTO COM O CONCENTRADOR= 244720

INSTALAR O 1-O CONCENTRADOR EM 197

* * * * *

NOS COM POTENCIAL MAIOR QUE DC:

71 12 70

EXAME DO CANDIDATO IN= 12(197)

FASE=3 N. DE ITERACOES= 17

CUSTO DE REDE COM O CONCENTRADOR= 195313

NUMERO DE REGENERADORES= 2

CUSTO FIXO ACUMULADO= 43427

CUSTO FIXO DESTA CONCENTRADOR= 13809

CUSTO SEM O CONCENTRADOR EM ESTUDO= 244720

CUSTO COM O CONCENTRADOR= 252549

NAO INSTALAR EM IN= 12(197)

* * * * *

EXAME DO CANDIDATO IN= 70(182)

FASE=3 N. DE ITERACOES= 22

CUSTO DE REDE COM O CONCENTRADOR=

193915

NUMERO DE REGENERADORES= 3

CUSTO FIXO ACUMULADO= 43427

CUSTO FIXO DESTE CONCENTRADOR= 14945

CUSTO SEM O CONCENTRADOR EM ESTUDO= 244720

CUSTO COM O CONCENTRADOR= 252287

NAO INSTALAR EM IN= 70(182)

* * * * *

NUMERO DE CONCENTRADORES NA REDINHA 2= 3

I.4. - EXEMPLO DE RELATÓRIO DE SAÍDA DO PALCO

SE VOCE QUISE DESLOCAR ALGUMA UR ESCRVA 1,
SE NAO, ESCRVA 0

1
ESCRVA O NUMERO DO CANDIDATO A DESLOCAMENTO
E O DO SEU NO,SEPARADOS POR VIRGULA.

1 108
VOCE ERROU,TENTE DE NOVO!
ESCRVA O NUMERO DO CANDIDATO A DESLOCAMENTO
E O DO SEU NO,SEPARADOS POR VIRGULA.
2 108

QUAL O NO PARA ONDE VOCE QUER DESLOCAR A UR?

106
FASE=3 N. DE ITERACOES= 712

CUSTOS COM A UR 2 EM 108 (ANTES):

REDE= 4755531835
TRANSMISSAO= 855708128
TERRENO= 2160000
TOTAL= 5613399963

PATER(108)= 6 , MTV= 3

CUSTOS COM A UR 2 EM 106 (DEPOIS):

REDE= 4755477476
TRANSMISSAO= 855398808
TERRENO= 2160000
TOTAL= 5613036284

PATER(106)= 6 , MTN= 3

** MUDAR A LOCALIZACAO E MAIS BARATO **

SE VOCE QUER O FLUXO NO NOVO ARCO DA UR
ESTUDADA,ESCRVA 1;SE NAO,ESCRVA 0

1
2931

SE VOCE QUER O FLUXO NO ARCO DE ALGUMA OUTRA
UR,ESCRVA 1;SE NAO,ESCRVA 0

1

QUAL O NUMERO DA UR ?

6679

SE VOCE QUER O FLUXO NO ARCO DE ALGUMA OUTRA
UR,ESCRVA 1;SE NAO,ESCRVA 0

0

SE VOCE QUER MOVER A UR ESTUDADA,ESCRVA 1
SE NAO,ESCRVA 0

1

NOS COM UNIDADES REMOTAS ATUALMENTE :

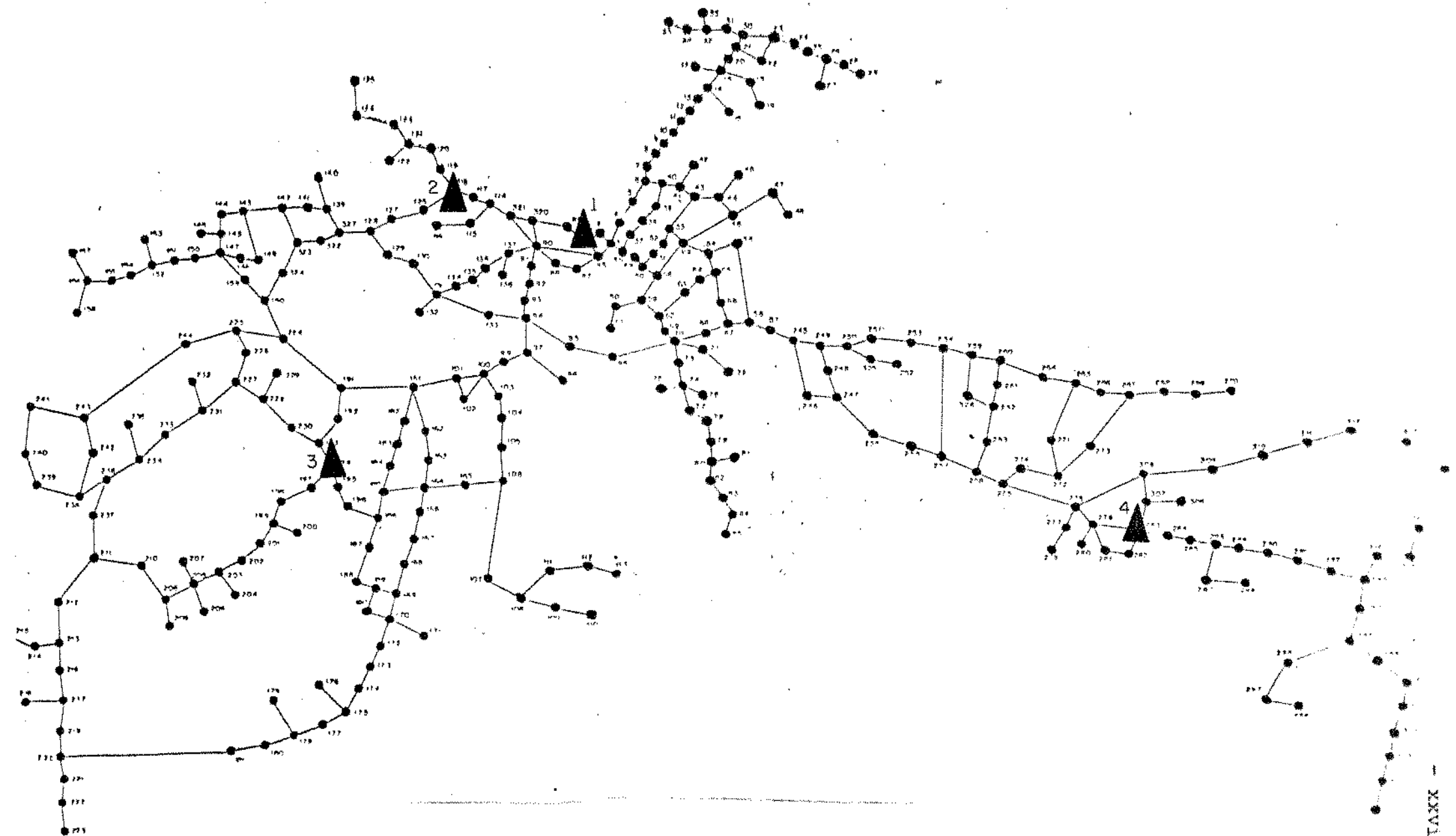
ZU(1)=	78	ZU(2)=	106	ZU(3)=	172
ZU(4)=	226	ZU(5)=	240	ZU(6)=	264
ZU(7)=	273	ZU(8)=	335	ZU(9)=	340
ZU(10)=	399	ZU(11)=	407	ZU(12)=	414
ZU(13)=	481	ZU(14)=	519	ZU(15)=	535
ZU(16)=	563	ZU(17)=	572	ZU(18)=	583
ZU(19)=	494	ZU(			

SE VOCE QUIZER DESLOCAR ALGUMA UR ESCREVA 1,
SE NAO, ESCREVA 0
0

I.5. - EXEMPLO DE RELATÓRIO DE SAÍDA DO RELUZ

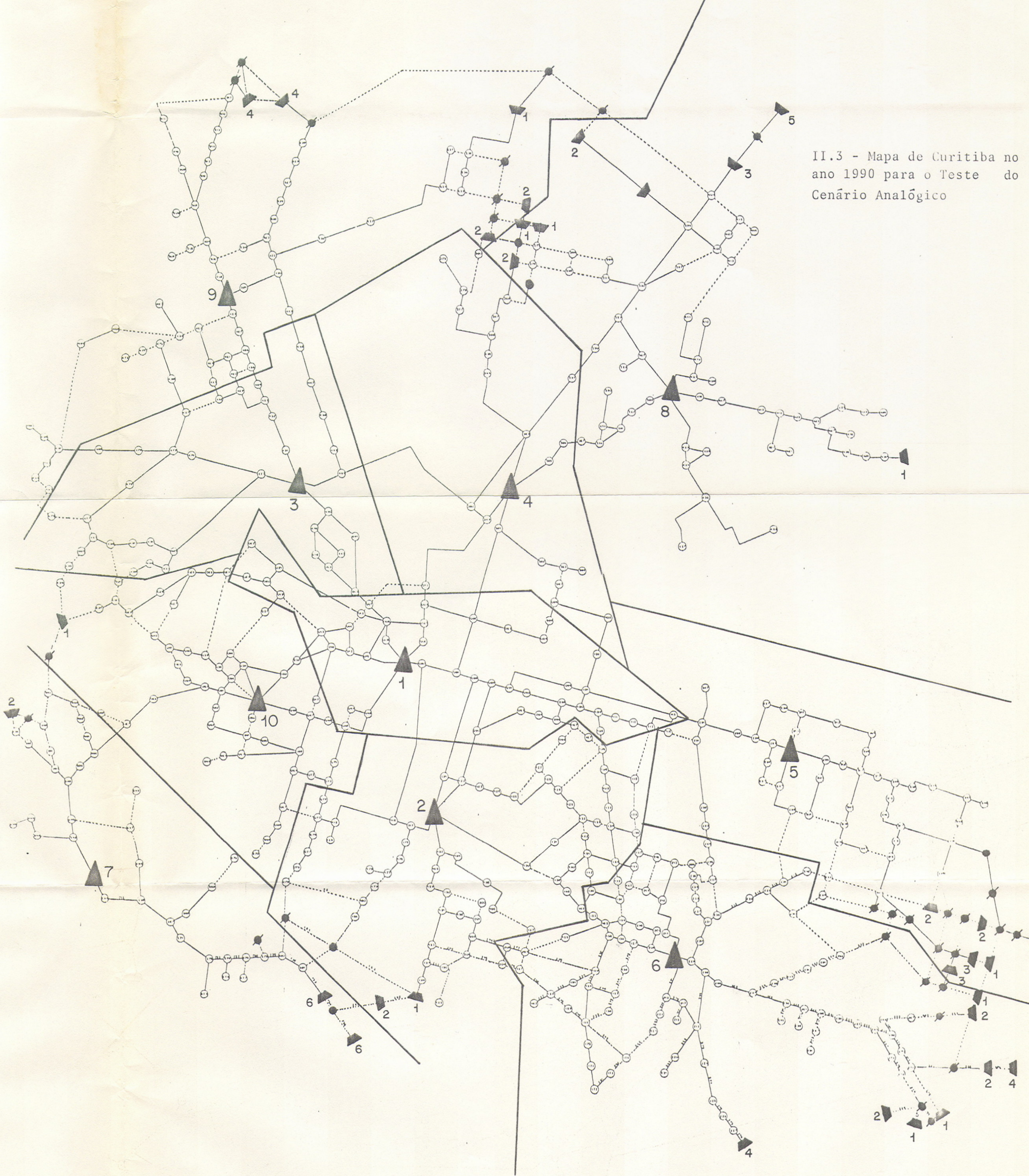
APÊNDICE II

MAPAS



II.1. MAPA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

II.3 - Mapa de Curitiba no
ano 1990 para o Teste do
Cenário Analógico







11.5 - Mapa de Curitiba
no ano 2000 para o Te
te do Cenário Analóg

II.6 - Mapa de Curitiba no ano 2000 - Cenário Digital Básico

