

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA**



MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

Luiz Augusto da Silva Neves

**ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ADUÇÃO
PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UMA REGIÃO
PILOTO, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ITAPICURU, BA.**

**Salvador
2009**

LUIZ AUGUSTO DA SILVA NEVES

**ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ADUÇÃO
PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UMA REGIÃO
PILOTO, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
ITAPICURU, BA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Lafayette Dantas da Luz

SALVADOR
2009

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Sinay Neves, Escola Politécnica da
Universidade Federal da Bahia

N514 Neves, Luiz Augusto da Silva

Estudo de Otimização dos Sistemas de Adução para
abastecimento de água de uma Região Piloto, da Bacia
Hidrográfica do Rio Itapicuru, Ba / Luiz Augusto da Silva
Neves. – Salvador, 2009.

197 f. : il. color.

Orientador: Prof. Doutor Lafayette Dantas da Luz

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da
Bahia. Escola Politécnica, 2009-07-31.

1. Adução de água. 2. Abastecimento de água. 3.
Análise Sistêmica . 4. Distribuição. 5. Programação
Linear. 6. Otimização. II. Título.

CDD: 634.44

*A água é um brinquedo que fascina a criança.
Tem movimento, brinca com a gente.
Quando se tenta pegar a água, ela escorre pelos dedos
acariciando a pele.
Quando esbarramos em seus limites, ela nos envolve e
logo nos empurra de volta para o ar.
Quando submersos, a visão é encantadora, cheia de
reflexos, formas modificadas, acrescidas, encolhidas,
próximas, distanciadas.
Os sons retumbam n'água, chegam aos nossos ouvidos
diluídos.
Quando pulamos na água, ela se espalha, espirra, e
logo volta a sua forma anterior.
Quando soltamos nosso corpo, ela nos encarrega,
envolve, embala.
Enche, escorre, borbulha...*

Clemilda Benfica Senra

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a **Deus**, por me conceder saúde, fé e esperança na concretização dessa importante conquista, iluminando o meu caminho, transformando em forças as dificuldades e clareando os horizontes de minha vida, dando-me perseverança para alcançar a glória devida ao merecimento divino.

Aos meus queridos Pais, Alcir Bandeira Neves e Albina da Silva Neves, agradeço ao verdadeiro amor, carinho, incentivo constante e assim como as incessantes orações de pedidos ao nosso Senhor pelo bom resultado dessa conquista.

Ao meu segundo Pai, Dr. Manoel Batista de Souza (meu saudoso e querido Tio Nequinho), a quem eternamente agradeço aos ensinamentos de vida, aos conhecimentos da espiritualidade, força de vontade, a doutrina e fé nas conquistas das idealizações.

À minha Prima Ana Cristina Neves, pelo despertar e o incentivo inicial desse novo horizonte.

Ao meu Orientador Prof. Lafayette Dantas da Luz, a quem procurei pela identificação e respeito pelo seu trabalho acadêmico, sua dedicação e consonância com a minha especialização, assim como diretrizes de ideais comuns e de seriedade.

À Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, a quem muito tenho a agradecer pelos meus conhecimentos de graduação profissional e o acolhimento no meu retorno após vinte e oito anos com aprovação de ingresso, nesse valioso curso de continuidade e de prospecção para a vida científica e acadêmica.

Aos Professores Coordenadores do MEAU, no período do curso: Prof. Roberto Cardoso, Prof. Ricardo Fernandes Carvalho e Prof. Sandro Machado, pela dedicação, colaboração e orientação, junto ao Colegiado da UFBA.

Aos meus Professores do MEAU, especialmente aos parceiros de ideais e amigos: Prof. Luiz Aníbal Santos, Profa. Iara Oliveira, Prof. Asher Kiperstok e Prof. Roberto S. Moraes.

A todos os meus inesquecíveis colegas de turma, pela riqueza de amizade que construímos, colaboração e por momentos de convivência felizes e de humanidade eterna.

À minha conceituada empresa de trabalho EMBASA, pela importante colaboração de informações operacionais, de controles tecnológicos e de Engenharia, muito necessários à pesquisa do referido Projeto, assim como principalmente aos meus gerentes Roberto Gaudêncio Canário e Hilton Murici Filho, pela valiosa colaboração com a minha disponibilidade de tempo para todos os períodos de estudos necessários.

Às Empresas Públicas CERB, IBGE, CEI, SRH, Prefeituras dos Municípios de Aracá, Tucano, Quijingue e Ponto Novo.

Em especial a todos a mim próximos, parentes, amigos e queridos, que me ajudaram, colaboraram direta ou indiretamente para este trabalho, me incentivaram, transmitiram forças, perseverança e carinho de um verdadeiro amor, ajudando com a fé em Deus, para que eu conseguisse concluir com esplendor essa verdadeira obra de esperança divina, que será para sempre abençoada pelo nosso grandioso Senhor do Bonfim.

RESUMO

Esse trabalho foi realizado tendo como base a pesquisa sobre as condições de abastecimento na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, Bahia, em cinquenta e quatro municípios, dez deles localizados no trecho médio do rio, e oito dos quais banhados pelo mesmo e que apresentam grande deficiência no abastecimento d'água. Analisando o potencial produtivo de recursos hídricos subterrâneos e de superfície dessa região, foi definida uma macro região deficiente para estudo. Essa região, apesar de possuir mananciais produtivos com boas condições em quantidade e qualidade, tem o abastecimento extremamente deficiente, por não dispor de infraestrutura de adução de água para o fornecimento às populações. A região de estudo abrange o município de Quijingue e a parte norte do município de Tucano. Foram definidos aglomerados de povoados, cada qual constituindo uma Unidade de Distribuição a ser abastecida, a partir dos Pontos de Produção selecionados. A região-piloto definida para estudo, foi organizada com seis Unidades de Distribuição e oito Pontos de Produção, permitindo o exame de quarenta e oito possibilidades de adução de água, e a seleção das melhores opções para atender satisfatoriamente o abastecimento à maioria expressiva dos povoados. A decisão sobre um sistema ótimo, com tantas alternativas e variáveis envolvidas, resulta num problema complexo. Visando tratar o problema sistemicamente e, definir as melhores condições para as aduções sob um ponto de vista técnico e econômico, foi empregada a técnica de otimização. Optou-se pelo modelo de Programação Inteira Linear, considerando-se vazões máximas de produção dos pontos principais disponíveis; a demanda hídrica dos povoados; as distâncias entre os Pontos de Produção e as Unidades de Distribuição (UDs); as perdas de energia para condução das vazões; e, os custos dos sistemas de adução de água, por gravidade e por recalque, conforme as condições topográficas. Assumindo-se algumas simplificações no problema, a exemplo do traçado linear das adutoras. As curvas de custos tiveram que ser linearizadas, com isso tendo-se que introduzir variáveis inteiras binárias. O resultado do modelo de otimização apontou apenas seis adutoras, como opções “ótimas”, com base no objetivo de menor custo e atendendo integralmente as restrições. Concluindo-se ser promissor o emprego dessa metodologia no planejamento dos sistemas hidráulicos, visando apoiar estudos para o desenvolvimento da infraestrutura hídrica. Trata-se de abordagem sistêmica pouco usual no meio técnico, mas que pode vir a ser incorporada e, com isso, possibilitando avançar com relação às análises benefício-custos tradicionais e predominantes.

PALAVRAS-CHAVE: Adução de água. Abastecimento de água. Análise Sistêmica. Distribuição. Programação Inteira Linear. Otimização.

ABSTRACT

The present report was conducted based on a survey about the water supply conditions of the hydrographic basin of Itapicuru River, Bahia, Brazil. The basin comprises fifty-four municipalities, ten of them located in the mid portion of the river, eight of which at the margin of the river, all presenting a severe deficiency in water supply. Through analysis of the productive potential of underground and surface water sources in the area, a deficient macro-region was defined for the study. Such region, in spite of possessing productive sources in good quantitative and qualitative conditions, has an extremely poor supply on account of its lack of infrastructure for water adduction and provision to the population. The studied region encompasses the municipality of Quijingue and the northern part of the municipality of Tucano. Clusters of settlements were defined, each one constituting a Distribution Unit to be supplied by selected Production Points. The pilot region defined for study was organized with six Distribution Units and eight Production Points, thus allowing the examination of forty-eight possibilities for water adduction, and selection of the best options to accomplish satisfactorily the water provision for the vast majority of settlements. The decision on an optimum system with so many alternatives and variables involves a complex problem. Aiming to address such problem in a systemic way, and in order to define the best conditions for adductions from both a technical and economic point of view, the optimization technique was carried out. Among some techniques analyzed, an option was made for Linear Programming modelling. This model took into consideration the maximum flow from the available production points, the demands by the settlements, the distances between Production points and the Distribution units (UDs), the energy losses for flow conduction, costs of the water adduction systems, by gravity or pumping, accordingly to topographic conditions. Simplifications of the problem were assumed, such as the linear sketch of the pipelines. Cost curves had to be linearized, requiring introduction of integer binary variables. The results of the optimization model indicated only six water mains as “optimal” options, based on the objective of minimum cost. The use of this methodology for planning hydraulic and supporting studies for development of hydraulic infrastructure, reveals itself as promising. Such systemic approach is somewhat unusual in the technical milieu, but it may turn out to be incorporated and thus allow for advances in comparison with traditional and prevailing cost-benefit analyses.

KEY-WORDS: Water adduction. Water supply. Systemic Analysis. Distribution. Integer Linear Programming. Optimization.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1	O Projeto (o problema, as hipóteses e os objetivos)	18
	O Problema	18
	As hipóteses	19
	O Objetivo Geral	19
	Os Objetivos Específicos são	19
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	As condições do abastecimento d'água e as políticas governamentais	21
2.2	O saneamento, suas políticas públicas e o direito social	22
2.3	Princípios de uma política pública de saneamento	23
2.4	Leis que instituem a política dos recursos hídricos e do saneamento	25
2.5	A interação entre Desenvolvimento e Meio Ambiente	28
2.6	A sustentabilidade e o planejamento integrado para o abastecimento d'água	28
2.7	A abordagem sistêmica para a distribuição d'água	30
2.8	A pesquisa operacional e análise de sistemas de abastecimento por modelos matemáticos	31
	A otimização	32
	Programas computacionais para a Programação Linear	35
3.	REGIÃO ESTUDADA	35
3.1	Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru	35
	Exploração e usos atuais das águas subterrâneas	39
	Infra-estrutura hidráulica atual	40
	Barragens	41
	Poços tubulares	41
4.	METODOLOGIA	42
4.1	Definição da Macro-Região carente de abastecimento e da Região Piloto em estudo	42
4.1.1	Critérios para definição da Região Piloto na Macro-Região carente	43
4.2	Cadastramento de dados da região em estudo	43
4.3	Critérios para classificação do nível de consumo dos municípios da Região Piloto	45
4.4	Pesquisa da situação de abastecimento nos municípios da Região Piloto	45
4.5	Critérios de escolha dos mananciais e definição dos Pontos de Produção	46
4.6	Definição das Unidades de Distribuição para os aglomerados de povoados e suas demandas hídricas	47

4.7	O sistema de adutoras (PPs → UD)s: Pontos de Produção / Unidades de Distribuição	50
	Adutoras por Recalque	51
	Adutoras Mistas	52
4.8	Condicionantes do problema	55
4.9	Solução do problema – Modelo de otimização	56
	Variáveis de decisão	59
	Função Objetivo	59
	Restrições	60
4.10	Obtenção das funções de custo	61
4.10.1	Cálculo das vazões em função dos diâmetros e dos custos em função das vazões	61
	a) Vazões em função dos diâmetros	62
	b) Determinação dos limites máximos das vazões	63
4.10.2	Custos Totais de implantação das adutoras (de Recalque e Mistas)	63
4.10.3	Cálculo das vazões em função das potências e dos custos em função das vazões	64
	a) Cálculo das potências em função das vazões	65
	b) Custos de implantação das Estações Elevatórias	66
	c) Custos de operação: consumo de energia para o horizonte de projeto de 10 anos	67
	d) Custos de operação: manutenção de equipamentos das Estações Elevatórias	69
4.10.4	Custos totais das adutoras	70
	a) Custos totais das adutoras por Recalque	70
	b) Custos totais das adutoras Mistas;	70
4.10.5	As funções polinomiais obtidas e os procedimentos para a Linearização Usando a Programação Não Linear (sequência de procedimentos)	71
	Adaptação para otimização por Programação Inteiro Linear	73
	A linearização por segmentação das funções de custo total das adutoras [CT = f(Q)]	74
	Variáveis de decisão	74
	Sub-variáveis de decisão	75
	Variáveis inteiras	75
	Constantes	75
4.10.6	As funções de custo, linearizadas por segmentação	76
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.1	Da macro-região carente de abastecimento	79
5.2	Da Região Piloto para estudo	79
5.3	Resultados da pesquisa sobre o atual abastecimento d'água dos povoados, atual	81
5.4	Balço entre a produção e a demanda d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru	81
5.5	Elementos básicos considerados no modelo matemático para a Programação Linear	82
5.5.1	Resultado dos cálculos das demandas das Unidades de Distribuição (UDs)	82

5.5.2	Resultado da estimativa das vazões explotáveis nos Pontos de Produção (PPs)	83
5.5.3	Resultado dos cálculos das vazões em função dos diâmetros	84
5.5.4	Resultado dos cálculos das potências em função das vazões	84
5.5.5	Resultados dos custos de implantação das adutoras de Recalque	84
5.5.6	Resultados dos custos de implantação das Estações Elevatórias	84
5.5.7	Resultados dos custos do consumo de energia	84
5.5.8	Resultados dos custos de manutenção das Estações Elevatórias	84
5.5.9	Custo total das adutoras em função da vazão	85
5.6	Modelo matemático para solução por Programação Linear	85
5.7	Resultados do modelo de Programação Linear (PL) para o problema	85
	a) Vazão total nos Pontos de Produção	87
	b) Vazão total nas Unidades de Demanda	87
6.	CONCLUSÃO	92
	Benefícios ambientais	95
	Sugestões para estudos futuros	95
	Considerações finais	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
	APÊNDICE AP	103
	APÊNDICE B	109
	APÊNDICE C	114
	APÊNDICE D	118
	APÊNDICE E	126
	APÊNDICE F	144
	APÊNDICE G	166
	ANEXO AN	192
	ANEXO B	197
	ANEXO C	201
	ANEXO D	204

LISTA DE TABELAS

Tabela nº 01 – Percentuais de povoados e das populações, abrangidas na área de estudo	45
Tabela nº 02 – Mananciais selecionados: Pontos de Produção	47
Tabela nº 03 – Aglomerados de povoados – cálculo das demandas das UD's	49
Tabela nº 04 – Adutoras a partir de cada PP, Vazões explotáveis nos PPs, demandas das UD's em cada ligação PP – UD e informações geométrica das adutoras	54
Tabela nº 05 – Custos médios unitários (por metro), de implantação de Adutoras	61
Tabela nº 06 – Cálculo da vazão em função do diâmetro para adutora 5R - Exemplo	63
Tabela nº 07 – Custos totais de implantação da adutora 5R - Exemplo	64
Tabela nº 08 – Custos médios de implantação de Estações Elevatórias – Por faixas de potência	66
Tabela nº 09 – Síntese: Custos médios totais de implantação das Estações Elevatórias	67
Tabela nº 10 – Consumo médio de energia - Período de Plano = 10 Anos – Exemplo	68
Tabela nº 11 – Resumo: Custo de consumo de energia	68
Tabela nº 12 – Resumo: Custos de manutenção das Estações Elevatórias	69
Tabela nº 13 – Custos totais de adutora por Recalque (5R) – Exemplo	71
Tabela nº 14 – Custos totais de adutora Mista (5M) – Exemplo	71
Tabela nº 15 – Características e classificação das Zonas das bacias por demanda	82
Tabela nº 16 – Resumo de demandas dos aglomerados (Unidades de Distribuição)	83
Tabela nº 17 – Resumo dos poços selecionados, com suas vazões explotáveis máximas, nos Pontos de Produção (PPs)	83
Tabela nº 18 – Resultados: vazões e custos das adutoras otimizadas	86
Tabela nº 19 – Adutoras selecionadas e as relações C/Q e C/L	90
Tabela nº 20 – Relação: custo total da adução por habitante, CT/hab.	91
Tabela nº 21 – Relação custo de adução/habitante, crescente, comparada à relação extensão/vazão, das adutoras contempladas na otimização	91

Tabela A01 – APÊNDICE AP	Populações e demandas d’água por município	105
Tabela A02 – APÊNDICE AP	Déficits e superávites de abastecimento d’água das zonas da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru	106
Tabela A3 – APÊNDICE AP	Resumo de populações e demandas dos aglomerados do povoado de Quijingue	107
Tabela A4 – APÊNDICE AP	Resumo de populações e demandas dos aglomerados do povoado de Tucano	108
Tabela B1 – ANEXO B	Relação de todos os Poços existentes no Município de Quijingue, com marcação dos selecionados próximos da Região Piloto	198
Tabela B2 – ANEXO B	Relação de todos os Poços existentes no Município de Tucano, com marcação dos selecionados próximos da Região Piloto	199
Tabela B3 – APÊNDICE B	Poços viáveis dos municípios da Região Piloto, com marcação dos selecionados para Pontos de Produção	110
Tabela B4 – APÊNDICE B	Mananciais a ser usados como Pontos de Produção da Região Piloto	111
Tabela B5 – APÊNDICE B	Localização geográfica de PPs e UD’s, nos povoados	112
Tabela B6 – APÊNDICE B	Informações geométrica das adutoras, destacando a forma de adução, vazões explotáveis e demandas	113
Tabela D1 – APÊNDICE D	Cálculo das vazões em função dos diâmetros – adutoras de Recalque e Mistas	119
Tabela D2 – APÊNDICE D	Cálculo das potências em função das vazões – adutoras de Recalque e Mistas	122
Tabela D4 – ANEXO AN	Custos de manutenção de Estações Elevatórias – Poços artesianos	205
Tabela E1 – APÊNDICE E	Custos de implantação das adutoras de Recalque	127
Tabela E2 – APÊNDICE E	Custos de implantação dos Trechos de Gravidade das adutoras Mistas	131
Tabela E3 – APÊNDICE E	Custos de consumo de energia das Estações Elevatórias	133
Tabela E3.1 – APÊNDICE E	Cálculo do custo do consumo de energia - Período de operação = 10anos – Resumo 1	134

Tabela E3.2 – Cálculo do custo do consumo de energia - Período de operação = APÊNDICE E	10anos – Resumo 2	134
Tabela E4.1 – Custo de manutenção de Estações Elevatórias das adutoras - Resumo 1 APÊNDICE E		135
Tabela E4.2 – Custo de manutenção de Estações Elevatórias das adutoras - Resumo 2 APÊNDICE E		135
Tabela E5 – Custos Totais das adutoras de Recalque em função das vazões APÊNDICE E		136
Tabela E6 – Custos Totais das adutoras Mistas em função das vazões APÊNDICE E		139
Tabela F1 – Coeficientes angulares dos segmentos de reta da função linearizada de APÊNDICE F	custo total das adutoras de Recalque	145
Tabela F2 – Coeficientes angulares dos segmentos de reta da função linearizada de APÊNDICE F	Custo Total das adutoras Mistas	149
Tabela G1 – Variáveis e resultados do Programa LINGO – adutoras de Recalque APÊNDICE G		185
Tabela G2 – Variáveis e resultados do Programa LINGO – adutoras Mistas APÊNDICE G		189

LISTA DE FIGURAS

Figura nº 01 – Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia. Destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru	36
Figura nº 02 – A Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru: municípios, divisão de Zonas (alta, média e baixa) e potenciais mananciais (Poços)	37
Figura nº 03 – A Hidrologia – Afluentes de formação do Rio Itapicuru, na Bacia Hidrográfica	38
Figura nº 04 – Região Piloto: aglomerados de povoados de Quijingue e Tucano Norte	46
Figura nº 05 – A Região Piloto (Quijingue e Tucano Norte), os PPs e as UD's com distribuição para os aglomerados de povoados	50
Figura nº 06 – Sistema com as alternativas de adução PPs – UD's	52
Figura nº 07 – Perfil esquemático padrão das adutoras por recalque	54
Figura nº 08 – Perfil esquemático padrão das adutoras mistas (trecho por gravidade)	55
Figura nº 09 – Procedimentos para a construção dos modelos de otimização por Programa Não Linear ou Linear	59
Figura nº 10– Estrutura do modelo de otimização por Programa Não Linear ou Linear	60
Figura nº 11 – Pontos para a função de custo de implantação para a adutora 5R - Exemplo	66
Figura nº 12 – Pontos para a função de custo de total para a adutora 5R - Exemplo	76
Figura nº 13 – Esquema de nomenclatura das variáveis e constantes na segmentação das funções de custo - Exemplo: adutora 1R	77
Figura nº 14 – Curva de custo total da adutora 1R - Exemplo	78
Figura nº 15 – Linhas de programação no modelo PL (LINGO), representando a função de custo total segmentada, para adutora 1R	79
Figura nº 16 – Demarcação gráfica da macro região carente e Região Piloto	82
Figura nº 17 – O resultado da solução otimizada mostrando vazões das PPs, das UD's e das adutoras	88

Figura nº 18 – Relações (a) custo x vazão (C/Q) e (b) custo x Extensão (C/L).	92
Figura F2 Gráficos das Funções Linearizadas: custo de implantação das APÊNDICE F – adutoras x vazão	154
Figura F3 Gráficos das Funções Linearizadas: custo total das APÊNDICE F – adutoras x vazão	160

LISTA DE QUADROS

Quadro nº 01	– Os aglomerados e o sistema de distribuição das águas aduzidas (UDs-povoados)	50
Quadro nº 02	– Esquema de nomenclatura das adutoras PPs - UD's	52
Quadro nº 03	– Abastecimento atual dos municípios da Região Piloto	83
Quadro nº 04	– Adutoras PPs – UD's, marcadas as opções contempladas da solução otimizada da PL	90
Quadro AN1 ANEXO AN	– Relação de povoados, populações fornecida pela Prefeitura Municipal de Quijingue	193
Quadro AN2 ANEXO AN	– Relação de povoados, populações fornecida pela Prefeitura Municipal de Tucano	195
Quadro C1 ANEXO C	– Alíquotas Referenciais de tarifas da COELBA	202
Quadro C2 APENDICE C	– Questionário sobre a situação do abastecimento no município de Quijingue	115
Quadro C3 APENDICE C	– Questionário sobre a situação do abastecimento no município de Tucano	117
Quadro AP01 APENDICE AP	– Municípios que compõem as respectivas zonas da Bacia Hidrográfica	104

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas:

C – Custo
C.t. – Custo total
D – Diâmetro de adutoras
E.E. – Estação Elevatória
E.T.A. – Estação de tratamento de Água
F.O. – Função objetivo
hp – Perdas de carga distribuída da adutora
Hman – Altura manométrica da adutora
HG – Altura geométrica da adutora
L – Extensão da adutora
R – Adutora de Recalque
M – Adutora Mista (Trecho de Recalque + Trecho de Gravidade)
PL – Programação Linear
P.Ps – Pontos de produção de água potável (Poços artesianos)
P.S.F. – Plano de saúde familiar
Q – Vazão (produção, veiculação ou demanda)
QR e QM – Variáveis de decisão da função objetivo
S.A.A. – Sistema de abastecimento de Água
S.E.S. – Sistema de esgotamento sanitário
S.I.A.A. – Sistema integrado de abastecimento d'água
T.G. – Trecho de gravidade da adutora
T.R. – Trecho de recalque da adutora
U.Ds. – Unidade de distribuição de água tratada, dos aglomerados de povoados
 Δh – Diferença de nível topográfica da adutora

Lista de Siglas:

CAR – Companhia de ação regional
CERB – Companhia de Engenharia rural da Bahia
COELBA – Companhia de eletricidade do Estado da Bahia
DNOCS – Departamento nacional de obras contra as secas
EMBASA – Empresa baiana de águas e saneamento
INGÁ – Instituto de gestão das águas e clima
LINDO – Sistema de linguagem, informatizado, para otimização de modelos
PDRH – Plano diretor de recursos hídricos
PNAD – Pesquisa nacional por amostra de domicílio
PNRH – Plano nacional de recursos hídricos
PNSA – Política nacional de saneamento ambiental
SNSA – Secretaria nacional de saneamento ambiental

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história o ser humano, na busca de satisfazer suas necessidades e superar dificuldades, veio modificando o ambiente, criando diferentes condições de vida e formas de relacionamento com a água. Agindo de forma contrária à natureza, provocou a degradação dos recursos hídricos e contribuiu para a redução de oferta de água doce de boa qualidade no Planeta.

Também o desenvolvimento tecnológico atingiu um nível capaz de distribuir água a um grande contingente populacional por meio de grandes complexos industriais, que são construídos para a captação, tratamento, reservação e sua distribuição para os locais de consumo, abatendo grande volume de água dos mananciais.

Assim nas últimas décadas, vê-se a crescente preocupação com a escassez da água doce, alçada a uma escala mundial, tornando-se tema de debates nos meios acadêmicos, científicos, técnicos e políticos, gerando conferências e fóruns mundiais sobre o tema.

Partindo do ponto de vista de que é necessário um novo olhar sobre a multidimensionalidade da água, principalmente em seu valor como essencialidade para a vida, que documentos importantes, de influência nacional e internacional, foram criados.

Alguns desses documentos são mais específicos e objetivos, quanto ao consumo das águas subterrâneas e a sua administração, no que diz respeito especificamente à adução e distribuição, assim como princípios éticos de direitos de uso, é o caso do levantamento feito pela UNESCO – Brasil, série Meio Ambiente (SELBORNE – 2001).

O principal recurso hídrico de superfície de uma bacia hidrográfica, o rio de vertente, é considerado como um patrimônio natural de subsistência e de primordial importância para o abastecimento e o desenvolvimento sócio econômico das comunidades que a compõem e dos arredores. Esses mananciais, expostos às perturbações e degradações e muitas vezes situados

em regiões com escassez de quantidade ou qualidade de água disponível no subsolo, colocam suas populações em sérias dificuldades de consumo.

A destruição de matas ciliares e a fragmentação das florestas têm causado significativos processos de erosão dos solos, assoreamentos dos rios e conseqüentemente prejuízos hidrológicos em geral.

Estudos realizados por LOPES *et al.* (2001), salienta que o DDF em 1995 identificou entre outras, a área da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru com grandes problemas de destruição das matas ciliares, onde o rio na maioria de sua extensão encontra-se muito degradado, reduzindo os acúmulos naturais e causando a deterioração da qualidade de suas águas.

Esse projeto, que mostra a carência de abastecimento d'água na citada bacia hidrográfica, identifica a grande deficiência de distribuição desse potencial produtivo, ao mesmo tempo, identifica também que a água distribuída precária e intermitentemente, assim como na maioria de comunidades sem esgotamento sanitário, que é o caso, sofre interferência nas características bacteriológica na sua qualidade da água distribuída, MORAES (1995).

O Projeto (o problema, as hipóteses e os objetivos)

O Problema

Na pesquisa desse trabalho, na referida região estudada, foram levantados os seguintes problemas:

- a) Embora o abastecimento de água tratada em algumas sedes de municípios, em alguns distritos e povoados seja satisfatório, na maioria deles o mesmo é deficiente, sendo assim possível demarcar uma macro região carente de abastecimento d'água;
- b) Qual o real potencial de recursos hídricos, envolvendo suas vazões de produção e localização na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru e na região em estudo, para definição da capacidade de atendimento à toda demanda necessária.

- c) Como resolver o abastecimento geral de todos os aglomerados de povoados da Região Piloto, estudando as várias opções possíveis e objetivando uma solução ótima, com o menor custo.

As hipóteses

As hipóteses de pesquisa as quais se busca confirmar nesse trabalho, são as que se seguem:

- É possível abastecer toda demanda de água para consumo humano, da maioria dos povoados e comunidades da região deficiente desse abastecimento, em estudo, a qual está localizada sobre a Bacia Hidrogeológica de Tucano e banhada pelo Rio Itapicuru. O potencial de recursos hídricos subterrâneos satisfatórios em qualidade e vazão indica que ocorre uma grande deficiência de abastecimento e não de água.
- Existe a possibilidade de solução de menor custo, utilizando técnicas de otimização, para o abastecimento de forma abrangente à maioria dos povoados, através dos potenciais mananciais existentes e adutoras, interligando-os às Unidades de Distribuição em cada aglomerado desses povoados.

O **objetivo geral** desta pesquisa é desenvolver a análise de alternativas de adução de água, valendo-se de programação matemática através de modelo de otimização, para obtenção de um conjunto de soluções otimizadas, que servirão como subsídio para o planejamento regional do abastecimento d'água numa área piloto.

Os objetivos específicos são:

- Identificar na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru uma macro região carente de água para consumo humano e delimitar nela a Região Piloto a ser estudada;
- Definir e posicionar geograficamente na Região Piloto: os mananciais de água subterrâneos dos arredores e suas produções; os aglomerados de povoados; os reservatórios de distribuição em cada aglomerado e suas demandas de água;
- Analisar as alternativas de adução entre os pontos de produção e os de distribuição, e estudar um modelo de otimização para o planejamento integrado do abastecimento d'água;

- Definir o método de formulação matemática do modelo, visando identificar as condições ótimas de adução, com o menor custo, para o abastecimento da Região Piloto, discutindo as soluções, a viabilidade e as vantagens do método apresentado.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 As condições do abastecimento d'água e as políticas governamentais

Ao lado da escassez da água doce devido à sua limitação em quantidade e da deterioração dos mananciais, outra grande preocupação é o acesso à água potável. Enquanto os países mais desenvolvidos conseguem por meio de sistemas coletivos de distribuição, atender de forma universal as necessidades de sua população, oferecendo um acesso adequado à água potável, os demais países apresentam parcelas significativas de suas populações urbanas sem ter acesso, ou com um acesso precário à mesma (PONTES, 2003), mesmo quando há alguma disponibilidade.

No Brasil, segundo o Censo Demográfico de 2000 (IBGE, 2002), aproximadamente 11% da população rural, não dispõe de sistema adequado de abastecimento de água. Para Wartchow e Faccin (1997), essa carência de sistemas de abastecimento d'água, além de resultar em problemas de saúde pública, é um dos principais fatores para o agravamento da pobreza em muitas regiões e municípios brasileiros.

O último levantamento feito no Estado da Bahia pelo IBGE, divulgado em 2007 na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – PNAD (2005), mostra que 25% da população baiana não tem água encanada, (MORAES, 2007).

As necessidades de consumo d'água são ditadas, basicamente, por demandas sociais. O atendimento a essas demandas é limitado ou possibilitado pelas relações econômicas e sociais. Os recursos necessários ao atendimento dessas demandas, dependendo da carência, são variáveis e dependentes da produção.

A história do Brasil tem sido marcada por políticas que propiciaram concentração de riquezas e de desigualdades sociais e regionais. No saneamento, as políticas implementadas não foram diferentes, ao contrário, promoveram uma concentração maior de ações nas zonas urbanas e nas Regiões Sul e Sudeste, o centro econômico moderno da economia nacional, privilegiando as áreas habitadas pela população mais abastada, (REZENDE e HELLER, 2000).

As Regiões Norte e Nordeste, que graças a um cenário diverso sócio-econômico brasileiro, encontram-se em situação de desenvolvimento humano inferior às demais regiões brasileiras, foram palco dessa desuniformidade das políticas brasileiras, gerando degradação do ambiente e afetando diretamente as condições de saúde da população (REZENDE e HELLER, 2000).

Uma das premissas mais importantes da política governamental de desenvolvimento sustentável do Nordeste para as regiões carentes do semi-árido é adotar diretrizes que compatibilizem a melhoria da qualidade de vida com o direito fundamental de acesso à água tratada.

2.2 O saneamento, suas políticas públicas e o direito social

Existe uma noção ambígua e contraditória do saneamento. Duas visões são hegemônicas: o saneamento como mercadoria e o saneamento como direito social.

A definição clássica de saneamento explicita ser essa ação “o conjunto de medidas que visam a modificar as condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde”, (MENEZES, 1984, *apud* MORAES, 2007).

Moraes (1993) define saneamento básico como: o conjunto de ações, entendidas fundamentalmente como de saúde pública, compreendendo, além de outras, principalmente o abastecimento de água em quantidade suficiente para assegurar a higiene adequada e o conforto, com qualidade compatível com os padrões de potabilidade, tratamento e controle ambiental de helmintos e outros vetores e reservatórios de doenças (*ibid.*, s.p.).

Recentemente, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, do Ministério das Cidades, ao propor a Política Nacional de Saneamento Ambiental (PNSA), definiu saneamento ambiental como: “o conjunto de ações técnicas e socioeconômicas, entendidas fundamentalmente como de saúde pública, tendo por objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água em quantidade e dentro dos padrões de potabilidade vigentes, o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças, a promoção sanitária e outras, tendo como finalidade promover e melhorar as condições de vida urbana e rural”, (SNSA, 2003).

A Constituição do Estado da Bahia, promulgada em 1989, cria um capítulo para o saneamento básico, e em seu Art.227 estabelece que: “todos têm o direito aos serviços de saneamento básico, entendidos fundamentalmente como de saúde pública, compreendendo, principalmente o abastecimento d’água, controle de vetores transmissores de doenças e atividades relevantes para a promoção da qualidade de vida”, (BAHIA, 1989, p.104).

No Parágrafo 1º do Art.228, esse instrumento legal estabelece que: “O Estado desenvolverá mecanismos institucionais e financeiros destinados a garantir os benefícios do saneamento básico à totalidade da população”, (BAHIA, 1989, p.104).

2.3 Princípios de uma política pública de saneamento:

Diversos documentos importantes remetem para a proteção dos direitos ao consumo da água, pelas comunidades, a nível nacional e internacional: a Agenda 21, a Carta da Terra (RJ – 2004), referendadas na Eco-1992 e pela UNESCO (março/2000), SENRA – UNESCO/Brasil-2005, no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), tratam principalmente da proteção do abastecimento dos recursos hídricos às populações e cuidar de forma sustentável da comunidade de vida.

Essa igualdade diz respeito a direitos iguais, independentemente de raça, credo, situação sócio-econômica, ou seja, considera-se que todos os cidadãos têm direitos iguais no acesso a serviços de saneamento de boa qualidade.

As ações dos diferentes componentes e instituições da área de saneamento são geralmente promovidas de forma fragmentada no âmbito da estrutura governamental. Tal prática gera, na maioria das vezes, pulverização de recursos financeiros, materiais e humanos.

Sendo a água um bem público, e sabendo-se que os serviços de saneamento estão condicionados ao crivo da autoridade governamental, concedido à EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento, no Estado da Bahia na grande parte de seus municípios, a ela cabe a tarefa de conciliar interesses, normatizando o uso da água, efetuando sua cotização entre usuários, partilhando benefícios e ressarcindo a sociedade custos derivados desse uso, fiscalizando e controlando o abastecimento.

A necessidade de planejamento e gerenciamento do uso dos recursos hídricos se faz sentir, principalmente em locais onde as populações são mais deficientes de abastecimento, necessitam de melhorias na saúde e qualidade de vida, assim como necessidade de produção para subsistência, gerando para isso demandas que superam a capacidade natural de fornecimento de água.

A disponibilidade dos recursos hídricos, aliado aos distintos interesses sociais e econômicos, poderá resultar em várias alternativas quanto ao desenvolvimento planejado de uma região. O uso compartilhado dos recursos hídricos disponíveis, a melhor opção de distribuição de acordo com as prioridades de demandas, o atendimento abrangente e eqüitativo, e o desenvolvimento sustentável, passaram a ser o norte indispensável aos planejadores para melhor distribuição da água tratada (PORTO, 1997).

O estudo dos recursos hídricos, visando avaliação e busca das soluções quanto ao uso da água, considerada como recurso limitado e fundamental para abastecimento humano de comunidades carentes de uma região com várias opções de mananciais produtivos, como exemplo da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, busca uma solução através de estudos qualiquantitativos e levantamento de todas as variáveis necessárias para equacionar dados para a solução da redistribuição de água.

O planejamento da operação dos sistemas urbanos de abastecimento de água vem se caracterizando pelo desenvolvimento e aplicação de técnicas específicas de pesquisa operacional que visam subsidiar os projetos e a gestão operacional dos mesmos (TUCCI, 2004).

Uma bacia hidrográfica constitui-se na unidade básica consagrada de análise e planejamento sob o ponto de vista hidrológico. Considerações a cerca do planejamento regional tendo como base geográfica as bacias hidrográficas são muito importantes.

A definição, classificação e o estabelecimento de etapas do planejamento, deve seguir as fases de formulação dos objetivos, inventário e diagnóstico, proposição e comparação das alternativas e implementação da opção escolhida.

A consideração dos efeitos sinérgicos entre as diversas estruturas ou intervenções quaisquer previstas em uma bacia hidrográfica, isto é, as inter-relações entre elas e seus efeitos em relação aos multi-objetivos implicam em termos de termos tratar a questão dos recursos hídricos como um sistema.

2.4 Leis que instituem a política dos recursos hídricos e saneamento:

Em 8 de janeiro de 1997 foi promulgada Lei Federal nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como fundamentos principais: 1) A gestão dos recursos hídricos, visando proporcionar o uso múltiplo das águas, e, 2) A bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Alguns objetivos e diretrizes gerais mais importantes são: a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional.

Em 05 de Janeiro de 2007, foi sancionada a Lei Federal nº 11.445, que estabelece as diretrizes para a política de saneamento básico para o País. Alguns artigos da nova Lei são considerados muito importantes no que se refere ao exercício da titularidade, do planejamento, dos aspectos sociais e da política federal de saneamento básico, com relação ao direito efetivo do cidadão, sociedade, domicílios urbanos ou rurais, ao abastecimento d'água tratada. Do Artigo 1º ao Artigo 49º, ressaltamos:

- A Universalização – ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico;
- Garantia do atendimento essencial à saúde pública, inclusive quanto ao volume mínimo *per capita* de água para o consumo;
- Diagnóstico da situação e dos impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas, no que se refere ao abastecimento d'água;
- Incumbir à entidade reguladora e fiscalizadora, a verificação do cumprimento dos planos de saneamento por parte dos prestadores de serviços;

- Prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública, dentre elas o abastecimento d'água, aos cidadãos e localidades, com ampliação do acesso de sociedades de baixa renda aos serviços;
- Toda edificação permanente urbana será conectada às redes públicas de abastecimento de água;
- Garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares;
- Adoção da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento de suas ações;
- Priorizar planos, programas e projetos que visem à implantação e ampliação dos serviços e ações de saneamento básico, dentre eles o abastecimento d'água nas áreas ocupadas por populações de baixa renda;
- Adoção de mecanismos de planejamento, regulação e fiscalização da prestação dos serviços de saneamento básico.

Com a Lei 11.445 o conceito de saneamento básico foi ampliado de água e esgoto para os quatro componentes: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo e drenagem das águas pluviais e manejo de resíduos sólidos. Ela estabelece normas e procedimentos, que regulam a prestação de serviços de saneamento básico no País. Todos os municípios para terem acesso aos recursos do Governo Federal, terão obrigatoriamente e de forma organizada que apresentar um planejamento na área de saneamento básico. Eles terão que elaborar um Plano Municipal de Saneamento Básico a ser analisado pelo Ministério das Cidades.

A Constituição Federal diz que compete à União estabelecer diretrizes nacionais para o saneamento básico. Embora tenha sido aprovada uma política federal de saneamento básico, e, as políticas de saúde, de meio ambiente e de recursos hídricos sejam nacionais, o Congresso Nacional não aprovou a criação do Sistema Nacional de Saneamento Básico. Se assim fizesse, a organização seria sistêmica e ter-se-ia a União, Estados e Municípios organizados dentro do sistema, mas isso foi retirado do Projeto de Lei. Outro prejuízo é a questão do controle social no planejamento e na execução das ações de saneamento básico. A lei aprovada tem apenas um artigo, muito restrito, dizendo que os Estados e os Municípios poderão criar um Conselho Estadual ou Municipal de Saneamento Básico de caráter consultivo, e não deliberativo (MORAES, 2007).

Especificamente em relação à Bahia, o que muda com a Lei é que o saneamento básico passa a ter uma regulação que estabelece normas, procedimentos que devem ser seguidos pelos prestadores de serviço, sejam públicos ou privados. Agora, há ainda a necessidade de regulamentação do Conselho Estadual de Saneamento Básico, tripartite e de caráter deliberativo, como previsto no Artigo 229, da Constituição do Estado da Bahia.

O desafio é garantir água de forma regular e com qualidade a essa população e àquela que já é abastecida. Isto depende de políticas, planos, programas e projetos específicos e da utilização correta dos recursos financeiros, assim como do controle e fiscalização desses gastos, (MORAES, 2007).

A questão da deficiência de abastecimento d'água de algumas regiões carentes de uma bacia hidrográfica é resultado do mau planejamento, da má gestão operacional da empresa concessionária governamental e da falta de política regional e municipal.

A necessidade de água para consumo humano, o uso inadequado dos mananciais produtivos existentes, a degradação das matas ciliares, a poluição e o assoreamento de rios formam um conjunto de questões distribuídas entre causas e efeitos que geram o desabastecimento de água de populações humanas de povoados e comunidades. Tudo isso gera situação conflitiva a nível social e de saúde pública, a exemplo do que acontece na região escolhida para esse estudo, composta por vários municípios.

2.5 A interação entre Desenvolvimento e Meio Ambiente

Segundo Slocumbe (1993), as atividades de desenvolvimento humano se estendem e afetam todo o planeta. Meio ambiente e desenvolvimento não podem mais ser abordados separadamente, como implicam os conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade preconizados desde o início da década de 70.

O planejamento ambiental enfoca o ambiente biofísico de populações e comunidades e os efeitos decorrentes de outras atividades de planejamento e desenvolvimento. É mais descritivo e científico que os planejamentos tradicionais.

Em seus estudos, Slocombe (1993), concluiu que não há dúvidas quanto à necessidade da integração meio ambiente/desenvolvimento quando se aborda o planejamento integrado, porém desenvolver um novo mecanismo de planejamento que os integre não é uma tarefa fácil.

A ênfase nas necessidades locais, a autoconfiança e capacidade de organização, a definição de metas e participação e a adoção de uma abordagem sistêmica, estão no cerne daquilo que muitos vêem como necessidades críticas para se atingir a sustentabilidade.

2.6 A sustentabilidade e o planejamento integrado para o abastecimento d'água

De maneira ampla, a literatura relacionada ao saneamento, define a sustentabilidade como a auto-sustentação financeira, de garantias técnicas, operacionais e econômicas. Mas três componentes são considerados fundamentais: a comunidade, as condições ambientais e as opções tecnológicas, (BORJA, 2006).

A sustentabilidade também pode ser conceituada, no âmbito do saneamento ambiental, segundo Moraes (1999), como a:

“Capacidade para manter serviços e benefícios, a nível da comunidade e de entidades, sem gerar efeitos negativos sobre o ambiente, mesmo após assistência especial administrativa, financeira e técnica recebida. Ela é atingida quando do funcionamento correto dos sistemas e pela capacidade de desenvolvimento humano e institucional.”

Oliveira e Rutkowski (2000), comparam a sustentabilidade ao usufruto dos recursos naturais e dos bens de uso coletivo produzidos pelo homem, bem como a distribuição dos custos ambientais do desenvolvimento, portanto, saneamento é um “bem de uso comum”.

O problema dos conflitos decorrentes da disputa pela disponibilidade d'água, nas regiões mais carentes, a necessidade de abastecimento a muitas comunidades, utilizando os mananciais viáveis, disponíveis em uma bacia hidrográfica, requer a expansão do projeto de recursos hídricos ao atendimento simultâneo e integrado, a múltiplos usos, para atender aos padrões de demandas requeridas.

Outra vantagem do uso múltiplo e integrado está nas economias de investimentos e operacionais, fazendo com que a construção de um projeto integrado, que atenda a vários sistemas, seja mais vantajosa do que a de vários projetos isolados, passando a ser uma realidade que se apresenta com o crescimento econômico de forma sustentável. A essa abordagem adequada de tratamento da complexidade de problema, denomina-se de Planejamento Integrado, (PORTO, 1997).

O planejamento de recursos hídricos para o uso em sistemas de abastecimento d'água, segundo Loucks e Stendinger (1981), envolve economia, meio ambiente e impacto social.

O Brasil tem adotado a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento do uso e manejo de recursos naturais, procurando integrá-la à questão da ocupação urbana e sua dinâmica, Lei Federal nº 9.433/1997.

Em decorrência da crise de abastecimento de água em algumas bacias hidrográficas, o Estado de São Paulo criou a Lei nº 7663/91, que estabeleceu a forma de gerenciamento de recursos hídricos, adotando-se a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento. A atual divisão hidrográfica do Estado de São Paulo consta de 22 (vinte e duas) Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde se constituíram os Comitês de Bacias Hidrográficas, formados por representantes de órgãos do governo, prefeituras e sociedade civil, estabelecendo assim, um modelo de gerenciamento sistêmico.

2.7 A abordagem sistêmica para a distribuição d'água

A abordagem sistêmica tem sido o caminho para a aplicação de metodologias e filosofias de análise e síntese dos problemas e questões organizacionais relacionadas ao meio ambiente, tratando o mundo em termos de relações e integrações. Esta concepção está relacionada à busca de soluções de problemas complexos, como os relacionados a Sistemas Integrados de Abastecimento D'Água – SIAA. Um modelo matemático de simulação, pode ser usado para a representação mais dinâmica do sistema.

Em geral equações e inequações de balanço hídrico, representam bem quando se formula matematicamente a dinâmica dos recursos hídricos. Esta abordagem implica em uma maior utilização de ferramentas computacionais de análise, que sejam capazes de manipular grandes

quantidades de dados e gerar novas informações e conhecimentos, a serem usados no processo de gerenciamento e tomada de decisão.

Segundo Grigg (1997), o pensamento sistêmico é uma maneira de se aplicar filosofias e metodologias sistemáticas para analisar e sintetizar problemas complexos e temas organizacionais.

Pesquisadores nos campos de planejamento regional, ciência regional, geografia e economia urbana mostraram que crescimento e desenvolvimento podem ser explicados somente de maneira sistemática, ou seja, levando-se em conta fatores múltiplos de interação.

Grigg (1996), definiu a análise de sistemas como:

“A aplicação de modelos e bancos de dados baseados em computador para analisar sistemas numa base holística, de maneira a mostrar como os elementos do sistema interagem entre si e com os seus ambientes externos.”

Em seu estudo sobre gerenciamento de recursos hídricos, Grigg (1996) definiu a sua abordagem sistêmica como um método sistemático para conceituar o sistema de recursos hídricos e utilizar ferramentas de análise de sistemas (bancos de dados, modelos, Sistemas de Informações Geográficas – SIG, etc), para identificar e avaliar estratégias de gerenciamento. Citou ainda, que a abordagem sistêmica, no âmbito do planejamento integrado, implica no maior uso de ferramentas de informática capazes de integrar e processar grandes volumes de informações, geralmente tratadas de forma temática, de maneira a servir de suporte ao processo de tomada de decisão.

Projetar significa analisar, ou seja, determinar o comportamento do sistema existente que está sendo projetado, ver se a performance está de acordo com as especificações. Com o estudo de hidro-sistemas a maior parte dos problemas podem ser resolvidos, de tal forma que conseguimos maximizar os benefícios, determinando a escala e dimensão otimizada de vários componentes do sistema, assim como determinando a operação otimizada dos mesmos, (MAYS e TUNG, 1992).

2.8 A pesquisa operacional e a análise de sistemas de abastecimento por modelos matemáticos

A pesquisa operacional consiste na identificação de técnicas para planejar, configurar, equacionar e modelar as soluções adequadas para os sistemas em questão.

A análise de sistemas utilizando-se técnicas de pesquisa operacional, tem um excelente resultado no sentido de facilitar e dinamizar as atividades dos setores de recursos hídricos, quando utilizados *softwares* de informática específicos.

Os modelos computacionais são úteis para a estruturação lógica dos problemas de abastecimento de água, a possibilidade de otimização dos resultados e a dinamização dos processos, visto o armazenamento de grandes quantidades de informações, processamento ágil das mesmas, capacidade de execução rápida de cálculos interativos e complexos, e fácil exposição de informações e resultados, tornando essas ferramentas importantes e de simplicidade para o referido uso.

A Otimização

No estudo dos sistemas hídricos, as técnicas simplificadas de análise e solução evoluíram para os modelos usuais de simulação ou de otimização, ou seja, simular o comportamento da realidade, que os sistemas representam e otimizar os processos decisórios que atuam sobre esta realidade.

O termo otimização ou programação, refere-se a formulações matemáticas as quais algoritmos são usados para computar um grupo de valores de variáveis de decisão que minimizam ou maximizam uma função objetivo, sujeita a restrições. Comparados aos modelos de simulação, a grande vantagem que os modelos de otimização apresentam é que estes também simulam o sistema, (WURBS, 1993).

Modelos de programação matemática podem ser caracterizados como otimizantes e não-otimizantes. Os modelos otimizantes buscam solução final obtida pela minimização ou maximização de uma função objetiva. Os modelos não-otimizantes são utilizados com o objetivo de representar ou simular um sistema.

Os problemas mais usuais onde podem ser usados os modelos de otimização, após a análise do processo e das variáveis, determinação dos critérios e das funções, coeficientes e expressões matemáticas, segundo Mays e Tung (1992), são: operação de reservatórios, operação de sistemas de irrigação, operação de aquíferos em bombeamento e revezamento de abastecimento, projetos de custos mínimos e operação de sistemas de adução e distribuição de água.

Os modelos de otimização, podem também ser aplicados em problemas com benefícios diferentes, custo ou redes de benefícios de diversos planos, estendendo-se ao método de engenharia econômica. O objetivo econômico requer evolução e benefícios para cada plano selecionado em particular ou todos os planos que serão de benefício máximo, (LOUCKS e BEEK, 2005).

A aplicação de técnicas de otimização em sistemas de recursos hídricos têm sido usada para busca de parâmetros, para modelos hidrológicos, através de calibração, (TUCCI, 1998).

A utilização de um modelo de otimização baseado em algoritmos genéticos, associado a um modelo de simulação, hidrológico-hidráulico, que objetiva avaliar alternativas de solução para os problemas de inundações em bacias hidrográficas urbanas, mostram resultados em potencial na minimização dos custos de intervenções estruturais, atingindo a solução ótima no controle das inundações de bacias, (CRUZ e TUCCI, 2007).

São técnicas para solução de problemas de otimização: a Programação Não Linear (PNL), a Programação Linear (PL), Programação Inteira Linear (PIL), Programação Dinâmica, dentre outras.

Na Programação Dinâmica os problemas são vistos como processos de decisão sequencial, em vários estágios (pontos onde deve ser feito uma decisão). Portanto, são técnicas apropriadas para problemas bem mais complexos e estocásticos, de objetivos múltiplos ou conflitantes, ou problemas que podem dificultar o processo de decisão. Nessa técnica a busca do ótimo é dificultada pelo número de possibilidades que devem ser analisadas a cada estágio. Alguns problemas têm aplicações recomendadas para a Programação Dinâmica: capacidade de

expansão de sistemas de abastecimento d'água e o planejamento da operação de sistemas de reservatórios (barragens) (PORTO, 1997 e LOUCKS, 1981).

A Técnica de Programação Não Linear, é a mais abrangente, extensiva, e é aplicada nos problemas com funções não-lineares: polinomiais, logarítmicas, etc, e também funções lineares ou linearizadas.

A Programação Linear (PL) é forma bastante usual de otimizar os resultados de um problema equacionando através de funções do tipo linear. Usam-se os modelos PL em problemas limitados a atividades em competição, achando-se o resultado da melhor maneira possível ou da maneira “ótima”. Como exemplo, têm-se os problemas de alocação de recursos hídricos em hidro-sistemas multiusuários. A programação Inteira Linear (PIL), é usada quando da necessidade de simplificação de funções não-lineares, através de sua linearização.

Nos modelos de Programação Linear existem quatro hipóteses básicas: a Proporcionalidade, diz respeito à função objetivo e às restrições; a Aditividade, permite que as funções entre as variáveis possam ser somadas de forma independente (restrições e função objetivo); a Divisibilidade, admite que as variáveis de decisão possam assumir valores fracionários e os coeficientes constantes (PORTO, 1997).

Um exemplo característico do uso do modelo de Programação Linear é o da análise econômica de propostas para usos ótimos de água no setor agrícola, quando o recurso é limitado e insuficiente para suprir todas as demandas, causando conflitos entre os irrigantes. No caso de canais de irrigação, para atender a uma complexa malha de usuários, com diferentes tendências, práticas agrícolas e considerando a gestão do corpo hídrico, o uso da PL, neste estudo, possibilitou a avaliação de influências de diferentes critérios de alocação de água, otimizada, e passa a ser a situação de solução de conflitos existentes, como principalmente a de retorno líquido ótimo global. Os resultados também evidenciaram a necessidade de manter a gestão desses recursos hídricos uma prática participativa e descentralizada, (GETIRANA, AZEVEDO e MAGALHÃES, 2007).

Alguns problemas usando a Programação Linear, ou Inteiro Linear tais como: modelos de reserva e produção de reservatórios para distribuição, que requerem planejamento e técnicas de aplicação de análise de sistemas integrados, são explicados por Loucks e Stenderinger

(1981), assim como os problemas de minimização de custo de transporte d'água para abastecimento, usando *gams*, foram propostos e explicados também por Mays e Tung (1992).

Outro interessante problema, exemplo de minimização de custos no abastecimento de uma indústria, por duas opções de mananciais subterrâneos (poços), usando a PL, onde o custo anual em função das vazões é apresentado em gráficos, mostrando-se um resultado com custo otimizado, diferente dos custos das soluções individuais ou somadas, (LOUCKS e BEEK, 2005, e PORTO, 1997).

Neste Projeto, que contempla alguma semelhança ao problema anterior, (unidade de demanda sendo abastecida por várias opções de poços), se as funções de custos finais forem lineares ou linearizadas, onde deseja-se planejar a alocação (adução) de água para as Unidades de Distribuição dos Aglomerados de povoados, através de várias opções de oferta, visando a minimização dos custos totais de transporte, caberá a aplicação do modelo de Programação Linear ou Programação Inteira Linear.

Programas computacionais para a Programação Linear

A forma de descrição de programas computacionais, a seqüência de dados, os estágios, códigos, a entrada e saída de dados, assim como a análise das soluções otimizadas, requer um conhecimento específico do *software* a utilizar, (LOUCKS e STENDINGER, 1981).

Para a solução de problemas de Programação Linear e de Programação Inteira Linear, existem atualmente vários *software* disponíveis. Problemas propostos com esses modelos são amplamente adequados o uso do Programa Linear *Iterative and Discret Optimizer* – *LINDO*, ou mais especificamente a versão *LINGO*, pela simplicidade de aplicação e por ser mais adequada à interatividade do problema, que usará equações lineares, variáveis de decisão independentes, assim como diversas restrições condicionantes, conforme recomenda Porto (1997).

CAPÍTULO 3 REGIÃO ESTUDADA

Neste Capítulo é descrita a região onde se localiza a área foco deste trabalho. Começa-se por caracterizar a bacia hidrográfica, na qual essa área se insere, cujo rio de vertente é o Itapicuru. A mesma, porém, apresenta grande extensão territorial além de uma diversidade de ambientes, onde se identifica também uma vasta disponibilidade dos recursos hídricos, assim como nas condições de distribuição desses recursos às populações. Introduzida a bacia hidrográfica, restringe-se o foco com a identificação de suas áreas mais carentes em termos da infraestrutura de abastecimento de água e que apresenta-se neste texto como “macro região carente”. Para fins da aplicação de procedimento de otimização como ferramenta auxiliar ao planejamento de sistema macro de distribuição dos recursos hídricos, neste caso visando o abastecimento a comunidades, elegeu-se uma parcela da macro região carente, a qual será referida adiante como “Região Piloto”.

3.1 Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru

A Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, localizada na região nordeste do Estado, constitui uma das maiores bacias dos rios de domínio inteiramente estadual, ocupando uma área da ordem de 37.000 km², e englobando 45 municípios, com uma população total de 1.086.000 habitantes. Esta bacia tem mais de 90% da sua superfície localizada no polígono das secas, sob o domínio de clima semi-árido, convivendo freqüentemente com os problemas decorrentes das estiagens, com sérias conseqüências econômicas e sociais, (Plano Diretor Estadual de Recursos Hídricos-PDRH-Bahia, 2004). A Figura 01, abaixo, apresenta a localização dessa bacia, assim como a Figura 02, pode-se observar a divisão das zonas topográficas (alta, média e baixa) e seus potenciais mananciais de superfície e subterrâneos.



Figura 01 - Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado da Bahia. Destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

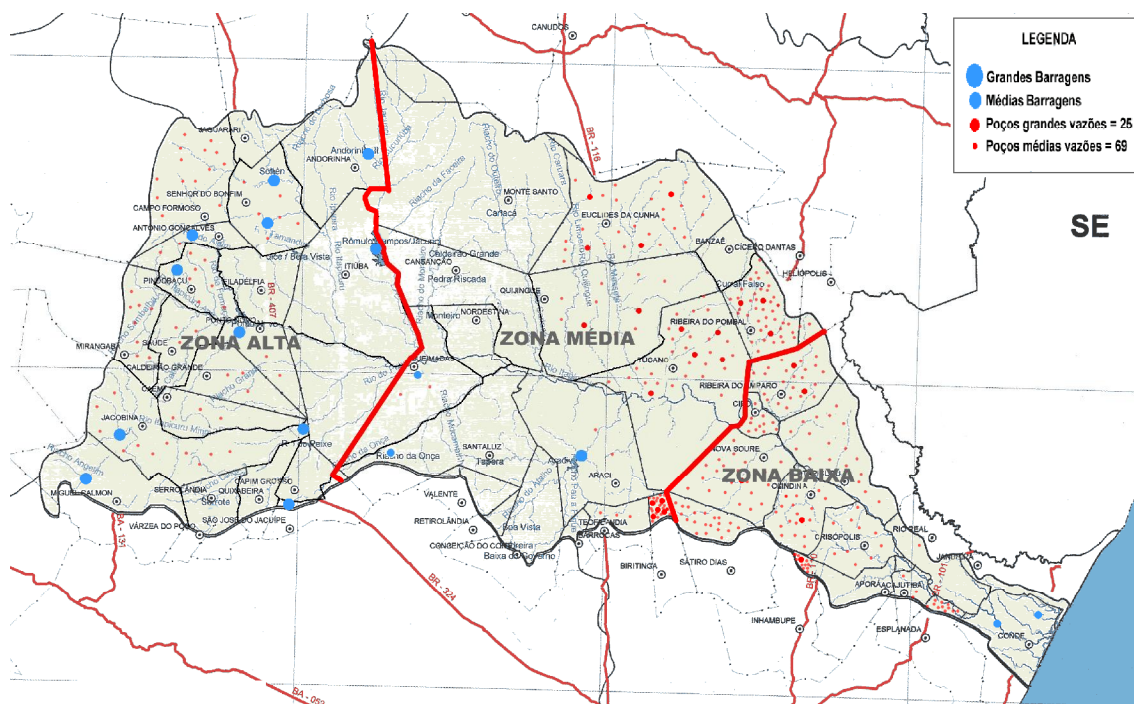


Figura 02 – A Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru: Municípios, divisão de zonas (alta, média e baixa) e potenciais mananciais (poços). (Com base em informações de EMBASA, CERB e SRH, nov/2006)

Segundo a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM, e a Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia –SEAGRE (BAHIA,2007), as atividades econômicas de maior expressão na bacia são a mineração, a agropecuária e a silvicultura. Na área mineral destacam-se as explorações em larga escala de ouro, cobre, cromo, manganês, esmeraldas, calcário, mármore e granitos, todos elas concentradas nos trechos médio e superior da bacia.

As atividades agrícolas, embora prejudicadas pela estiagem, estão presentes em toda a extensão da bacia, com destaque para os cultivos de feijão, milho e mandioca, que ocupam uma área de 445.000 hectares, com uma produção anual da ordem de 600.000 toneladas. Na região média da bacia tem grande expressão econômica a cultura do sisal, com uma área plantada de 35.000 hectares. A agricultura irrigada é ainda incipiente na região, devido as limitadas disponibilidades de água.

A pecuária bovina é bastante expressiva na bacia, com um rebanho na ordem de 1.500.000 de animais, representando quase 13% do rebanho estadual. Os criatórios de caprinos e ovinos estão difundidos em todo o trecho semi-árido da bacia, onde estão localizados 27% do rebanho estadual de ovinos e 16% do rebanho de caprinos. Como em todo o semi-árido

baiano, a pecuária é bastante limitada pela pouca oferta de água nos períodos de secas, o que tem provocado a redução contínua dos rebanhos bovinos na região.

Na Figura 03, vê-se a hidrografia da bacia, mostrando a formação do Rio Itapicuru, assim como a divisão dos trechos alto (zona alta), médio (zona média) e trecho baixo (zona baixa), conforme apresentado pela então Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (BAHIA, 2007), hoje, Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ.

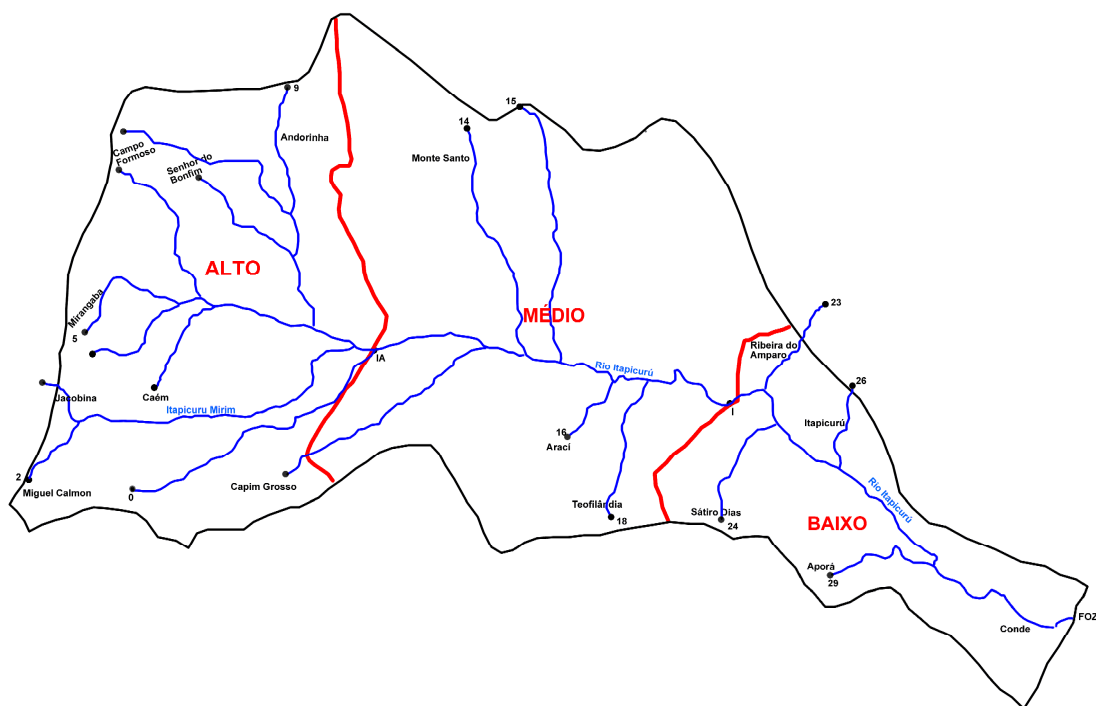


Figura Nº 03 – A Hidrologia - Afluentes de formação do Rio Itapicuru na Bacia Hidrográfica
Fonte: SRH/BAHIA – Março/2007

Conforme o Plano Diretor de Recursos Hídricos - Bahia, 2004, (PRIMO, 2003), nas zonas média e baixa da bacia, sob o domínio de clima semi-úmido, viceja a silvicultura, com exploração intensiva de florestas comerciais, com cerca de 60.000 hectares plantados. Ainda nesta região, encontra-se em forte expansão a exploração da fruticultura, com predomínio do caju, acerola, abacaxi, laranja e maracujá.

A forte presença das atividades mineradoras (SEAGRE,2007), com impactos qualitativos e quantitativos sobre os mananciais, e as restrições às atividades agropecuárias motivadas pela irregularidade e insuficiência das precipitações pluviométricas, são indicadoras da necessidade de ação do Estado para ordenar e promover o desenvolvimento da região a partir dos recursos hídricos.

Destaca-se também nesta região a existência das apreciáveis reservas de águas subterrâneas da bacia sedimentar de Tucano, cuja exploração racional e sustentada deverá garantir uma oferta permanente de água para o abastecimento humano e para desenvolvimento da agropecuária em toda a região do baixo/médio Itapicuru.

Exploração e usos atuais das águas subterrâneas

Para o presente estudo foram utilizadas informações de 540 poços cadastrados no banco de dados da Companhia de Engenharia Rural da Bahia – CERB, dos 1.289 poços tubulares perfurados na área da bacia. Estes poços estão distribuídos de forma heterogênea por toda a área da Bacia do Rio Itapicuru, observando-se uma maior concentração na região da Bacia Sedimentar de Tucano, localizado na zona média, devido sobretudo a boa potencialidade dos aquíferos dessa formação geológica.

Conforme extraído do Plano Diretor Estadual de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Itapicuru (BAHIA, 2004), a partir desses poços foi feita a caracterização dos sistemas aquíferos e uma avaliação do potencial dos recursos hídricos subterrâneos.

Determinou-se um volume de água da ordem de $9,94 \times 10^6$ m³/ano, que vem sendo explorado principalmente para consumo humano, através do abastecimento de sedes municipais, distritos e inúmeras localidades rurais na área da bacia.

Devido à importância das águas subterrâneas como manancial para atendimento às diversas demandas da bacia, foram analisadas as características físico-químicas das águas e a sua adequabilidade para os diversos usos.

Foi realizado estudo estatístico das análises físico-químicas das águas, constantes no banco de dados da CERB, com relação aos parâmetros: sólidos totais, cloretos e dureza. Foram

determinados os valores médios destes parâmetros para cada uma das unidades aquíferas ocorrentes na bacia.

O sistema aquífero de maior potencialidade de exploração nessa região é a bacia sedimentar de Tucano. O potencial hidrológico desta bacia vem sendo estudado desde a década de 60.

Esse PDRH, também assegura que por meio do levantamento hidrogeológico básico da bacia sedimentar de Tucano, trabalho realizado pelo Governo do Estado, através de um Convênio entre a CERB e o DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra as Secas), quanto a qualidade química das águas, não existem restrições para o emprego de 86% das águas subterrâneas do aquífero para irrigação na Bacia do Itapicuru.

Analisando os dados apresentados e comparando com os índices de potabilidade recomendados pela OMS, pode-se concluir que, de uma maneira geral as águas dos aquíferos metassedimentar, cárstico e sedimentar, da área da bacia, em sua expressiva maioria se prestam para o abastecimento humano, assim como para dessedentação de animais.

Os principais indicadores sobre a capacidade de produção e sobre as potencialidades de exploração dos seus recursos hídricos estão resumidos a seguir.

Infra-estrutura hidráulica atual

Devido ao fato de ter mais de 80% da sua área inserida no Polígono das Secas, a Bacia do Rio Itapicuru vem sendo objeto de numerosos programas governamentais de combate às secas e de implantação de obras para aproveitamento dos recursos hídricos.

Os 45 municípios integrantes da bacia contam atualmente com 30 barramentos de médio e grande porte e cerca de 1.289 poços tubulares, distribuídos por toda a área (Figura 02). As principais características da infraestrutura hidráulica atual são:

Barragens

A totalidade dos 30 maiores barramentos existentes na bacia está localizada nos trechos médio e superior da mesma, onde é mais comum a presença de cursos d'água intermitentes e onde as

condições fisiográficas proporcionadas pelo domínio do cristalino, favorecem a ocorrência de sítios com condições geológicas, geotécnicas e de estanqueidade propícias para a implantação de barramentos. A maioria dos açudes de pequeno e médio porte foram construídos pelas Prefeituras Municipais e por Órgãos Estaduais, principalmente a CERB, a CAR (Companhia de Ação Regional) e a EMBASA, e se destinam principalmente para o abastecimento urbano.

Os açudes de médio e grande porte foram implantados pelo DNOCS, geralmente destinados a usos múltiplos: abastecimento, irrigação e piscicultura. Não existe nenhum aproveitamento hidroelétrico na bacia.

Poços tubulares

De acordo com os dados pesquisados na CERB, nos 54 municípios da bacia foram identificados 1.289 poços tubulares, dos quais 196 são poços secos e 1.087 estão em operação. As maiores concentrações de poços estão nos Municípios de Euclides da Cunha (113), Jacobina (110), Campo Formoso (77), Ribeira do Pombal (62) e Tucano (47).

O banco de dados da CERB possui um sistema cadastral dos poços tubulares, onde estão registrados as características litológicas, os níveis, as vazões e os parâmetros de qualidade das águas. Com base nos dados operacionais dos 508 poços cadastrados pela CERB, que apresentaram vazões suficientes e compatíveis com os usos, foi estimado o volume de água subterrânea explorada anualmente na bacia. Foi admitido que estes poços operam com 70% de sua capacidade nominal, com um período médio de bombeamento de 8h/dia.

Os poços localizados na bacia sedimentar de Tucano apresentam as maiores vazões, chegando a atingir 440 m³/h em poços localizados no Município de Ribeira do Pombal. As menores vazões, como indicado pelos estudos hidrogeológicos, ocorrem nos aquíferos cristalino e cristalino/cobertura, a exemplo dos Municípios de Pindobaçu e Cansanção.

Os poços tubulares são utilizados predominantemente para o abastecimento humano, e, em pequena escala, para a irrigação e para a dessedentação de animais.

CAPÍTULO 4 METODOLOGIA

4.1 Definição da Macro-região carente de abastecimento e da Região Piloto em estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru possui um grande número de unidades de captação, que abastecem os subsistemas (individuais ou integrados) dos municípios. No entanto, embora tenha capacidade de abastecimento de todos os distritos, povoados e comunidades, assim não acontece, deixando claro a desordenação sistêmica, ficando a maior parte dessa região com abastecimento de água precário ou parcialmente desabastecida.

Neste estudo foi mostrada uma região de abastecimento deficiente, designada de Macro-região carente, onde ocorre má utilização do potencial produtivo dos mananciais, visto que apenas é atendida uma pequena parcela da população. Muito embora exista disponibilidade de água em quantidade suficiente e qualidade aceitável em mananciais de superfície e subterrâneos da referida região, caracterizados por grandes barragens com expressivos volumes armazenados, baixas salinidades e poços com grandes vazões, existe uma grande deficiência no abastecimento de água. Não há infraestrutura de distribuição visando atender a maioria das comunidades. Na Macro-região carente definiu-se a Região Piloto, para os devidos estudos deste Projeto.

A definição da Região Piloto, dentro de uma macro região carente de abastecimento, não apenas visa delimitar uma área para estudo, como ter-se uma escala adequada para a aplicação da metodologia de modelagem e, ainda, ter como exemplo para ser estendido a toda a bacia hidrográfica, ou ser replicado a outras regiões de dimensões similares ou diferentes.

Para a escolha da Região Piloto, procurou-se definir uma área que bem caracterizasse a carência de abastecimento. Embora situada nas proximidades do Rio Itapicuru, este não configura manancial suficiente e adequado para abastecimento dessas localidades. Alternativamente, a região é localizada sobre área com significativo potencial hídrico subterrâneo, no caso a bacia sedimentar de Tucano. Foi então definida sua localização ao lado esquerdo do Rio Itapicuru, formada pelo Município de Quijingue e parte do Município de

Tucano (Figura nº 04), estabelecida sobre mananciais subterrâneos, onde foram cadastrados os povoados e localidades de toda a área.

4.1.1 Critérios para a definição da Região Piloto na Macro-região carente

Os critérios abaixo foram considerados para a definição das localidades que constituiriam a referida Região Piloto:

- a) Possuir sistema simplificado de abastecimento d'água, tendo ou não rede de distribuição, com fornecimento contínuo, mas precário, em função de fatores diversos;
- b) Possuir sistema simplificado de abastecimento d'água obsoleto e eventual, sendo o abastecimento complementado por meio de carros pipa;
- c) Não dispor de abastecimento algum de água, sendo servidos apenas pelo sistema individual de transporte, através de carros pipa;
- d) Estarem posicionadas na mesma margem do Rio Itapicuru (esquerda), para facilitar a distribuição gravitacional de água a partir das unidades de reserva, que foram posicionadas nos pontos mais altos dos aglomerados de povoados, obedecendo a topografia da região.

4.2. Cadastramento de dados da região em estudo

O cadastramento dos povoados e localidades e a informação sobre suas populações, foi realizado por meio de questionários de pesquisa nas Secretarias de Saúde, valendo-se do Programa de Saúde Familiar (PSF), das Prefeituras de Tucano e Quijingue (Apêndice A - Quadros AN1 e AN2 – Anexo AN). A localização dos povoados foi definida por georeferenciamento e demarcada em mapa, a partir de onde foram então definidos os aglomerados, por procedimento gráfico. Foram então definidos seis (06) aglomerados, formados por sedes dos municípios, povoados e comunidades expressivas da Região Piloto, conforme Figura nº 04, a seguir.

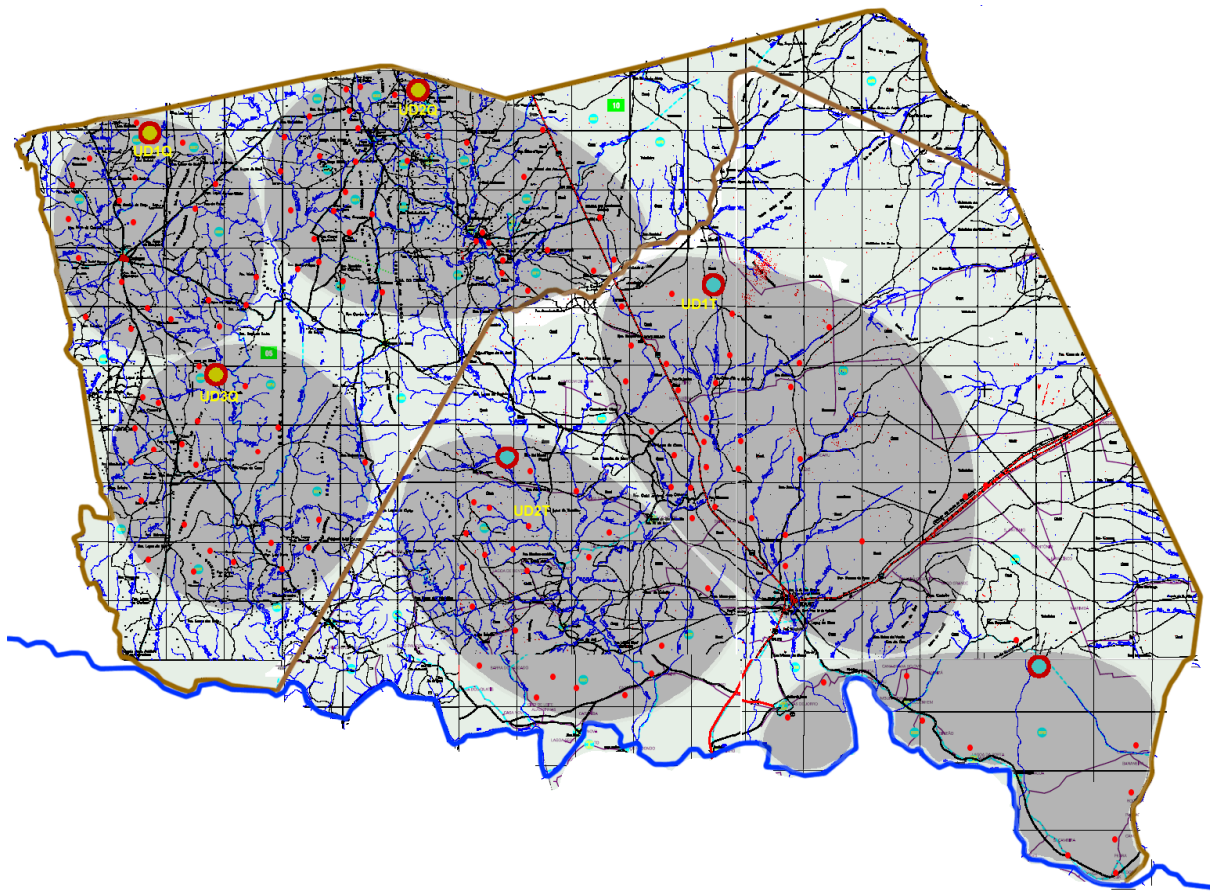


Figura 04 - Região Piloto: aglomerados de povoados de Quijingue e Tucano Norte

Definiram-se os possíveis pontos de produção de água, mais viáveis, considerando os poços cadastrados, para que pudessem constituir opções de abastecimento aos aglomerados de povoados da região estudada. Sua definição levou em conta a viabilidade quanto à qualidade da água, vazões de produção, distâncias às unidades de distribuição e com autonomia satisfatória para um período mínimo de fornecimento durante dez anos.

Após terem sido locados os povoados e localidades expressivas da Região Piloto, agrupadas em aglomerados, foram posicionadas as Unidades de Distribuição, que deverão receber as vazões aduzidas a partir dos Pontos de Produção (Figura 04). As Unidades de Distribuição, na realidade, deverão reunir unidades de tratamento, reserva e distribuição para os povoados através de sub-adutoras. As demandas identificadas por aglomerados definiram as vazões de abastecimento de cada Unidade de Distribuição.

4.3 Critérios para classificação do nível de consumo dos municípios da Região Piloto

Na Tabela A01 – Apêndice A, podemos destacar, além dos percentuais das áreas dos municípios pertencentes à bacia, suas populações proporcionais e a classificação quanto ao porte do consumo d'água dos mesmos. Para isso adotou-se o seguinte critério:

- Pequeno porte: População até 7000 habitantes e consumos até 1.000 m³/dia
- Médio porte: 7000 hab. \leq População \leq 35000 hab; e
1000 m³/dia \leq consumos \leq 5.000 m³/dia
- Grande porte: População \geq 35.000 habitantes e consumo \geq 5000 m³/dia

4.4. Pesquisa da situação de abastecimento nos municípios da Região Piloto

O método utilizado para a pesquisa da situação de abastecimento dos povoados e localidades dos municípios da Região Piloto, foi o da aplicação de questionários nas sedes desses municípios e nos povoados, onde se constatou que a maioria das populações apresentam situação precária de abastecimento ou são desabastecidas de água. Nos Quadros C2 e C3-Apêndice C, é apresentado um resumo desses questionários.

A Tabela nº 01, abaixo mostra as populações dos aglomerados de Tucano e Quijingue inseridas na área de estudo, representando a maioria da população desses municípios (> 70%) de acordo com os dados fornecidos oficialmente pelo Programa de Saúde Familiar – PSF, das referidas Prefeituras (resumo dos Quadros C2 e C3-Apêndice C). Ainda, nesta Tabela, são mostrados os percentuais de abastecimento da Região Piloto, definida para o estudo.

Tabela nº 01 - Percentuais de povoados e das populações, abrangidas na área de estudo

	POVOADOS ABASTECIDOS		POPULAÇÃO ABASTECIDA	
	TUCANO	QUIJINGUE	TUCANO	QUIJINGUE
FORNECIDOS pela Prefeitura	66 Povoados	107 Povoados	43.367 habitantes	24.404 habitantes
ABRANGIDOS na área em estudo	45 Povoados (68%do informado)	66 Povoados (62%do informado)	35.910 habitantes (83%da informada)	17.694 habitantes (73%da informada)

4.5 Critérios de escolha dos mananciais e definição dos Pontos de Produção

Para a escolha dos mananciais Pontos de Produção de água disponíveis e utilizados no sistema proposto, procedeu-se pesquisa sobre os poços cadastrados, através de dados fornecidos pela CERB (Tabelas B1, B2, B3 e B4) e realizada seleção entre os mesmos de acordo com os critérios de potabilidade e vazão, descritos a seguir:

- a) Mananciais subterrâneos de sistemas de abastecimento d'água, existentes e com localização afastada da Estação de Tratamento de Água – E.T.A, e conseqüentemente, do reservatório de distribuição, levando-se em consideração a qualidade da água, distância da unidade de distribuição e condições de gradiente hidráulico definidas pela topografia.
- b) Mananciais subterrâneos, isolados, mais próximos, existentes nos arredores e que atendam à viabilidade quanto à qualidade, vazões de produção e distância à unidade de distribuição.

Foram adotados, como parâmetros de potabilidade de qualidade de água e produção, dos mananciais Pontos de Produção, nos índices de cloretos, dureza e vazão explotável, os limites a seguir, mais exigentes, mas não correspondentes aos padrões referenciais da OMS ou Ministério da Saúde:

- Índice de cloretos ≤ 150 mg/L
- Índice de dureza ≤ 200 mg/L
- Vazão explotável ≥ 30 m³/h

A escolha dos mananciais para serem considerados neste estudo iniciou pela pesquisa dos poços com água de qualidade e vazões expressivas, cadastrados na região, podendo estes pertencerem a duas situações:

- 1) Mananciais utilizados pela concessionária operadora ou outros órgãos/entidades como unidades de captação de sistemas de abastecimento d'água existentes;
- 2) Outros mananciais (poços) que ainda não estão sendo utilizados como unidade de captação de sistemas de abastecimento d'água.

Da seleção de mananciais que se enquadrariam nos padrões definidos anteriormente, foram identificados por critério de maiores vazões explotáveis os que constam na Tabela nº 02. Definiu-se 40m³/h como valor de vazão referencial mínimo, considerando ser a vazão mínima suficiente para o abastecimento de um aglomerado de povoados de pequeno porte (população até 7000 hab e demanda até 1000 m³/dia). Com base nisso, foram estabelecidos os denominados Pontos de Produção, os quais foram considerados no estudo de otimização das alternativas de adução.

Tabela nº 02 – Mananciais selecionados: Pontos de Produção

Município	Sigla	Local	Vazão explotável (m ³ /h)
TUCANO	PP ₁ T	Olhos D'Água	71,27
	PP ₂ T	Campinhos 1	210,00
	PP ₃ T	Campinhos 2	210,00
	PP ₄ T	Tiririca	72,00
QUIJINGUE	PP ₁ Q	Crú	248,00
	PP ₂ Q	Terra Branca	158,00
	PP ₃ Q	Macete	39,60
	PP ₄ Q	Cazambu + Éguas	42,29

4.6 Definição das Unidades de Distribuição para os aglomerados de povoados e suas demandas hídricas

Existe uma grande quantidade de povoados a serem abastecidos, espalhados difusamente na Região Piloto. O nível de detalhamento deste estudo, considerado como um planejamento a nível regional, levou a se definir pontos centrais de recebimento das águas aduzidas para tratamento e posterior distribuição aos povoados do seu entorno. Assim, uma vez definidas as opções de captação de água (Pontos de Produção) foram locadas Unidades de Distribuição (UDs) a partir das quais sua água tratada seria redistribuída a aglomerados de povoados de seus entornos por sub-adutoras. As UD's foram posicionadas de forma que o regime pudesse ocorrer por gravidade, com isso prescindindo de estações de recalque, logo reduzindo custos. O Quadro nº 01 e a Figura nº 05 exemplificam os sistemas descritos, mostrando as UD's atendendo seus aglomerados de povoados por sub-adutoras. As sub-adutoras não são objeto de otimização no presente estudo.

As Unidades de Distribuição (UDs), de tratamento e reserva que recebem água aduzidas dos Pontos de Produção, foram localizadas estrategicamente em posição geográfica bem definida da Região Carente, com a finalidade de distribuir através de sub adutoras, água tratada de

forma satisfatória para o abastecimento dos aglomerados de Povoados de toda essa região, pelo período de plano definido.

Quadro nº 01 – Os aglomerados e o sistema de distribuição das águas aduzidas
(UDs-povoados)

Município	Aglom.	UD	Sub- adutoras
Quijingue	1	UD1Q	a1, a2, a3, ...
	2	UD2Q	a4, a5, a6, ...
	3	UD3Q	a7, a8, a9, ...
Tucano	1	UD1T	a7, a8, a9, ...
	2	UD2T	a10, a11, a12, ...
	3	UD3T	a13, a14, a15, ...

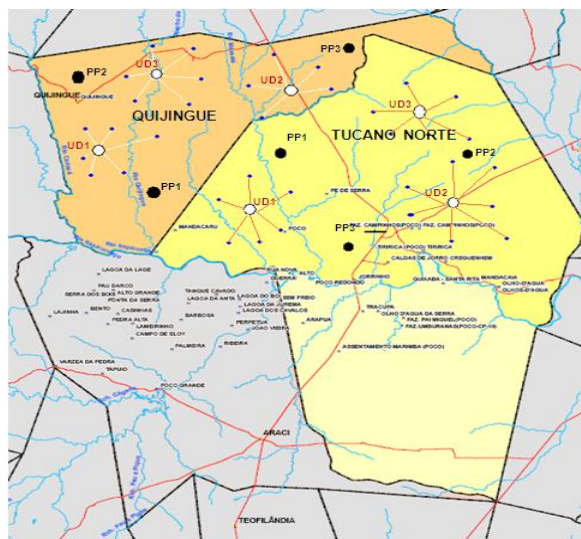


Figura nº 05 – A Região Piloto (Quijingue e Tucano Norte), os PPs e as UD's com distribuição para os aglomerados de povoados

A vazão de demanda do povoado “i” (Q_i) foi calculada com os dados de populações fornecidos pelos questionários de pesquisa das Prefeituras, para fim de Plano de Projeto, sendo considerados como satisfatórios, visto que seria indiferente caso fosse usado o mesmo coeficiente multiplicativo para todos os povoados, uma vez que, para efeito comparativo entre os custos das adutoras, com a otimização, as conclusões não alterariam. Não foi possível identificar qualquer diferenciação entre os povoados que justificassem taxas de crescimento populacional diferenciadas.

De posse da relação dos povoados da área em estudo com suas respectivas populações, foram quantificadas as demandas por aglomerados, assim definindo as necessidades de adução (vazões médias) à cada Unidade de Distribuição, conforme esquematizado na Tabela nº 03.

Foi estabelecido, para efeito de cálculo das referidas demandas, um consumo per capita de 120 L/hab/dia. Considerando esse consumo per capita e 12 horas de operação diária do sistema de adução, essa demanda ficou assim definida (para resultados, ver as tabelas A3 e A4 – Apêndice AP).:

$$Q_i = (POP_i \cdot Pc) / (12 \cdot 3600)$$

onde:

Q_i = vazão de demanda do povoado i (L/s);

POP_i = população do povoado i (habitantes);

Pc = consumo per capita = 120 litros / hab / dia

Tabela nº 03 – Aglomerados de povoados – cálculo das demandas das UD's

AGLOMERADO	UD	POVOADO	POPULAÇÃO	DEMANDA	
				DO POVOADO	UD
1	UD1	Q1	pQ1	qQ1	QUD1
		Q2	pQ2	qQ2	
		Q3	pQ3	qQ3	
		Qn	pQn	qQn	
2	UD2	Q4	pQ4	qQ4	QUD2
		Q5	pQ5	qQ5	
		Q6	pQ6	qQ6	
		Qn	pQn	qQn	
3	UD3	T1	pT1	qT1	QUD3
		T2	pT2	qT2	
		T3	pT3	qT3	
		Tn	pTn	qTn	
4	UD4	T4	pT4	qT4	QUD4
		T5	pT5	qT5	
		T6	pT6	qT6	
		Tn	pTn	qTn	
5	UD5	T7	pT7	qT7	QUD5
		T8	pT8	qT8	
		T9	pT9	qT9	
		Tn	pTn	qTn	
6	UD6	A1	pT1	qA1	QUD6
		A2	pT2	qA2	
		A3	pT3	qA3	
		A.n	pTn	qAn	

4.7 O sistema de adutoras (PPs → UD): Pontos de Produção / Unidades de Distribuição

Após a definição dos Pontos de Produção hídrica da Região Piloto, com suas vazões explotáveis definidas, assim como das Unidades de Distribuição (UDs) de cada aglomerado de povoados, foram traçadas as combinações de adutoras entre eles, que representam todas as alternativas de abastecimento possíveis a esses aglomerados, que compõem a Região Piloto. (Quadro nº 03 e Figura nº 06). Cada opção, resguarda um conjunto de variáveis que influem no problema de definição das alternativas mais desejáveis, tais como:

- Distâncias entre os Pontos de Produção e as Unidades de Distribuição;
- Limitações de vazões explotáveis dos Pontos de Produção;
- Demandas das várias Unidades de Distribuição (atendendo a um aglomerado de povoados);
- Tipo de adução (gravidade ou recalque);
- Aspectos hidráulicos e custos de adução das opções identificadas.

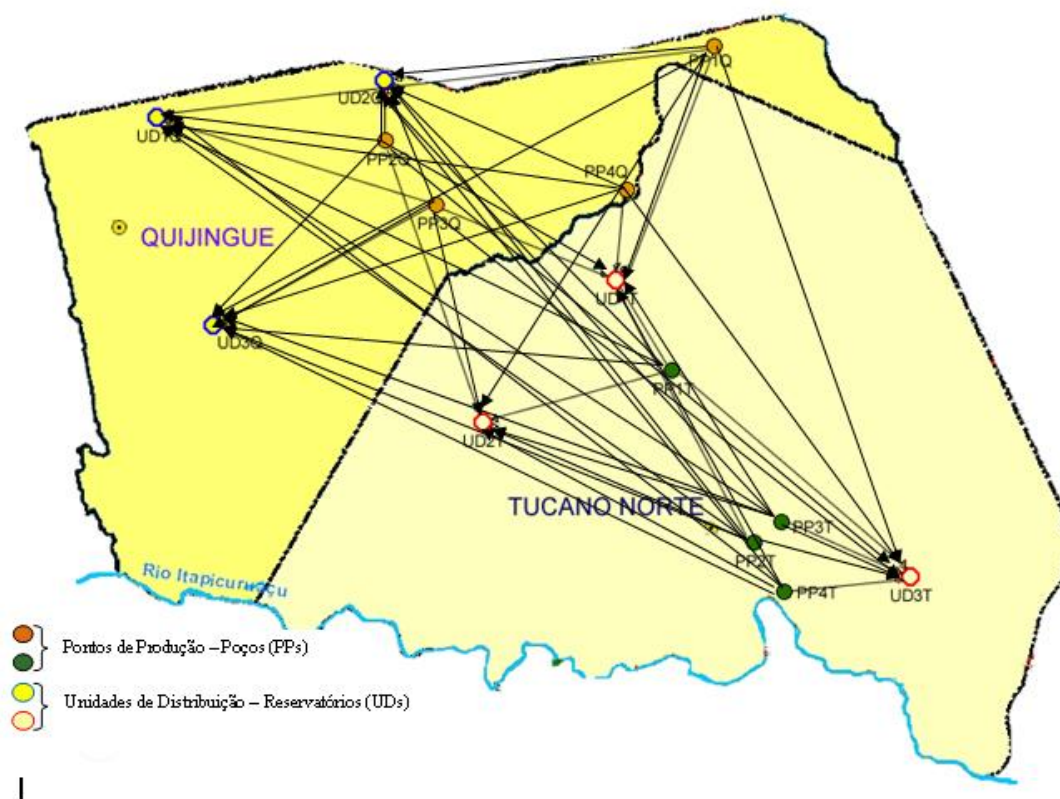


Figura nº 06 – Sistema com alternativas de adução PPs → UD's.

Observe-se que no Quadro nº 03 são distinguidos os tipo de adução requeridos: por recalque (R) ou mistas (M). Neste último caso ainda é requerido um recalque local para captação da água no poço e elevação à superfície do terreno, a partir de onde se dá a adução por gravidade. Por isso a indicação “M”, de condição mista.

Quadro nº 02 – Esquema de nomenclatura das adutoras PPs → UD's

	UD1T	UD2T	UD3T	UD1Q	UD2Q	UD3Q
PP1-T	1R	2R	3R	4R	5R	6R
PP2-T	1M	2M	3M	7R	8R	9R
PP3-T	4M	5M	6M	10R	7M	8M
PP4-T	11R	12R	13R	14R	15R	16R
PP1-Q	9M	10M	11M	12M	13M	14M
PP2-Q	15M	16M	17M	17R	18M	19M
PP3-Q	20M	21M	22M	18R	19R	20R
PP4-Q	23M	24M	25M	21R	26M	27M

Adutoras por Recalque:

As adutoras de Recalque ocuparam os traçados nos quais as cotas dos Pontos de Produção foram menores que as cotas das Unidades de Distribuição. Considerou-se o início dessas adutoras na cota do nível dinâmico do poço de captação (PP) e as extensões das mesmas representadas pelas distâncias retilíneas desse ponto até as UD's que poderia vir a abastecer. Ver perfil esquemático na Figura nº 07 a seguir, onde se apresentam os valores padrão médios adotados em todos os casos quanto a profundidade do nível dinâmico (informação não disponível para todos os poços) e quanto à altura do reservatório de distribuição das UD's. Também, pressupõe-se a utilização de bombas submersas como é usual em poços tubulares.

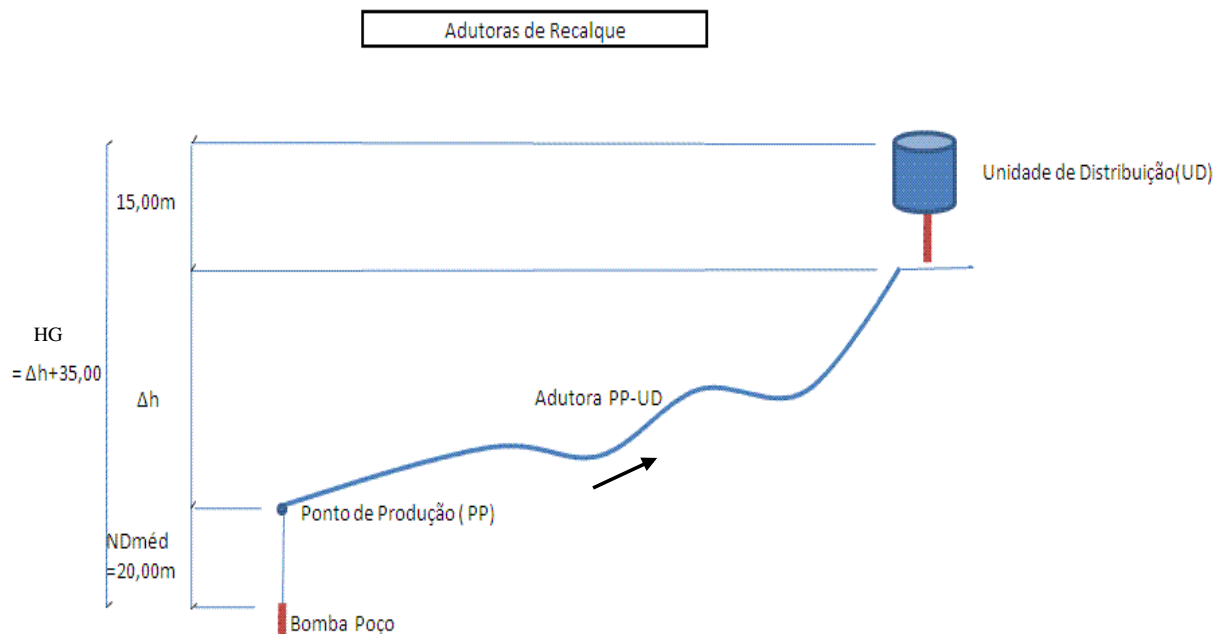


Figura nº 07 – Perfil esquemático padrão das adutoras por recalque

Para as adutoras de recalque a altura geométrica a ser vencida (HG) se constitui na diferença de nível entre as cotas do terreno nos pontos PP e UD (Δh) somada ao valor arbitrado para a profundidade do nível dinâmico médio dos poços (20 metros) e à altura arbitrada do reservatório de distribuição da UD (15 metros). Portanto:

$$HG = \Delta h + 35 \quad (2)$$

Adutoras Mistas:

As adutoras mistas ocuparam os traçados entre os pontos: nível dinâmico do poço até o seu PP, e, a partir daí, do PP até as UD's. Este segundo trecho ocorre, para se definir adutoras mistas, onde as cotas dos Pontos de Produção forem maiores que as cotas das Unidades de Distribuição. O primeiro, trecho de recalque (TR), vai do nível dinâmico dos poços até a superfície do terreno, e o segundo, trecho por gravidade (TG), vai da superfície do terreno do PP até a UD. Ver perfil esquemático na Figura nº 08.

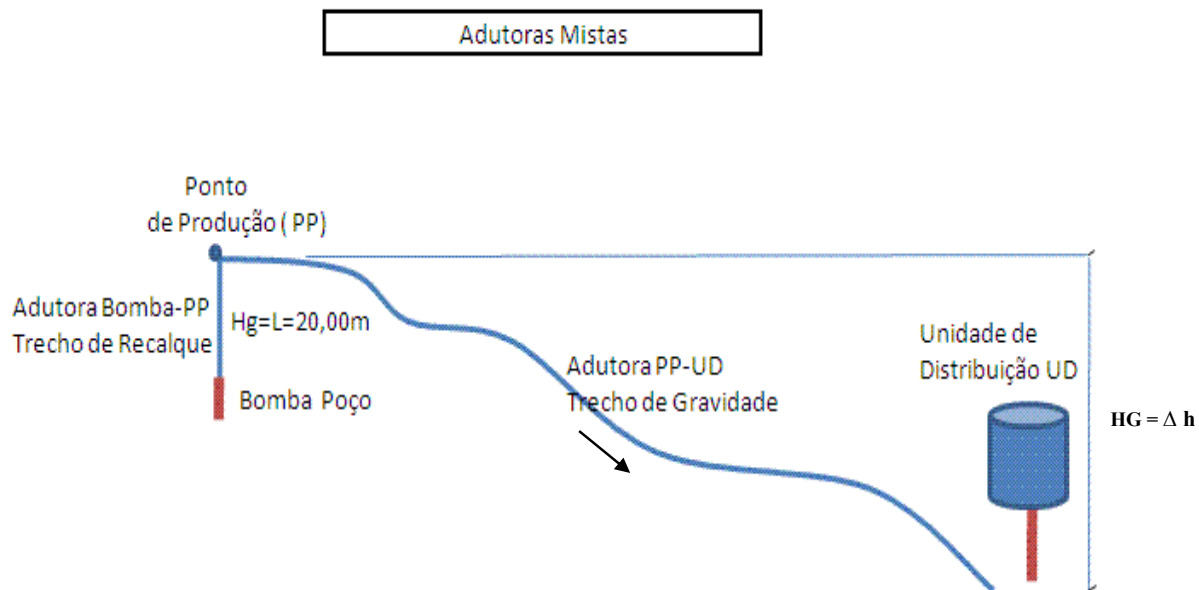


Figura nº 08 – Perfil esquemático padrão das adutoras mistas (trecho por gravidade)

Para os trechos por gravidade das adutoras mistas, o desnível geométrico (HG) é dado pela diferença de nível entre os pontos PP e UD, portanto, $HG = \Delta h$. Para a elevação da água nos poços temos pequenos recalques, sendo a altura geométrica a vencer arbitrado a partir do nível dinâmico médio como igual a 20 metros.

Com a identificação das cotas de elevação e a posição geo-referenciada dos pontos PPs e UD, temos definidas, conseqüentemente, as diferenças de nível e as distâncias entre eles, o que consta na Tabela nº 04. Assim ficam definidas as condições geométricas das opções de adutoras por recalque (1R a 21R) e por gravidade (1M a 27M), totalizando 48 opções.

Tabela nº 04 – Adutoras a partir de cada PP, vazões explotáveis nos PPs, demandas das UD's em cada ligação PP-UD, e informações geométricas das adutoras

ADUTORAS (vazão Limite = l/s)			Vazão Q = l/s		Dif.nível - Δh (m)	HG (m)	Extensão - L (km)
			de Produção do PP	de Demanda da UD			
TUCANO	PP1T	PP1T-UD1T (1R) 47,98	19,80	47,98	94,54	129,54	36,69
		PP1T-UD2T (2R) 19,80		15,09	47,53	82,53	40,59
		PP1T-UD3T (3R) 36,69		36,69	87,77	122,77	8,75
		PP1T-UD1Q (4R) 22,04		22,04	229,53	264,53	73,58
		PP1T-UD2Q (5R) 20,89		20,89	144,28	179,28	62,65
		PP1T-UD3Q (6R) 19,80		6,23	124,62	159,62	62,22
	PP2T	PP2T-UD1T (1M) 58,33	58,33	47,98	12,48	12,48	20,39
		PP2T-UD2T (2M) 58,33		15,09	55,49	55,49	24,69
		PP2T-UD3T (3M) 58,33		36,69	15,25	15,25	8,13
		PP2T-UD1Q (7R) 58,33		22,04	126,51	161,51	57,43
		PP2T-UD2Q (8R) 58,33		20,89	41,26	76,26	46,46
		PP2T-UD3Q (9R) 58,33		6,23	21,60	56,60	46,61
	PP3T	PP3T-UD1T (4M) 58,33	58,33	47,98	55,18	55,18	20,47
		PP3T-UD2T (5M) 58,33		15,09	98,19	98,19	25,16
		PP3T-UD3T (6M) 58,33		36,69	57,95	57,95	7,84
		PP3T-UD1Q (10R) 58,33		22,04	83,81	118,81	57,69
		PP3T-UD2Q (7M) 58,33		20,89	1,44	1,44	46,32
		PP3T-UD3Q (8M) 58,33		6,23	21,10	21,10	47,13
	PP4T	PP4T-UD1T (11R) 47,98	20,00	47,98	78,07	113,07	24,15
		PP4T-UD2T (12R) 20,00		15,09	35,07	70,07	27,60
		PP4T-UD3T (13R) 36,69		36,69	75,31	110,31	6,48
		PP4T-UD1Q (14R) 22,04		22,04	217,06	252,06	60,65
		PP4T-UD2Q (15R) 20,89		20,89	131,81	166,81	50,42
		PP4T-UD3Q (16R) 20,00		6,23	112,15	147,15	49,24
QUIJINGUE	PP1Q	PP1Q-UD1T (9M) 68,89	68,89	47,98	221,20	221,20	27,01
		PP1Q-UD2T (10M) 68,89		15,09	264,21	264,21	32,97
		PP1Q-UD3T (11M) 68,89		36,69	223,97	223,97	44,27
		PP1Q-UD1Q (12M) 68,89		22,04	82,21	82,21	43,42
		PP1Q-UD2Q (13M) 68,89		20,89	167,46	167,46	25,20
		PP1Q-UD3Q (14M) 68,89		6,23	187,12	187,12	43,28
	PP2Q	PP2Q-UD1T (15M) 47,98	44,00	47,98	99,30	99,30	22,10
		PP2Q-UD2T (16M) 44,00		15,09	142,31	142,31	20,90
		PP2Q-UD3T (17M) 44,00		36,69	102,06	102,06	50,22
		PP2Q-UD1Q (17R) 44,00		22,04	39,69	74,69	18,11
		PP2Q-UD2Q (18M) 44,00		20,89	45,56	45,56	5,25
		PP2Q-UD3Q (19M) 44,00		6,23	65,22	65,22	17,93
	PP3Q	PP3Q-UD1T (20M) 47,98	11,00	47,98	5,04	5,04	15,70
		PP3Q-UD2T (21M) 15,09		15,09	48,05	48,05	14,98
		PP3Q-UD3T (22M) 36,69		36,69	7,81	7,81	43,88
		PP3Q-UD1Q (18R) 22,04		22,04	133,94	168,94	23,09
		PP3Q-UD2Q (19R) 20,89		20,89	48,70	83,70	11,02
		PP3Q-UD3Q (20R) 11,00		6,23	29,04	64,04	18,76
	PP4Q	PP4Q-UD1T (23M) 47,98	11,75	47,98	80,89	80,89	13,64
		PP4Q-UD2T (24M) 15,09		15,09	123,9	123,9	19,70
		PP4Q-UD3T (25M) 36,69		36,69	83,66	83,66	35,29
		PP4Q-UD1Q (21R) 22,04		22,04	58,10	93,10	37,48
		PP4Q-UD2Q (26M) 20,89		20,89	27,15	27,15	21,18
		PP4Q-UD3Q (27M) 11,75		6,23	46,81	46,81	33,41

4.8 Condicionantes do problema

A seguir são expostas as condicionantes envolvidas no problema deste trabalho. Com base nessas condicionantes é que diversos aspectos ou condutas metodológicas foram definidas.

As várias opções apresentadas para abastecimento d'água das Unidades de Distribuição, com transporte através das adutoras PPs→UDs, apresentam custos variados que são função das possíveis vazões a serem veiculadas nos referidos trechos. Por outro lado, essas vazões aduzidas também são função de parâmetros particulares de cada trecho como: extensão, altura geométrica (se positiva ou negativa, e seu valor), material e diâmetros da tubulação e consequentes perdas de carga. O material das tubulações das adutoras foi fixado para todos os casos como sendo de PVC.

As vazões a serem aduzidas nas adutoras deverão levar em conta a condicionante de serem menores ou iguais às vazões explotáveis nos seus respectivos Pontos de Produção.

Cada Unidade de Distribuição poderá receber água de um ou mais Pontos de Produção, logo, receber uma ou mais adutoras. Assim, a vazão a ser recebida em cada UD deverá ser igual à vazão de demanda do aglomerado de povoados respectivo.

A conveniência ou não de cada uma adutora deverá ser avaliada, para o que implica não só se considerar os elementos anteriormente referidos, como a que custos os mesmos conduzem. Com isso, das 48 opções de adução entre PPs e UDs, apenas algumas devem ser viáveis, o que foi estabelecido ser avaliado via menor custo, porém atendendo às restrições e requisitos supra referidos.

Para as adutoras por gravidade, apenas custo de implantação foi considerado, incluindo o trecho do poço à superfície do terreno. Considerou-se desprezível um custo de operação, propriamente dito. Os custos de manutenção das adutoras incorrerão tanto sobre as adutoras por gravidade como sobre as adutoras por recalque, de forma similar, portanto podendo ser deixadas fora dos cálculos deste trabalho.

Para as adutoras por recalque foram considerados os seguintes custos: da adutora: apenas o custo de implantação; da Estação Elevatória (E.E.): os custos de implantação, de consumo de energia e de manutenção.

Após realizada pesquisa documental junto à EMBASA, foram juntados relatórios e fichas de diversas elevatórias, de forma a identificar os custos de manutenção normalmente envolvidos em casos reais.

O horizonte de projeto estabelecido para este estudo foi de dez anos, o que normalmente se trata de período considerado como o de 1ª etapa de projetos, quando a partir de então nova avaliação e redimensionamento, se necessário, das unidades de um sistema devem ser efetuados. Esse horizonte foi empregado no cálculo dos custos de operação das elevatórias.

4.9 Solução do problema – Modelo de otimização

O problema envolvido neste estudo, a opção entre as 48 alternativas de adução, mostra uma complexidade e um esforço que inviabilizaria uma simples abordagem como o escrutínio das mesmas, hierarquizando-as por custos e tomando-se as alternativas de menor valor. A inviabilização dessa abordagem se dá, ou pelo menos se torna de difícil execução, em função das diversas possibilidades resultantes:

- a possibilidade de combinação de mais de uma adução (a partir de mais de um PP) para atender a dada UD;
- os valores de vazão que cada adutora poderia vir a assumir (no máximo igual à capacidade do PP e no mínimo igual à demanda a ser atendida na UD);
- os diferentes custos envolvidos para cada adutora, os quais são função das vazões aduzidas (em função da vazão se define diâmetro da canalização e potência da elevatória, de cada adutora).

Diante da complexidade desse problema optou-se por empregar técnica de pesquisa operacional para o sistema de alternativas, valendo-se de modelo matemático para otimização que resultasse na opção de menor custo econômico, o que é exposto mais adiante.

Diante desses aspectos e da dificuldade que resulta de tantas alternativas a serem consideradas, a utilização da análise de sistemas e programação matemática vem estruturar e tornar exeqüível uma busca otimizada das melhores alternativas.

No problema em questão, das 48 adutoras ligando oito PPs a seis UD's, certamente poder-se-ia eurísticamente se excluir aquelas certamente menos viáveis, como por exemplo as adutoras mais longas. No entanto, preferiu-se estruturar o problema com toda a gama de combinações possíveis, deixando para o modelo de otimização realizar essa exclusão, e não misturando abordagens.

O modelo de Programação Inteira Linear (PIL) foi escolhido, por ser um tipo de modelo que possibilita representar linearmente a estrutura de uma Programação Não Linear, e em função da sua facilidade de formulação e melhor convergência para as soluções. Também a literatura disponível e a disponibilidade de *software* para sua execução conduziram para a sua escolha. Não foi aplicado o modelo de Programação Não Linear extensivo, embora testado, visto a necessidade de uso de funções polinomiais para representar as funções de custo, o que dificultou a obtenção de soluções.

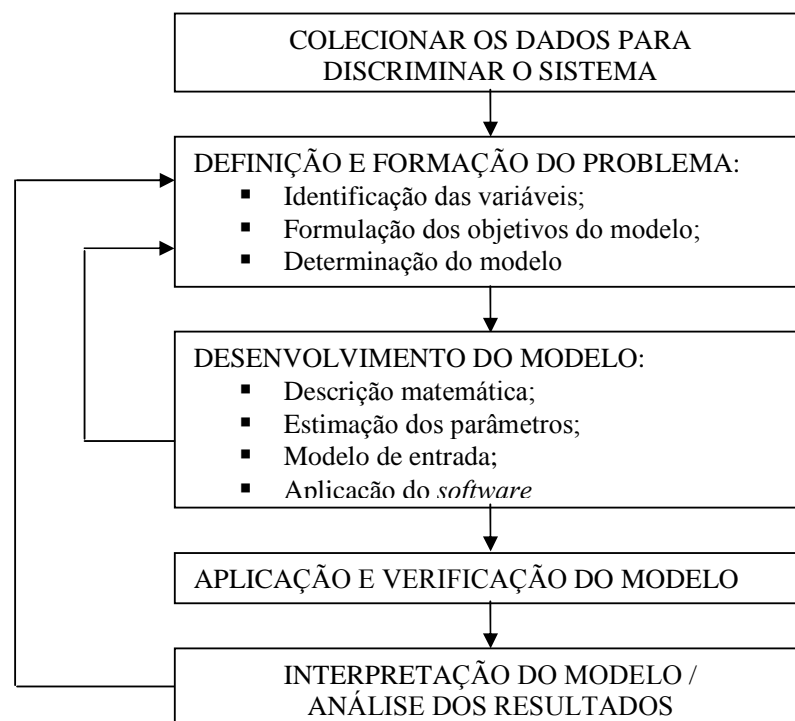


Figura nº 09. Procedimentos para a construção dos modelos de otimização por Programação Não Linear ou Linear

Os procedimentos para a construção do modelo de otimização através da PNL, é mostrado na Figura nº 09, acima, assim como a forma com que este modelo é concebido, desde a entrada de dados até a solução do problema e apresentação dos resultados, isso é descrito esquematicamente na Figura nº 10, a seguir.

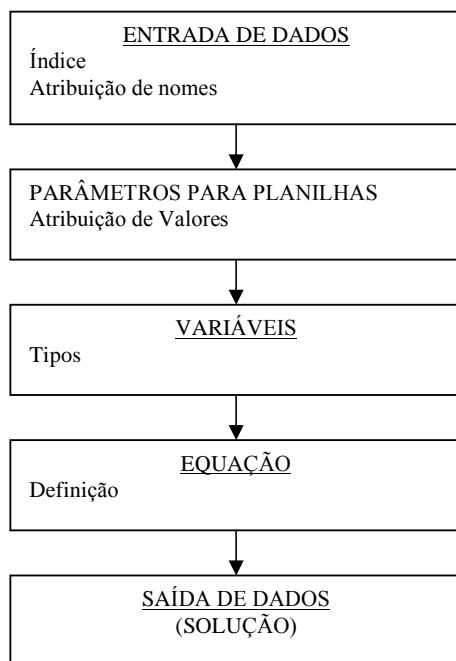


Figura nº 10 – Estrutura do modelo de otimização por Programação Não Linear ou Linear

No que se refere à formulação geral dos modelos de otimização por Programação Não Linear, apresentamos a seguir os seus elementos constituintes: função objetivo e suas restrições, onde se incluem: as variáveis de decisão e os coeficientes.

Formulação geral dos modelos da Programação Não Linear:

Função Objetivo:

$$\text{F.O.} = (\text{Maximize} / \text{Minimize}) \sum_i [C_i \cdot X_i^k]$$

com $X_i \geq 0$; $k \geq 1$ e $i = (1, 2, \dots, m)$

Sujeito às restrições:

$$\sum_{i,j} a_{ij} \cdot X_{ij} \leq b_j \quad \text{para } j = (1, 2, \dots, n)$$

Onde:

F.O. = Função Objetivo;

C_i = i-ésimo coeficiente de custo;

X_i = i-ésima variável de decisão;

a_{ij} = coeficiente técnico e

b_j = parâmetro fixo.

O objetivo do modelo acima, nesta dissertação, foi identificar as aduções de menor custo pela definição das suas vazões. Ao definir as vazões a serem aduzidas na verdade se define as adutoras e, implicitamente, os diâmetros que atendem ao objetivo. O valor das vazões foi associado a diâmetros e estes aos custos, resultando numa relação “vazão x custo”. Na definição das funções que representam essa relação, observadas as dificuldades de inerentes à aplicação da Programação Não Linear (PNL) extensivo, visto a complexidade que tais funções criam para a busca da solução ótima. Diante disso definiu-se então pela linearização das mesmas e conseqüente uso do modelo com funções linearizadas, que foi o modelo de Programação Inteira Linear (PIL). A definição dos diâmetros, das vazões e dos custos, constituindo o referido modelo e considerando as particularidades de cada linha adutora, é descrita adiante.

Especificam-se a seguir os elementos que integram o modelo desenvolvido para o caso em estudo:

Variáveis de decisão: vazões em cada possível adutora,

Variáveis Q_iR , $i = (1, 2, \dots, 21)$ das adutoras por recalque, e Q_jM , $j = (1, 2, \dots, 27)$ das adutoras mistas.

Função Objetivo: minimizar os custos das aduções.

A função objetivo toma a forma de um somatório dos custos das várias adutoras, em função das variáveis de decisão, as vazões, multiplicadas por custos unitários (por unidade de vazão). Abaixo a forma da Função Objetivo:

$$F.O. = \sum [C_iR \cdot Q_iR] + \sum [C_jM \cdot Q_jM] \quad (3)$$

Onde:

C_iR = custo unitário da adução por recalque i ; e $i = 1, 2, \dots, 21$

C_jM = custo unitário da adução por gravidade j ; e $j = 1, 2, \dots, 27$

Q_iR e Q_jM são as variáveis de decisão (vazões)

Os custos C_iR e C_jM , são coeficientes constantes, unitários para cada unidade de Q_iR e Q_jM , resepctivamente.

Restrições:

1) Limite de disponibilidade hídrica dos Pontos de Produção: a soma das vazões a partir de cada PP deve ser menor ou igual à capacidade do mesmo, ou

$$\sum Q_mR + \sum Q_nM \leq a_p \quad (4)$$

Sendo:

m = número de adutoras por recalque partindo do PP p ,

n = número de adutoras por gravidade partindo do PP p ,

a_p = limite explotável (vazão) do p -ésimo PP.

2) Demanda pela Unidade de Distribuição: soma das vazões que chegam a dada UD deve atender integralmente à demanda (ser no mínimo igual), ou

$$\sum Q_rR + \sum Q_sM \geq b_q \quad (5)$$

Sendo:

r = número de adutoras por recalque que chegam à UD q ,

s = número de adutoras por gravidade que chegam à UD q ,

b_q = demanda (vazão) da q -ésima UD.

3) Todas as variáveis devem ser maiores que zero (sentido físico).

$$Q_i R \geq 0 \text{ e } Q_j M \geq 0 \quad (6)$$

No Apêndice G, consta a listagem do modelo de Programação Inteira Linear utilizado para resolver o problema deste estudo, o qual considera as definições acima apresentadas, através do uso do programa computacional LINGO. Este *software* foi adotado por se mostrar mais adequado ao caso, pela simplicidade do processo da sintaxe de programação, ao invés do uso do LINDO, versão extensiva do primeiro, também usado para problemas de Programação Não Linear mais complexos, ambos produzidos pela SYSTEMS INC. – The Modeling Language and Optimizer.

4.10 Obtenção das funções de custo

4.10.1 Cálculo das vazões em função dos diâmetros e dos custos em função das vazões

Informações sobre custos praticados atualmente foram obtidos a partir da pesquisa em documentos e planilhas da empresa concessionária dos serviços de saneamento do Estado da Bahia, EMBASA. Os custos de implantação de adutoras foi fornecido em função dos diâmetros das mesmas e por unidade de comprimento.

Tabela nº 05 - Custos médios unitários (por metro), de implantação de adutoras em PVC

DIAMETRO (mm)	CUSTO DO SERVIÇO /m	CUSTO DO MATERIAL /m	CUSTO TOTAL Implantação / m
100	R\$ 62,13	R\$ 35,47	97,60
150	R\$ 62,31	R\$ 55,56	117,87
200	R\$ 62,40	R\$ 75,65	138,05
250	R\$ 62,49	R\$ 96,93	159,42
300	R\$ 62,64	R\$ 118,21	180,85
350	R\$ 89,36	R\$ 146,58	235,94
400	R\$ 89,54	R\$185,65	275,19
500	R\$ 89,64	R\$265,55	355,19
600	R\$ 90,51	R\$339,22	429,73
700	R\$90,71	R\$423,72	514,43
800	R\$90,89	R\$492,74	583,63

Fonte: Embasa - Manual dos Preços médios - Unidades padronizadas de SAAs e SES

Para fins de atender à formulação do modelo de otimização, houve a necessidade de converter a relação “diâmetro x custo total de Implantação” (apresentada na Tabela 05), em uma relação

“vazão x custo”. Assim, foi necessário identificar para cada adutora a relação que teria entre vazões e diâmetros. Essa relação depende das condições geométricas e de energia hidráulica de cada caso, o que se dá de forma diferente em condições de escoamento por gravidade e por recalque.

a) Vazões em função dos diâmetros

Para o cálculo das vazões em função dos diâmetros adotou-se a fórmula de Hazen-Williams para condutos forçados, em conjunto com a equação da energia, (NETO e ALVAREZ, 1977).

$$Q = \{ [\Delta h \cdot (D^{4,87}) \cdot (C^{1,85})] / [10,642 \cdot L \cdot 1000] \}^{(1/1,85)}$$

Onde:

Q = vazão em m³/s

D = diâmetro em mm

C = coeficiente de atrito de Hazen-Williams (= 140, para PVC)

L = comprimento da adutora em metros

Δh = desnível geométrico entre as cotas dos terrenos do PP e da UD, em metros (considerado aproximadamente igual à perda de carga; energia cinética desprezada)

Na Tabela nº 06 abaixo, é apresentado exemplo de planilha de cálculo de vazões em função dos diâmetros de uma das adutoras (**5R**). O cálculo de todas as adutoras pode ser encontrado no Apêndice D. Esse cálculo estendeu-se para cada adutora, até o diâmetro para o qual o valor de vazão atingisse o limite explotável do respectivo PP, definindo um número de pontos suficientes para, em seguida, se buscar a relação “vazão x custo”.

Tabela nº 06 - Cálculo da vazão em função do diâmetro para a adutora 5R - Exemplo

PP1T-UD2Q (5R)			
DN (m)	DN (mm)	Q (m ³ /s)	Q (L/s)
0,10	100	0,003410	3,41
0,15	150	0,009915	9,92
0,20	200	0,021144	21,14
0,25	250	0,038045	38,05
0,30	300	0,061481	61,48
0,35	350	0,092251	92,25

Limite máximo →

b) Determinação dos limites máximos das vazões:

Observa-se na tabela de cálculo das vazões (Q) em função dos diâmetros (DN), conforme mostrado acima (Tabela nº 06), que: o limite máximo para o diâmetro, assim como sua vazão de veiculação da adutora, correspondente, é definido pela vazão de produção do PP (Ponto de Produção), dessa adutora; ou seja, o valor imediatamente superior a este.

Como exemplo, na Tabela 06, a vazão de produção do PP1T (Ponto de Produção da adutora em questão) é igual a 58,33 L/s, portanto a vazão máxima nela constando, 61,48L/s (igual ou imediatamente superior a 58,33L/s), é o limite de interesse para o caso, correspondendo ao diâmetro máximo igual a 0,30m.

4.10.2 Custos totais de implantação das adutoras (de Recalque e Mistas)

A partir dos custos unitários, padrão EMBASA (Tabela nº 05), obteve-se os custos totais de implantação para os vários diâmetros, através da multiplicação daqueles custos, pelas extensões das adutoras. Tendo-se associados aos diâmetros as vazões calculadas para cada caso, obteve-se pares de valores de vazões e custos. Esses pares deram origem às funções de custo de implantação das adutoras conforme a necessidade para o modelo de otimização. Na Tabela nº 07 e na Figura nº11, tem-se o exemplo de uma das adutoras, podendo ser visto o cálculo das demais adutoras no Apêndice D.

Tabela nº 07 - Custos totais de implantação da adutora 5R - Exemplo

PP1T-UD2Q (5R)				
Custo unitário (R\$/m)	EXTENSÃO (m)	Diâmetros (mm)	vazão (L/s)	Custo Implantação R\$
97,6	62.651	100	3,41	6.114.777,62
117,87	62.651	150	9,92	7.384.721,70
138,05	62.651	200	21,14	8.649.027,15
159,42	62.651	250	38,05	9.987.887,79
180,85	62.651	300	61,48	11.330.507,50
235,94	62.651	350	92,25	14.781.973,68

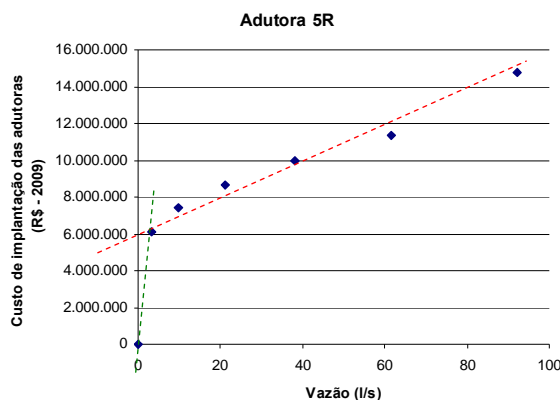


Figura nº 11 – Pontos para a função de custo de Implantação para a adutora 5R - Exemplo

4.10.3 Cálculo das vazões em função das potências, e dos custos em função das vazões

Informações sobre custos de implantação de estações elevatórias, assim como de sua operação, praticados atualmente foram obtidos a partir da pesquisa em documentos e planilhas da empresa concessionária dos serviços de saneamento do Estado da Bahia, EMBASA. Essas informações constam na forma de custos associados às potências das elevatórias. Assim, para fins de alimentar o modelo de otimização, foi necessário obter relações Vazão x Custo para as adutoras por recalque, mas baseadas nas informações que se referem a potência.

a) Cálculo das potências em função das vazões:

Esse cálculo é necessário para posteriormente ser feita a junção com a relação potência x custo. Saliente-se que ao se obter potências em função de vazões para cada uma das adutoras por recalque, está se levando em conta particularidades de cada uma como: alturas geométricas, extensão da adução, perdas de carga e características das canalizações.

Para obtenção das relações potências e vazão para cada adutora por recalque, primeiro define-se a relação diâmetro em função da vazão, o que foi feito de forma simplificada valendo-se da expressão de Bresse, (PORTO, 1999). Para uma velocidade econômica em torno de 1,05 m/s, o coeficiente de Bresse (K) assume o valor 1,1, o qual foi empregado em todos os casos.

$$D = K \cdot \sqrt[3]{Q} = 1,1 \cdot \sqrt[3]{Q} \quad (7)$$

onde:

D = diâmetro “econômico” (metros);

K = coeficiente de Bresse (= 1,1) e

Q = vazão (m³/s).

Assim considerado, esses valores de vazões e diâmetros foram empregados para obtenção das potências com eles resultantes, para cada adutora. A obtenção das potências respectivas foi feita considerando no cálculo a altura manométrica e rendimento dos motores, calculados segundo Neto e Alvarez (1977), através da expressão abaixo indicada:

$$Pot = (\gamma \cdot Q \cdot H_{man}) / 75 \cdot \eta \quad (8)$$

e

$$H_{man} = HG + \sum h_p \quad (9)$$

onde:

Pot = potência em CV (cavalo-vapor); γ = peso específico da água = 1000 kgf/m³; Q = vazão recalçada em m³/s; H_{man} = altura manométrica; HG = desnível geométrico do recalque; $\sum h_p$ = perdas de carga (desprezou-se perdas localizadas); e estabelecendo η = rendimento = 0,70.

As perdas de carga distribuídas (hp), segundo a fórmula de Hazen-Wiliams, foram obtidas pela expressão abaixo, onde foi considerado $C = 140$ (canalizações de PVC). Os valores de D e Q obedecem à relação de Bresse e, assim, insere-se na expressão do cálculo da potência.

$$hp = J \cdot L = (10,643 \cdot L \cdot Q^{1,85}) / (C^{1,85} \cdot D^{4,87}) \quad (10)$$

Resultando para a potência em função da vazão, na sua forma final:

$$Pot = (19,04762 \cdot Q \cdot HG) + (0,021705 \cdot L \cdot Q^{2,35}) \quad (11)$$

A expressão acima foi empregada para obter, para cada adutora (onde HG e L são informações particulares), a relação entre vazão e potência, obtendo-se ao final as relações vazões x custos das E.E.s (implantação da EE e operação). Esses custos ainda se somam aos de implantação das adutoras propriamente ditas, o que foi tratado nos itens 4.10.1 e 4.10.2.

b) Custo de implantação das Estações Elevatórias:

Os custos de implantação de Estações Elevatórias (E.E.), a partir de serviços e materiais necessários, foram fornecidos em função de faixas de potência das mesmas (Tabela nº 08), com base na tabela de preços mínimos da EMBASA.

Tabela nº 08 - Custos médios de implantação de Estações Elevatórias – Por faixas de potência

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA FAIXA DE POTENCIA (cv)	CUSTO DO SERVIÇO	CUSTO DE MATERIAL	CUSTO TOTAL
5	R\$ 36.030,15	R\$ 16.626,01	52.656,16
10 a 30	R\$ 44.401,47	R\$ 44.069,06	88.470,53
30 a 75	R\$ 58.285,86	R\$ 59.199,43	117.485,29
75 a 150	R\$ 99.043,16	R\$ 85.433,24	184.476,40
150 a 250	R\$ 140.497,19	R\$ 146.610,89	287.108,08

Fonte: Embasa, Manual dos preços médios - Unidades Padronizadas de SAAs e SES

Em seguida, com base nos dados que lhe deram origem, obteve-se uma síntese com valores médios de potência x custos, o que foi empregado para se derivar a relação necessária ao modelo de otimização vazões recalculadas x custos (Tabela nº 09).

Tabela nº 09 – Síntese: Custos médios totais de implantação das Estações Elevatórias

Potência (CV)	Custo Total de implantação (R\$)
5	52.656,16
10	88.470,53
40	117.485,29
90	184.476,40
250	287.108,08
350	351.252,88
500	447.470,08

Fonte: Embasa - Manual dos Preços médios - Unidades Padronizadas de SAAs e SES

Obs: Os custos de implantação para 350 e 500 cv, foram obtidos por extrapolação.

c) Custos de operação: consumo de energia para o horizonte de projeto de 10 anos:

O cálculo dos custos do consumo de energia elétrica (Tabela nº 10) para as potências das Estações Elevatórias, foi realizado considerando o seguinte:

- As potências dos equipamentos com valores inteiros são comerciais, as de valores fracionários foram obtidas por interpolações;
- Os valores de kWh = 0,74 cv;
- Período médio de operação diária = 21 horas;
- Horizonte de projeto = dez anos (Norma EMBASA);
- Os custos de consumo de energia elétrica foram baseados nos valores de tarifas de consumo unitário da concessionária COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, onde foram utilizadas as tabelas do Grupo A - Convencional, para potências de equipamentos ≥ 30 CV e do Grupo B para potências de equipamentos ≤ 30 cv. (Quadro C1 - Anexo C e Quadro E3 – Apêndice E).

O custo total de consumo de energia foi, portanto, calculado conforme Creder (1979), por:

Custo energia = potência (kW) • nº horas (h/dia) • nº dias (dias/ano) • nº anos (anos) • Tarifa Unitária (R\$/kWh)

...(12)

Tabela nº 10 - Consumo médio de energia - Período de Plano =10 anos - Exemplo

Potência		média de hs operadas/dia (h / dia)	dias/ano	Per.Plano=10anos	Tarifas por kWh (t)	TOTAL
CV	kW (0,74CV)					
4	2,96	21	365	10	R\$ 0,38	86.057,10
10	7,4	21	365	10	R\$ 0,38	215.142,75
60,00	44,4	21	365	10	R\$ 0,15	520.630,71

Abaixo, na Tabela nº 11, vemos o resumo dos custos de energia, por faixa de Potência, dos equipamentos. Dados mais detalhados pode-se ver em Apêndice E.

Tabela nº 11 - Resumo: custos de consumo de energia

Potência (CV)	Custo médio (10 anos)
0	0
1 a 3	43.028,55
4 a 6	107.571,38
7 a 9	172.114,20
10 a 19	311.956,99
20/60	628.572,71
70/140	931.928,98
150/190	1.514.167,66
200/250	1.977.702,54
260/340	2.603.153,57
350/500	3.687.800,90

Para os cálculos dos consumos de energia, acima considerados, foram observadas as seguintes informações obtidas em entrevista com técnicos do setor de manutenção operacional da EMBASA e COELBA, (Quadro C1 - Anexo C e Quadro E3 – Apêndice E).

- Várias informações de tarifas consumo por faixa de potência de equipamento, conforme padrão COELBA, as condições de carga instalada (soma das potências instaladas em cada Estação Elevatória), considerada por essa concessionária como unidade de consumo;
- O período de horizonte de projeto igual a dez anos, visto ser este o tempo médio de mudança dos equipamentos, com reformas dos Sistemas de Abastecimento d'Água;

- Foi estabelecido o período médio de operação diária para os equipamentos de vinte e uma horas, visto que, períodos inferiores ou superiores a este, segundo a operadora, implicam respectivamente em aumento considerável de custo de investimento ou de consumo de energia.

d) Custos de operação: manutenção de equipamentos das Estações Elevatórias

Para o cálculo dos custos de manutenção de equipamentos das Estações Elevatórias foi realizada uma coleta de dados de informativos de valores gastos anualmente em vários sistemas elevatórios da EMBASA (Tabela D4 - Anexo D), separando pelas diversas potências instaladas de motores, tendo sido feita uma média para as referidas faixas de equipamentos (Tabela nº 12). Em algumas Unidades (E.E), com mais de um equipamento instalado, mas, de uma mesma potência, foi considerado o valor da manutenção da Unidade dividido pelo número de equipamentos.

Tabela nº 12 – Resumo: custos de manutenção das Estações Elevatórias

Potência (CV)	Custo manutenção (R\$)
0	0
5	4.871,29
10	9.742,58
20	19.485,15
60	21.654,82
100	22.877,47
150	37.092,35
250	71.605,00
350	106.117,65
500	157.886,63

Fonte: EMBASA- Superintendência de Operação e Manutenção

Obs: Os custos de manutenção para 350 e 500 cv, foram obtidos por extrapolação

A planilha com os dados dos custos de manutenção, detalhada por potência dos equipamentos, pode ser consultada no Apêndice E.

4.10.4 Custos totais das adutoras

De posse dos custos de implantação das adutoras, e, custos de implantação, consumo de energia e manutenção das Estações Elevatórias, para um período de 10 anos, calculados conforme exposto anteriormente, e ainda considerando as faixas de vazões possíveis para cada adutora, por fim se obtém a relação entre vazões e custos totais desses sistemas.

a) Custos totais das adutoras por Recalque

Os custos totais para as adutoras por Recalque foram obtidos somando-se o custo de implantação da adutora propriamente dita, o custo de implantação e custos operacionais da Estação Elevatória (consumo de energia e manutenção).

No custo das adutoras, propriamente ditas, não se considerou os custos de manutenção por serem redundantes com esses mesmos custos em todas as demais adutoras.

b) Custos totais das adutoras Mistas

No trecho de adução por gravidade (TG) foram considerados apenas os custos de implantação. Os custos de manutenção não foram considerados, por serem redundantes com esses mesmos custos em todas as demais adutoras.

Para os trechos de recalque entre o poço e a superfície do terreno (TR), foram considerados: custos de implantação da canalização, custos de implantação e custos operacionais da elevatória.

Como custo total, para uma adutora Mista somam-se os custos dos trechos de recalque poço-superfície (TR) e os custos do trechos de adução por gravidade (TG).

Nas Tabelas nº 13 e nº 14, são exemplificados os custos totais de duas adutoras, uma por Recalque e outra Mista, respectivamente, em função de algumas vazões veiculadas.

Tabela nº 13 - Custos totais de adutora por Recalque (5R) – Exemplo

POT (CV)	VAZÃO (l/s)	Custo de implantação da Adutora (R\$)	Custo de implantação da Elevatória (R\$)	Custo de consumo de energia (R\$)	Custo de manutenção da Elevatória (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$, 2009)
12	3,41	6.114.777,62	88.470,53	311.956,99	9.742,58	6.524.947,72
72	21,14	8.649.027,15	117.485,29	931.928,98	22.877,47	9.721.318,89
212	61,48	11.330.507,50	184.476,40	1.977.702,54	71.605,00	13.564.291,44

Tabela nº 14 - Custos totais de adutora Mista (5M) - Exemplo

POT (CV)	VAZÃO (l/s)	Custo de implantação da Adutora – TR (R\$)	Custo de implantação da Adutora – TG (R\$)	Custo de implantação da Elevatória (R\$)	Custo de consumo de energia (R\$)	Custo de manutenção da Elevatória (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$, 2009)
2	4,54	1.952,00	2.455.238,50	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.555.794,50
11	28,12	2.761,00	3.472.804,04	88.470,53	311.956,99	9.742,58	3.882.974,15
31	81,77	3.617,00	4.549.486,50	88.470,53	628.572,71	21.654,82	5.288.184,56

As planilhas com custos totais de todas as adutoras, por potência e vazão, podem ser consultadas no Apêndice E.

Após a composição de custos, foi possível obter para as 48 adutoras previstas no problema em estudo, pares de valores vazão x custo total. Esses dados definiram as funções na forma de polinômios (no este do modelo de otimização não-linear), após utilizadas na forma linearizada.

4.10.5 As funções polinomiais obtidas e os procedimentos para a Linearização

A partir das colunas de vazão e de custo total das tabelas similares acima, foram então definidas as funções de custos totais das adutoras em função de vazões, as quais são variáveis de decisão no modelo de otimização. O somatório de tais funções, formam a Função Objetivo do modelo de Programação utilizado.

Essas funções resultantes, representam polinômios de alto grau (5° e 6° graus) que, para a otimização foi tentada a aplicação do modelo de Programação Não Linear extensivo.

Usando a Programação Não Linear (sequência de procedimentos)

1º) Cálculo dos custos de implantação para as adutoras de Recalque e Mistas e suas correlações com as respectivas vazões;

2º) Cálculo dos coeficientes genéricos para as funções polinomiais, de ambos os tipos de adutora;

3º) Através da extensão de cada adutora, já com os coeficientes dos polinômios definidos, se definiu as expressões das funções de todas as adutoras, através do uso desses coeficientes calculados para custos de implantação;

Com isso temos: a) *As funções de implantação dos trechos de Gravidade: $C_{impl.} = f(Q)$* e b) *As funções de custo de implantação das adutoras de Recalque e trechos de Recalque das Mistas;*

4º) Através das funções de custo de implantação das adutoras de Recalque, calculam-se: *os custos de implantação dessas adutoras(Recalque);*

5º) Após definidos os custos operacionais (de implantação, de manutenção e de consumo de energia das Estações Elevatórias) e somados aos *custos de implantação*, anteriormente calculados, se tem os *custos totais das adutoras*;

6º) De posse do custo total e das vazão respectiva de cada adutora, se calcula os coeficientes das funções de custos totais;

7º) Calculados os coeficientes, se define: c) *as funções de custo total: $C_t = f(Q)$* , que representam polinômios de graus altos (5º e 6º);

Dispondo-se portanto das funções polinomiais: a) *adutoras Mistas(trechos de Gravidade)* e c) *adutoras de Recalque*, mostradas nos exemplos a seguir:

Adutora Mista, 11**M**:

$$C_{11}\mathbf{M} = 0,02614 \cdot Q_{11}^5 - 6,82625 \cdot Q_{11}^4 + 633,24884 \cdot Q_{11}^3 - 25503,47366 \cdot Q_{11}^2 + 456825,77518 \cdot Q_{11}$$

Adutora de Recalque, 3**R**:

$$C_3\mathbf{R} = -0,00576 \cdot Q_3^6 + 1,08455 \cdot Q_3^5 - 77,04175 \cdot Q_3^4 + 2671,1538 \cdot Q_3^3 - 48440,293 \cdot Q_3^2 + 466329,669 \cdot Q_3;$$

Em seguida, utilizando as funções na forma não-linear foi tentada a aplicação da versão de Programação Não Linear do *software* LINGO. Assim se fazendo, foi identificada a complexidade desse procedimento e a dificuldade de se obter convergência para resultados. Possivelmente tal dificuldade resultou por se tornar, o modelo não-linear, um problema não-convexo. Isso pode ocorrer quando o espaço de busca das variáveis leva indefinições no processo de busca de melhores soluções, muitas vezes por encontrar funções do tipo côncavas e convexas. Não se propondo, neste trabalho, se efetuar uma investigação sobre os processos de otimização, mas apenas a sua aplicação ao caso em estudo, definiu-se então pelo uso da Programação Inteira Linear:

Adaptação para otimização por Programação Inteira Linear:

De posse dos custos de implantação para as adutoras de Recalque e Mistas e suas correlações com as respectivas vazões, efetuou-se o traçado gráfico segmentado das funções: $C_{Impl.} = f(Q)$, para os trechos por gravidade das adutoras Mistas, e $C_{tot.} = f(Q)$ para as adutoras de Recalque e para os trechos de rRecalque das adutoras Mistas. Dos segmentos que melhor representam graficamente a relação custos e vazões, obtem-se os dados das “constantes” a serem utilizadas na formulação e em seguida monta-se as funções linearizadas para serem utilizadas no modelo de Programação Inteira Linear.

Na Figura nº 12 são mostrados, como exemplo, os pontos vazão x custo total da adutora 5R. Foi incluído na mesma o ponto de origem (vazão e custo iguais a zero), o qual se refere a não existência da adutora. Isso deve ser feito para as funções de todas as demais adutoras. Como se percebe, a inclusão de tal ponto na função resulta em formato que somente foi reproduzível

continuamente por polinômios de alto grau. Então optou-se pela linearização por segmentação, para simplificação dos procedimentos.

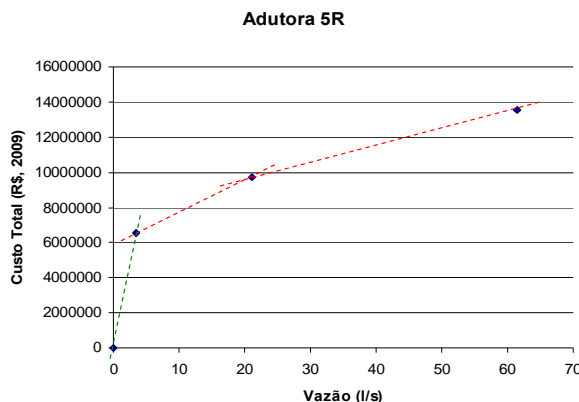


Figura nº 12 – Pontos para a função de custo total para a adutora 5R - Exemplo

Por meio da linearização, foi empregado o modelo de Programação Inteiro Linear, o qual converge mais facilmente para soluções factíveis, uma vez que permite a maximização de funções côncavas. Além disso, esse método, segundo Loucks e Stedinger (1981) e Loucks e Beek (2005), pode prover uma interpolarização linear entre duas adjacentes e pontos do segmento, que são representados por, como aqui chamamos, “sub-variáveis de decisão”.

A linearização por segmentação das funções de custo total das adutoras [$CT = f(Q)$]:

Nesse estudo a linearização das funções foi realizada por segmentação. Essa técnica pode ser implementada de diversas formas, todas acarretando ao modelo de PIL um acréscimo de variáveis. A forma adotada para segmentação é descrita a seguir.

Inicialmente define-se o significado e nomenclatura empregada para as variáveis, “sub-variáveis” (parcelas das variáveis), e constantes utilizadas na formulação destinada a segmentar as funções de custos totais das adutoras:

Variáveis de decisão: vazões Q_{iR} e Q_{jM} , em função das quais são calculados os custos totais de cada adutora. $i = (1, 2, \dots, 21)$ das adutoras por recalque, e $j = (1, 2, \dots, 27)$ das adutoras mistas.

4.10.6 As funções de Custo, linearizadas por segmentação

$$Q1R = (q0-1R \cdot Z1Ra + Q1Ra) + (q1-1R \cdot Z1Rb + Q1Rb) + (q2-1R \cdot Z1Rc + Q1Rc)$$

$$C1R = 0 + (c0-1R \cdot Z1Ra + a1-1R \cdot Q1Ra) + (c1-1R \cdot Z1Rb + a2-1R \cdot Q1Rb) + (c2-1R \cdot Z1Rc + a3-1R \cdot Q1Rc)$$

Buscando melhor explicitar a técnica de segmentação empregada, apresenta-se a seguir um exemplo, considerando a adutora 1R, o que inclui as linhas no modelo de Programação Inteiro Linear referentes a esta adutora.

Inicialmente é apresentada a curva de custo total da adutora 1R, Figura nº 14. A mesma apresenta os pontos calculados que a definem como uma função não-linear, ligados por segmentos de retas os quais necessitam ser formulados adequadamente.

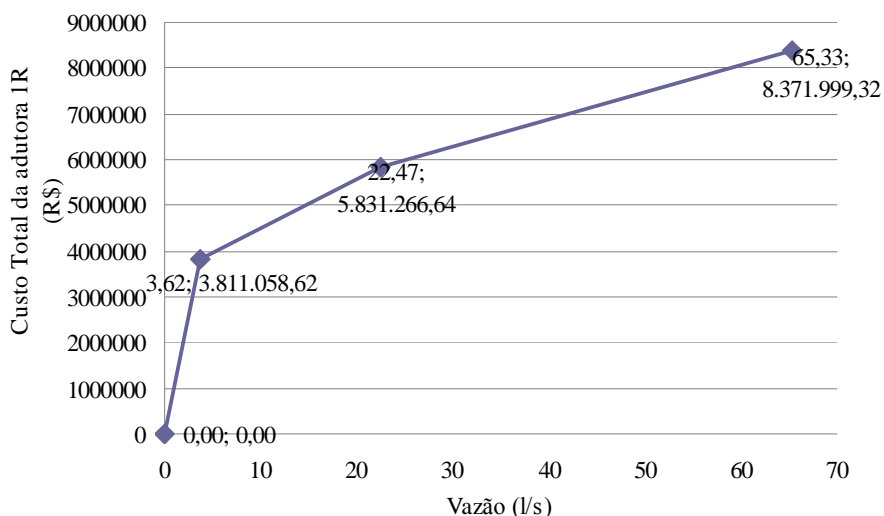


Figura nº 14 – Curva de custo total da adutora 1R - Exemplo

Para a função acima apresentada por três segmentos, definem-se os parâmetros:

- a) Coeficientes angulares dos segmentos – representam o gradiente ou taxa de cada segmento, possibilitando o cálculo em cada segmento do custo em função da vazão, exemplo:

$$a1-1R = 1.051.844,40 \text{ R\$/ (L/s)}$$

$$a2-1R = 107.211,08 \text{ R\$/ (L/s)}$$

$$a3-1R = 59.281,00 \text{ R\$/ (L/s)}$$

b) Pontos notáveis de cada segmento – com base nos mesmos é definido o início de cada segmento; com base neles e com o respectivo coeficiente angular do segmento neles iniciados se calculam os custos a partir das vazões.

$$(q0_1R ; c0_1R) = (0,00 ; 0,00)$$

$$(q1_1R ; c1_1R) = (3,62 ; 3.811.058,62)$$

$$(q2_1R ; c2_1R) = (22,47 ; 5.831.266,64)$$

Com estes elementos e valendo-se de variáveis inteiras binárias, apresenta-se a formulação empregada no modelo de Programação Inteira Linear, para a adutora 1R, na Figura nº 15, a seguir.

```

1) a1_1R = 1051844.40;
2) a2_1R = 107211.08;
3) a3_1R = 59281.00;
4) q0_1R = 0;
5) q1_1R = 3.62;
6) q2_1R = 22.47;
7) q3_1R = 65.33;
8) c0_1R = 0;
9) c1_1R = 3811058.62;
10) c2_1R = 5831266.64;

11) @GIN(Z1Ra); @GIN(Z1Rb); @GIN(Z1Rc);
12) Z1Ra + Z1Rb + Z1Rc <= 1;

13) Q1R = (q0_1R * Z1Ra + Q1Ra) + (q1_1R * Z1Rb + Q1Rb) + (q2_1R * Z1Rc + Q1Rc) ;

14) Q1Ra <= (q1_1R - q0_1R) * Z1Ra;
15) Q1Rb <= (q2_1R - q1_1R) * Z1Rb;
16) Q1Rc <= (q3_1R - q2_1R) * Z1Rc;

17) C1R = 0 + (c0_1R * Z1Ra + a1_1R * Q1Ra) + (c1_1R * Z1Rb + a2_1R * Q1Rb) + (c2_1R * Z1Rc
+ a3_1R * Q1Rc) ;

```

Figura nº 15 – Linhas de programação no modelo de PIL (LINGO), representando a função de custo total segmentada, para a adutora 1R

As linhas numeradas de 1 a 10, conforme Figura acima, atribuem valores às constantes definidas previamente.

A linha 11 mostra comando do software LINGO destinado a atribuir à variável entre parênteses a característica de ser inteira. A linha 12 força que as variáveis inteiras somadas assumam valor menor ou igual a 1 (um), portanto só restando as opções de todas serem zero, ou apenas uma delas ser igual a 1 (um). Com isso elas poderão tornar válido apenas um dos três segmentos da relação vazão x custo ou nenhum deles (o que ocorre quando a vazão é nula, ou seja, a adutora não é indicada).

A linha 13 refere-se ao valor que a vazão a ser aduzida na adutora 1R assume. Caso esta adutora não contribua para a otimalidade do resultado, as 3 (três) variáveis inteiras serão zero, anulando os três termos da expressão. Caso uma das 3 (três) variáveis inteiras seja igual a 1 (um), o termo respectivo se torna diferente de zero e os demais iguais a zero. Assim, Q1R assume um valor inicial dado pelo ponto notável de Vazão que inicia o respectivo segmento (por exemplo $q1_1R$ para $Z1Rb \neq 0$), adicionado à parcela de Vazão (no caso Q1Rb).

As linhas 14 a 16 também apresentam as variáveis inteiras binárias, assim nenhuma ou somente uma delas será diferente de zero. Aquela diferente de zero define o valor máximo que a parcela (“sub-variável” de decisão) da vazão pode assumir, isto é, limita o tamanho do segmento em termos da vazão.

Por fim, a linha 17 representa o cálculo do custo total da adutora 1R. Se todas as variáveis inteiras binárias forem iguais a zero, então todos os termos serão iguais a zero. Uma delas sendo diferente de zero, esse termo resultará no custo correspondente à vazão definida. O primeiro termo de cada parênteses valida o ponto notável referente ao custo que inicia o respectivo segmento. O segundo termo entre parênteses calcula a parcela de custo adicional ao custo que inicia o segmento respectivo. Com isso se completa a formulação da relação vazão x custo segmentada.

A execução dos cálculos do modelo matemático resultante foi realizada com o *software* LINDO SYSTEMS INC – The Modeling Language and Optimizer, versão LINGO-2007.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Da macro-região carente de abastecimento

Foi realizado um levantamento e seleção de poços existentes, cujas águas possuem características e padrões de potabilidade adequadas e vazões entre 10 e 450 m³/h. Com esses critérios foram identificados 287 poços, assumidos como potenciais mananciais de abastecimento para toda a bacia hidrográfica.

Estes mananciais que estão localizados em 23 municípios, constituem unidades de captação e produção dos Sistemas de Abastecimento de Água (S.A.A's), das sedes e alguns povoados dos 54 municípios inseridos nessa bacia. Com a locação geográfica que define as posições desses potenciais mananciais, assim como das sedes e povoados atendidos pelo abastecimento de água tratada dos sistemas da EMBASA, ficou definido em traçado gráfico dessa área (Figura nº 04) uma macro região carente da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru. Saliente-se que a carência mencionada refere-se à deficiência no abastecimento dos municípios, quando em geral apenas as sedes e distritos de maior porte são beneficiados por S.A.A's, mas grande parte de seus distritos e povoados têm deficiência em seu abastecimento de água.

5.2 Da Região Piloto para estudo

Por meio de questionários aplicados nas Prefeituras Municipais e povoados dos municípios integrantes da Região Piloto em estudo (Quijingue e Tucano), confirmamos a situação precária de abastecimento d'água. Esses dados constam nos Quadros C2 e C3 do Apêndice C.

Na Figura 16, abaixo, podem ser vistas na Bacia do Rio Itapicuru a macro região carente e a Região Piloto.

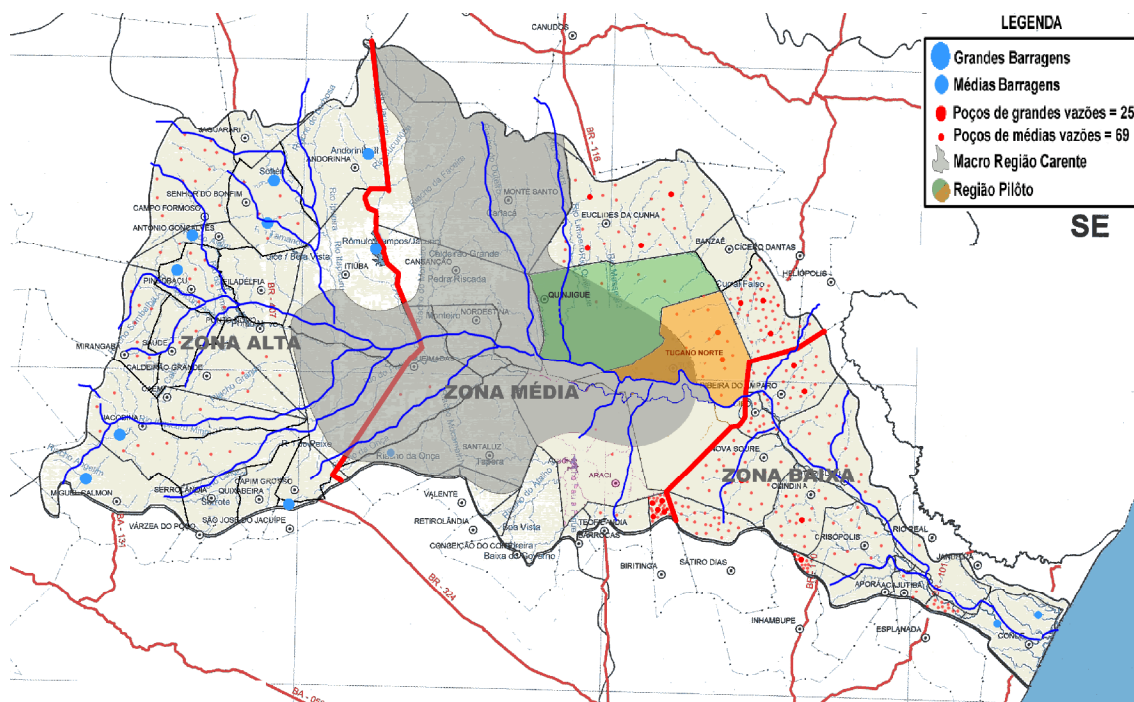


Figura nº 16 - Demarcação gráfica da macro região carente e Região Piloto

Fonte: Figura montada, sobre Mapa Oficial fornecido pela CERB e EMBASA/2007

Nesta macro região escolheu-se uma Região Piloto para estudo, composta pelo município de Quijingue e parte do município de Tucano, ambos localizados ao norte do Rio Itapicuru, em sua margem esquerda.

No Quadro 03, são apresentados os percentuais de atendimento às populações quanto ao abastecimento de água, considerando a condição desses atendimentos, onde se observa a predominância absoluta de povoados com condições de sistemas “precários” ou “inexistentes”. Os modelos de questionários e forma de entrevista com técnicos das Prefeituras, EMBASA e CERB, foram pesquisados conforme proposto por Álvares (2005).

Quadro nº 03 - Abastecimento atual dos municípios da Região Piloto

MUNICÍPIOS	SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO ATUAL	
	RAZOÁVEL ou BOM	PRECÁRIO ou INESISTENTE
TUCANO	34%	66%
QUIJINGUE	32%	68%

5.3 Resultados da pesquisa sobre o atual abastecimento d'água dos povoados

Os resultados dos questionários de pesquisa, aplicados, nas Prefeituras dos municípios da Região Piloto e nos povoados e localidades, estão apresentados nos (Quadros C2 e C3 – Apêndice C). Foi constatado que estes apresentam um precário ou inexistente abastecimento na maioria dos povoados (66% no município de Tucano e 68% em Quijingue), muito embora exista uma disponibilidade de mananciais na região que supera a demanda dessas comunidades, como é visto a seguir.

5.4 Balanço entre a disponibilidade e a demanda d'água na Bacia Hidrográfica do Itapicuru

Construída com base nos resultados apresentados na Tabela A02 do Apêndice A, a Tabela nº 15, mostra que a maior parte dos municípios que compõem a bacia (63%) são de médio porte (demandas entre 1.000 e 5.000 m³/dia). Mostra também que a maior demanda da bacia está na Zona Média (45%), embora apresente boa oferta de mananciais subterrâneos, sendo região onde situa-se a grande extensão da macro região deficiente.

Tabela nº 15 – Características e classificação das Zonas da bacia por demanda

ZONA	CARACTERÍSTICAS	CLASSIFICAÇÃO (PORTE)			DEMANDA m ³ /dia
		PEQUENO	MÉDIO	GRANDE	
ALTA (20,5 Municípios)	Zona de maior abundância de recursos hídricos de superfície e com o melhor abastecimento.	15%	75%	9%	52.983 =37%
MÉDIA (19,5 Municípios)	Zona com excelente oferta de recursos hídricos, subterrâneos, e com abastecimento precário. (macro região deficiente)	31%	43%	26%	64.610 =45%
BAIXA (14 Municípios)	Zona com boa oferta de recursos hídricos, subterrâneos, e com abastecimento razoável.	29%	71%	-	26.984 =19%
	Média/Total	25%	63%	12%	144.577

Os dados apresentados na Tabela A02 do Apêndice A, envolve o balanço entre a outorga de água (oferta permitida) e a demanda parcial (demanda atual), ou entre a outorga e a demanda real (necessária para o abastecimento da maioria da população dos povoados). Estes resultados mostraram que:

- Com o abastecimento atual, a situação geral apresenta um superávit de 149.283 m³/dia, considerado excelente para o atendimento atual;
- Na condição de abastecimento necessário, apenas com a distribuição adequada e eqüitativa dos mananciais disponíveis, ainda assim haveria um superávit de 79.930 m³/dia, não havendo razão para deficiência do abastecimento.

5.5 Elementos básicos considerados no modelo matemático para a Programação Linear

5.5.1 Resultado do cálculo das demandas das Unidades de Distribuição (UDs)

A partir da delimitação da Região Piloto e da definição dos aglomerados, foram estimadas as demandas dos seus povoados, o que consta nas Tabelas A3 e A4 do Apêndice A, de onde se sintetiza na Tabela nº 16, as demandas dos aglomerados indicados como Unidades de Distribuição (UDs).

Tabela nº 16 - Resumo de demandas dos aglomerados (Unidades de Distribuição)

Municípios	Aglomerados	Demanda (l/s)
TUCANO	1T	47,98
	2T	15,09
	3T	36,69
QUIJINGUE	1Q	22,04
	2Q	20,89
	3Q	6,23

5.5.2 Resultado da estimativa das vazões explotáveis nos Pontos de Produção (PPs)

Considerando a delimitação da Região Piloto e a definição de aglomerados de povoados, foram identificados os potenciais mananciais para abastecimento dos mesmos. As disponibilidades que constam nas Tabelas B1 a B3 do Apêndice B, deram origem às vazões máximas explotáveis nos Pontos de Produção (PPs) que poderão abastecer as Unidades de Distribuição (UDs), o que é resumido na Tabela nº 17, a seguir.

Tabela nº 17 – Resumo dos poços selecionados, com suas vazões explotáveis máximas, nos Pontos de Produção (PPs)

MUNICÍPIO	MANANCIAIS	NOME	POÇO (m ³ /h)	PONTO DE PRODUÇÃO
<i>TUCANO</i>	02 POÇOS	OLHOS D'ÁGUA + BOQUEIRÃO	71,27	PP1T
	POÇO	FAZ. CAMPINHOS	210,00	PP2T
	POÇO	FAZ. CAMPINHOS	210,00	PP3T
	POÇO	TIRIRICA	72,00	PP4T
<i>QUIJINGUE</i>	POÇO	CRU - PROJETO TUCANO	248,25	PP1Q
	POÇO	TERRA BRANCA	158,4	PP2Q
	POÇO	SANTA RITA (MACETÉ)	39,6	PP3Q
	02 POÇOS	FAZ. CAZAMBÚ + FAZ. TÁBUAS	42,29	PP4Q

5.5.3 Resultado dos cálculos das vazões em função dos diâmetros

Para o cálculo das vazões em função dos diâmetros, utilizou-se o método descrito na Metodologia e pode-se ver as planilhas com todas as vazões calculadas no Apêndice D.

5.5.4 Resultado dos cálculos das potências em função das vazões

Para o cálculo das potências em função das vazões, utilizou-se o procedimento descrito na Metodologia e pode-se ver as planilhas com as potências e vazões calculadas no Apêndice D.

5.5.5 Resultados dos custos de implantação das adutoras de recalque

Os custos de implantação das adutoras, conforme informações na metodologia podem ser vistos no Apêndice E.

5.5.6 Resultados dos custos de implantação das estações elevatórias

Os custos de implantação das estações elevatórias, conforme apresentado na metodologia, foram determinados em função das potências dos equipamentos, conforme tabela de custos da EMBASA. As planilhas de cálculo podendo ser vistas no Apêndice E.

5.5.7 Resultados dos Custos do consumo de energia

As tabelas mostradas no Apêndice E, mostra o resultado dos cálculos dos custos de energia, para uma variação de potência de equipamentos de 1 a 500CV, considerando o procedimento de cálculo mostrado na metodologia.

5.5.8 Resultados dos custos de manutenção das estações elevatórias

Os custos de manutenção das estações elevatórias, conforme informações na metodologia, foram determinados em função das potências dos equipamentos, conforme tabela de custos da EMBASA, podendo ser visto, também, no Apêndice E.

5.5.9 Custo total das adutoras em função das vazões

O custo total representa a soma dos custos: implantação das adutoras + implantação das estações elevatórias + consumo de energia + manutenção das E.Es. As vazões variam de 5,21 a 73,49 l/s, visto os limites mínimos e máximos, necessárias para cada adutora. Observam-se custos totais crescentes com os valores crescentes das vazões para cada adutora. Para os custos totais ver planilhas de cálculos no Apêndice E.

5.6 Modelo matemático para solução por Programação Linear

A formulação do modelo matemático para a solução do problema envolvido neste estudo está relatada na metodologia. Sua estrutura lógica está apresentada no Apêndice G, onde consta a listagem do modelo.

5.7 Resultados do modelo de Programação Linear (P.L.) para o problema

Após definição das funções linearizadas de custo de cada adutora em função das Vazões do trecho, determinou-se a função objetivo a qual expressa a minimização dos custos totais em conjunto, e as restrições do problema, tendo-se obtido como resultado a situação otimizada para as adutoras ligando PP's às UD's, conforme a Tabela nº 18 e Figura nº 17, adiante.

Na Tabela nº 18 são apresentados os resultados obtidos a partir da otimização a qual conduziu sua função objetivo ao mínimo custo global otimizado, igual a R\$15.145.440,00. Das 48 alternativas de adução o modelo conduziu à solução com apenas seis adutoras (17R, 20R, 5M, 6M, 9M e 18M), duas com adução por recalque (R) e quatro por gravidade (M).

Na Figura nº 17, abaixo, são apresentadas, com segmentos vermelhos as adutoras resultantes do processo de otimização. Assim, podem ser observadas as alternativas originais e o resultado a partir do critério de minimização de custos.

Tabela nº 18 – Resultados: vazões e custos das adutoras otimizadas

ADUÇÃO	ADUTORA	VAZÃO(l/s)	CUSTO (R\$)	ADUÇÃO	ADUTORA	VAZÃO(l/s)	CUSTO (R\$)
Adução por Recalque	1R	0,00	0,00	Mistas (recalque poço-superfície e adução por gravidade)	1M	0,00	0,00
	2R	0,00	0,00		2M	0,00	0,00
	3R	0,00	0,00		3M	0,00	0,00
	4R	0,00	0,00		4M	0,00	0,00
	5R	0,00	0,00		5M	15,09	3.149.410,00
	6R	0,00	0,00		6M	36,69	1.388.151,00
	7R	0,00	0,00		7M	0,00	0,00
	8R	0,00	0,00		8M	0,00	0,00
	9R	0,00	0,00		9M	47,98	4.129.123,00
	10R	0,00	0,00		10M	0,00	0,00
	11R	0,00	0,00		11M	0,00	0,00
	12R	0,00	0,00		12M	0,00	0,00
	13R	0,00	0,00		13M	0,00	0,00
	14R	0,00	0,00		14M	0,00	0,00
	15R	0,00	0,00		15M	0,00	0,00
	16R	0,00	0,00		16M	0,00	0,00
	17R	22,04	3.279.829,00		17M	0,00	0,00
	18R	0,00	0,00		18M	20,89	801.596,80
	19R	0,00	0,00		19M	0,00	0,00
	20R	6,23	2.397.327,00		20M	0,00	0,00
	21R	0,00	0,00		21M	0,00	0,00
					22M	0,00	0,00
					23M	0,00	0,00
					24M	0,00	0,00
					25M	0,00	0,00
					26M	0,00	0,00
					27M	0,00	0,00
CUSTO MÍNIMO GLOBAL OTIMIZADO: 15.145.440,00							

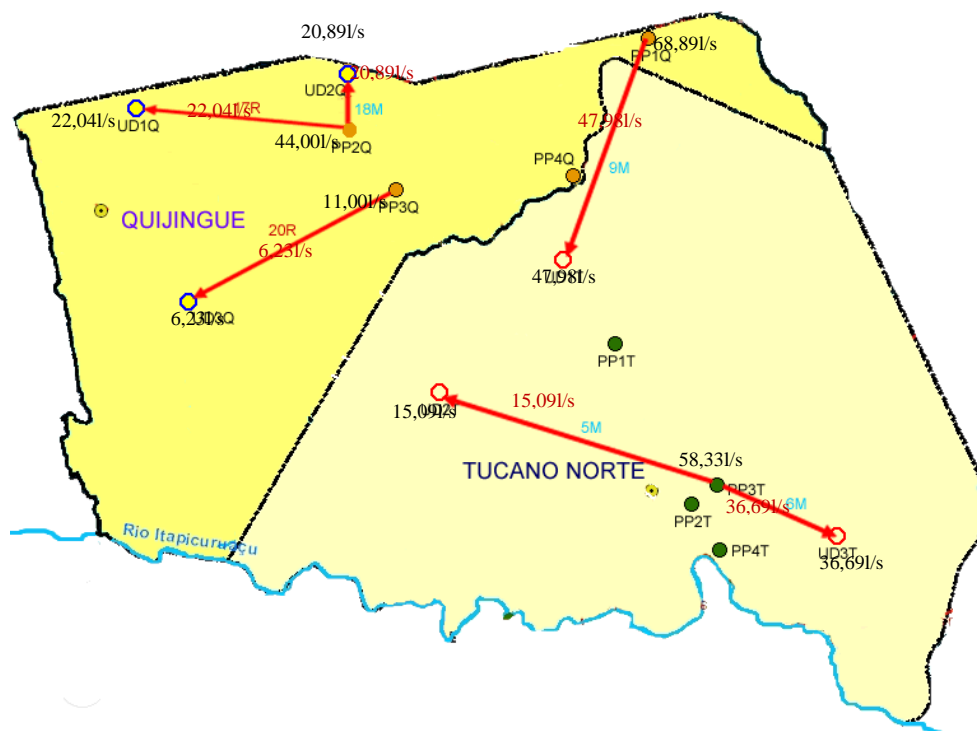


Figura nº 17 – O resultado da solução otimizada mostrando as vazões das PPs, das UD e das adutoras

O resultado da soma das vazões, das opções de adutoras com origem em cada Ponto de Produção (PP), assim como da soma das Vazões das opções de adutoras que têm destino em cada Unidade de Distribuição (UD), é listado abaixo (em negrito, as variáveis que resultaram com valores maiores que zero):

a) Vazão total nos Pontos de Produção:

A soma das vazões das opções de adutoras que têm origem nos Pontos de Produção de Tucano, PP1T, PP2T e PP4T, e de Quijingue, PP4Q, não foram considerados para suprimento, conforme o resultado otimizado.

A soma das vazões das opções de adutoras que têm origem em:

$$PP3T = (Q4M + \mathbf{Q5M} + \mathbf{Q6M} + Q7M + Q8M + Q10R) = \mathbf{51,78l/s};$$

$$PP1Q = (\mathbf{Q9M} + Q10M + Q11M + Q12M + Q13M + Q14M) = \mathbf{47,98l/s};$$

$$PP2Q = (Q15M + Q16M + Q17M + \mathbf{Q17R} + \mathbf{Q18M} + Q19M) = \mathbf{42,93l/s};$$

$$PP3Q = (Q20M + Q21M + Q22M + Q18R + Q19R + \mathbf{Q20R}) = \mathbf{6,23l/s};$$

b) Vazão total nas Unidades de Demanda:

A soma das vazões das opções de adutoras com destino na:

$$UD1T = (Q1R + Q1M + Q4M + Q11R + \mathbf{Q9M} + Q15M + Q20M + Q23M) = \mathbf{47,98 l/s} ;$$

$$UD2T = (Q2R + Q2M + \mathbf{Q5M} + Q12R + Q10M + Q16M + Q21M + Q24M) = \mathbf{15,09 l/s} ;$$

$$UD3T = (Q3R + Q3M + \mathbf{Q6M} + Q13R + Q11M + Q17M + Q22M + Q25M) = \mathbf{36,69 l/s} ;$$

$$UD1Q = (Q4R + Q7R + Q10R + Q14R + Q12M + \mathbf{Q17R} + Q18R + Q21R) = \mathbf{22,04 l/s} ;$$

$$UD2Q = (Q5R + Q8R + Q7M + Q15R + Q13M + \mathbf{Q18M} + Q19R + Q26M) = \mathbf{20,89 l/s} ;$$

$$UD3Q = (Q6R + Q9R + Q8M + Q16R + Q14M + Q19M + \mathbf{Q20R} + Q27M) = \mathbf{6,23 l/s}$$

No Quadro nº 04 abaixo, podem ser vistas todas as opções de adutoras PPs-UDs apresentadas, mostrando o resultado da solução ótima do modelo de Programação Inteiro Linear, representados pelas adutoras: 5M; 6M; 9M; 17R; 18M e 20R.

Quadro nº 04 – Adutoras PPs – UDs, marcadas as opções contempladas da solução otimizada da PL

ADUTORAS PPs - UDs									
				TUCANO			QUIJINGUE		
				UD1T 47,98 (l/s)	UD2T 15,09 (l/s)	UD3T 36,69 (l/s)	UD1Q 22,04 (l/s)	UD2Q 20,89 (l/s)	UD3Q 6,23 (l/s)
TUCANO	OLHOS D'ÁGUA+ BOQUEIRÃO	PP1T	71,27 (m³/h) = 19,8 (l/s)	1R 36,69km	2R 40,59km	3R 8,75km	4R 3,58km	5R 62,65km	6R 62,22km
	CAMPINHOS 1	PP2T	210,00 (m³/h) =58,33 (l/s)	1M 20,39km	2M 24,69km	3M 8,13km	7R 57,43km	8R 46,46km	9R 46,61km
	CAMPINHOS 2	PP3T	210,00 (m³/h) =58,33 (l/s)	4M 20,47km	5M 25,16km	6M 7,84km	10R 57,69km	7M 46,32km	8M 47,13km
	TIRIRICA	PP4T	72,00 (m³/h) =20,00 (l/s)	11R 24,15km	12R 27,60km	13R 6,48km	14R 60,65km	15R 50,42km	16R 49,24km
QUIJINGUE	CRÚ	PP1Q	248,00 (m³/h) = 68,89 (l/s)	9M 27,01km	10M 32,97km	11M 44,27km	12M 43,42km	13M 25,20km	14M 43,28km
	TERRA BRANCA	PP2Q	158,40(m³/h) = 44,00 (l/s)	15M 22,10km	16M 20,90km	17M 50,22km	17R 18,11km	18M 5,25km	19M 17,93km
	MACATÉ	PP3Q	39,60 (m³/h) = 11,00 (l/s)	20M 15,70km	21M 14,98km	22M 43,88km	18R 23,09km	19R 11,02km	20R 18,76km
	CAZAMBÚ + TÁBUAS	PP4Q	42,29 (m³/h) = 11,75 (l/s)	23M 13,64km	24M 19,70km	25M 35,29km	21R 37,48km	26M 21,18km	27M 33,41km

As conclusões obtidas foram:

As UDs de menores demandas, UD2T e UD3Q ($Q \leq 20,89$ L/s), são abastecidas por apenas uma opção de produção cada, muito embora lhes tenham sido oferecidas oito opções de abastecimento, respectivamente, com as mais variadas vazões e extensões. Assim, se vê que a otimização seleciona dentre as opções variadas, aquela que melhor contribua para o ótimo global.

As UDs de maiores demandas (UD1T e UD3T, com $Q \geq 36,69$ L/s), que também foram oferecidas oito opções de adução, tiveram como resultado o abastecimento com adutoras Mistas de origem em PPs de maior Vazão de produção (PP3T e PP1Q), muito embora não sejam necessariamente os mais próximos.

A Unidade de Distribuição UD1T (demanda 47,98 L/s), beneficiada pelo Ponto de Produção PP1Q (capacidade produtiva = 68,89), através da adutora 9M (27,01km), tinha alternativas

mais próximas para seu abastecimento, os Pontos de Produção PP4Q (13,64km) e PP3Q (15,70km) respectivamente com disponibilidades de 11,75L/s e 11,00L/s, correspondendo às adutoras 23M e 20M. Neste caso vê-se que foram descartados por não poderem suprir sozinhos integralmente a demanda, o que exigiria complementação por outra adutora, alternativa de custo adicional.

A UD2T (com demanda de 15,09L/s), que foi beneficiada pelo Ponto de Produção PP3T (com capacidade de produção = 58,33 L/s), através da adutora 5M (L=25,16km), tinha alternativa mais próxima para seu suprimento, o PP2T (com capacidade também = 58,33 L/s), através da adutora 2M (L=24,69), assim como o PP2Q (com produção de 44,00L/s), através da adutora 16M (L=20,90km), ambas do tipo Mista. Mas no caso do PP3T, o custo total da adução, mais reduzido, compensou a pequena diferença de distância a ser vencida pelo PP2T. No caso do PP2Q, tinha produção maior que a necessária, mas provavelmente com excedente que representou maior custo.

Também no caso da UD3Q, a solução foi a adutora 20R (por recalque, L=18,76km) a partir do PP3Q (com produção =11,00L/s). No entanto, havia a alternativa de adução por gravidade pela adutora 19M (L=17,93km), a partir do PP2Q,(com produção satisfatória =44,0L/s) e com distância não muito diferente. Neste caso, o sistema optou por usar PP2Q para atender a UD1Q e UD2Q, considerando na função de custo um valor menor para atender as duas, que para atender UD3Q por gravidade, muito embora tendo que atender UD1Q por recalque e abastecer UD3Q a partir de PP3Q, distância maior e por recalque, mas resultando assim numa opção sistêmica de custo menor.

Visando uma avaliação adicional a cerca dos resultados obtidos, buscou-se verificar as relações Custo total da adutora / Vazão, Custo total da adutora / Extensão assim como, Custo total da adutora / habitante atendido, para as adutoras selecionadas. As Tabelas nº19, nº20 e nº21, abaixo, dispõe essas informações.

Tabela nº19 – Adutoras selecionadas e as relações C/Q e C/L

PPs/UDs	ADUTORA	CUSTO, C (R\$)	VAZÃO, Q (l/s)	EXTENSÃO, L (m)	RELAÇÃO	
					C / Q	C / L
PP3Q/UD3Q	20R	2.397.327,00	6,23	18.760,00	384.803,69	127,79
PP3T/UD2T	5M	3.149.410,00	15,09	25.160,00	208.708,41	125,18
PP2Q/UD1Q	17R	3.279.829,00	22,04	18.110,00	148.812,56	181,11
PP2Q/UD2Q	18M	801.596,80	20,89	5.250,00	38.372,27	152,69
PP3T/UD3T	6M	1.388.151,00	36,69	7.840,00	37.834,59	177,06
PP1Q/UD1T	9M	4.129.123,00	47,98	27.010,00	86.059,25	152,87

Na Figura nº 18, a seguir, são mostradas as relações custo/vazão e custo/extensão, possibilitando observar: em (a) que ocorre uma tendência à economia de escala à medida que se tenha maiores vazões, com uma taxa de descréscimo aproximadamente logarítmica; em (b) ocorre uma dispersão que não possibilita identificar associação entre custos unitários (por comprimento) e a extensão das adutoras.

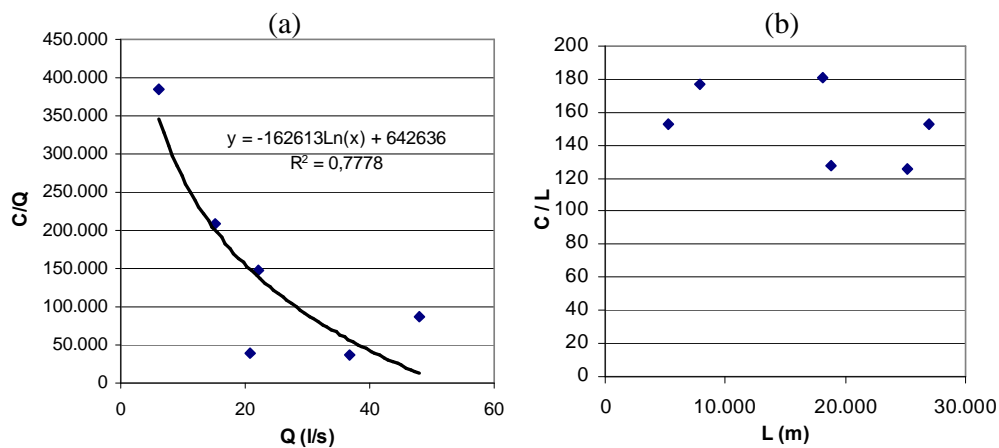


Figura 18 – Relações (a) custo x vazão (C/Q) e (b) custo x extensão (C/L)

Tabela nº 20 – Relação: custo total da adução por habitante, CT/hab.

MUNI- CÍPIO ATEN- DIDO	PPS/UDS	ADU- TORA	EXTEN- SÃO (L)	VAZÃO (Q)	L/Q	CUSTO TOTAL DA ADUTORA, CT (R\$)	POPULAÇÃO ATENDIDA, P (hab)		RELAÇÃO, CT/P Custo de adução por habitante atendido (R\$/hab)
Q	PP2Q/UD1Q	17R	18.110,00	22,04	821,69	3.279.829,00	UD1Q	7.934	413,39
	PP2Q/UD2Q	18M	5.250,00	20,89	251,32	801.596,80	UD2Q	7.520	106,60
	PP3Q/UD3Q	20R	18.760,00	6,23	3.011,24	2.397.327,00	UD3Q	2.241	1.069,76
T	PP1Q/UD1T	9M	27.010,00	47,98	562,94	4.129.123,00	UD1T	17.271	239,08
	PP3T/UD2T	5M	25.160,00	15,09	1.667,33	3.149.410,00	UD2T	5.432	579,79
	PP3T/UD3T	6M	7.840,00	36,69	213,68	1.388.151,00	UD3T	13.208	105,10

Tabela nº 21 – Relação custo de adução/habitante, crescente, comparada à relação extensão/vasão, das adutoras contempladas na otimização

RELAÇÃO, CT/P = Custo de adução por habitante atendido (R\$/hab)		ADU- TORA	RELAÇÃO L/Q extensão/vasão	MUNI- CÍPIO ATEN- DIDO
menores custos de adução	105,00 a 107,00	18M	251,00	Q
		6M	214,00	T
	239,00	9M	563,00	T
maiores custos de adução	413,00 a 580,00	17R	822,00	Q
		5M	1.667,00	T
	1070,00	20R	3.011,00	Q

De posse do custo total de cada adutora, por habitante atendido (CT/hab.), Tabelas nº 20 e nº 21, acima, podemos observar:

- 1) Essa relação tem tendência de crescimento de forma proporcional ao crescimento dos valores da relação extensão/vasão (L/Q), mostrando com isso a necessidade de menores cocientes ($L/Q \leq 563,00$), para soluções de menores custos de adução, ou seja: não se justifica adutoras extensas com pequenas vasões, muito embora a situação inversa possa ser viável.
- 2) A maior incidência de menores custos de adução por habitante, estão no município com maior população (Tucano) a ser abastecida, assim como a maior incidência de custos mais altos, estão no município com menor população de demanda (Qijungue).
- 3) Os maiores custos de adução por habitante apresentam-se nas adutoras por Recalque ou nas adutoras Mistas com altos cocientes: extensão/vasão (L/Q).

CAPÍTULO 6 CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa indicaram haver considerável superávit, no balanço Produções x Demandas, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, uma vez que existe excedente hídrico tendo em conta a demanda atendida atual das comunidades. Esse excedente representa quase o dobro da demanda atendida ($= 149.283,00 \text{ m}^3/\text{dia} = 1,96 \times 75.792,00 \text{ m}^3/\text{dia}$) e mesmo que atenda à demanda total necessária ($= 145.145,00 \text{ m}^3/\text{dia}$), o potencial hídrico da bacia formado por barragens de acumulação e pelos mais expressivos poços do aquífero da bacia hidrogeológica de Tucano, não somente seria suficiente, como ainda apresentaria um superávit de Vazão de $79.930 \text{ m}^3/\text{dia}$. (Tabela A02–Apêndice A).

Dos estudos realizados foi verificado que menos de 35% dos povoados e comunidades dos Municípios de Quijingue e de Tucano, respectivamente, estão sendo abastecidos de forma boa ou razoavelmente, enquanto que quase de 70% deles têm abastecimentos precários (com sistemas simplificados deficitários, através de carros pipa ou encontram-se desabastecidos de água potável).

Observou-se que a Zona Média da bacia possui uma demanda atendida atual que representa 42% da demanda necessária. Na Zona Baixa esse percentual é de 55% e na Zona Alta é de 62%. Portanto, a Zona Média é a mais carente de abastecimento e também apresenta hoje um superávit na relação oferta demanda, que comparado com o superávit que teria na condição ideal de abastecimento (abastecendo a grande maioria) $= 3,4$ vezes maior ($= 50.003,00/15.661,00$), aproximadamente o dobro das relações da Zona Alta ($= 1,4 = 70.257,00/50.237,00$) e Zona Baixa ($= 1,9 = 26.023,00/14.032,00$), o que significa dizer que, mesmo com toda deficiência na Zona Média, causada pela má distribuição de água, seu potencial de abastecimento promove uma sobra teórica que, comparada com a sobra que teria para atender ao necessário, tem uma relação bem mais vantajosa que as outras Zonas. Ver detalhes – Tabela A02 – Apêndice A.

A denominada Região Piloto (formada pelos municípios de Quijingue e Tucano), tem carências de abastecimento, mas seu potencial produtivo pode abastecer a todos os

aglomerados de Povoados, o que configura um contracenso (Potencial de produção hídrica = $1.051,81 \text{ m}^3/\text{dia} = 292,17 \text{ l/s}$; Demandas = $536,11 \text{ m}^3/\text{h} = 148,92 \text{ l/s}$).

Analisando os resultados quanto ao atendimento das condições-limite de Produção, nos PPs e de Demanda, nas UD's (restrições do modelo de PL), verifica-se que todas foram consideradas plenamente atendidas:

- A soma das vazões das opções de adutoras que saem de cada Ponto de Produção (PP1T,PP2T,PP3T e PP4T, PP1Q,PP2Q,PP3Q e PP4Q), apresentou valores menores do que suas vazões de produção;
- A soma das vazões das opções de adutoras que chegam a cada Unidade de Distribuição (UD1T,UD2T,UD3T e UD4T, UD1Q,UD2Q,UD3Q e UD4Q), apresentou valores iguais à sua demanda.

A solução “ótima” obtida com o modelo de Programação Linear, apresentou um resultado de menor custo para o problema proposto, uma vez que o algoritmo da PIL faz a pesquisa do ótimo global, considerando as diversas alternativas como um todo e não tentando o menor custo individual de cada adutora PP \rightarrow UD.

As UD's do Município de Tucano, que apresentam praticamente o dobro da demanda das UD's de Quijingue, apresentam também o dobro de adutoras Mistas, viabilizando as adutoras gravitacionais, para as UD's de maiores demandas, na otimização.

Uma análise dos resultados obtidos com a Programação Linear mostra como a consideração de diversos fatores, em conjunto, conduz à alternativa de menor custo global, o que não seria uma solução trivial por procedimento de simples de comparação. Como exemplo, observam-se os casos abaixo que poderiam confundir um analista, caso não se valesse de abordagem sistêmica. O critério de proximidade (menor extensão de adutoras) nem sempre pode ser aplicado.

Com esses exemplos vê-se que, a suposição de se priorizar o emprego de adutoras por gravidade devido ao seu menor custo, não se aplica a todos os casos. O fator distância deve ser observado, o que conduz a soluções preferíveis, mesmo por recalque. É o caso da UD1Q, por ser abastecida pelo PP2Q, via a adutora 17R. Neste caso havia a alternativa de suprimento

pelo PP1Q, por gravidade (adutora 12M) e com vazão suficiente, mas situado a uma distância desfavorável.

O resultado otimizado apresentou a utilização de duas das vinte e uma opções apresentadas de adutoras de Recalque (=9,5%), enquanto que aproveitou quatro das vinte e sete opções apresentadas das adutoras Mistas (=14,8%). Tendo-se que o custo operacional das adutoras Mistas (com maiores trechos de gravidade), é significativamente menor que o das adutoras de Recalque, essa tendência seria esperada. Mesmo assim, as duas aduções por recalque mostram que outras condicionantes levaram à necessidade de sua consideração, por exemplo, o aumento gradativo dos custos de adução, tem uma relação direta com o aumento de vazão da adutora.

Foram portanto, confirmadas as hipóteses desse trabalho:

- Da possibilidade de atender a demanda dos povoados e comunidades da Região Piloto, com o potencial de recursos hídricos subterrâneos, satisfatórios em qualidade e vazão, ali existentes;
- De existir a possibilidade de solução de menor custo para o abastecimento de forma abrangente à maioria dos povoados, através de planejamento integrado com sistema composto por várias opções de pontos de produção, interligados através de adutoras por gravidade e por recalque às unidades de distribuição estrategicamente localizadas em cada aglomerado de povoados; e,
- A de que o uso de técnicas de otimização têm a capacidade de encontrar as melhores soluções para a distribuição de água com o menor custo-benefício.

Dessa forma, a pesquisa mostrou a solução dos ressaltados problemas;

- A identificação da Macro Região Carente composta por municípios com povoados e comunidades de abastecimento deficiente ou inexistente, que foi mostrada.
- O segundo problema; com relação ao potencial dos recursos hídricos, suas localizações e vazões de produção na região estudada, foi mostrado através do estudo de identificação, caracterização e de comprovação de auto-suficiência ao atendimento à toda demanda necessária.

- O terceiro e último problema, relativo à solução do abastecimento de todos os aglomerados de povoados da Região Piloto, também foi solucionado, estudando as várias opções possíveis de adução e otimizando o resultado, através de um modelo de planejamento integrado eficiente.

Benefícios ambientais

Uma das principais premissas do projeto desta Dissertação esteve no compromisso com os benefícios ambientais promovidos pelos efeitos dessa pesquisa. Entre os principais destacamos:

- A maior utilização dos aquíferos subterrâneos, disponíveis com potencial de quantidade e qualidade de água para o abastecimento humano, conduz à redução da pressão sobre os reservatórios superficiais das grandes barragens, contribuindo com sua proteção ambiental e minimizando a necessidade de novas construções, promotoras de impactos negativos.
- Maior preservação do Rio Itapicuru, com sua perenização parcialmente comprometida através das captações irregulares para unidades de abastecimento e suas conseqüências de degradação ambiental da qualidade da água e assoreamentos.
- Maior proteção da fauna e da flora, através da utilização regrada dos reservatórios superficiais naturais, e ainda possibilitando maiores condições para ocorrência de vazões remanescentes nas calhas fluviais.

Desenvolvimento de estudos, como este, sobre a distribuição da água para todos, visa melhor elucidar os seus fatores determinantes e apontar para a necessidade de novas pesquisas. Essas pesquisas irão contribuir para subsidiar as decisões dos governantes na concepção de políticas públicas, e também, para o desenvolvimento de metodologias que contribuam para garantir o acesso ao direito fundamental humano de consumo de água potável.

Sugestões para estudos futuros

Tendo em vista que esses problemas estão relacionados a variáveis sócio-econômicas e culturais que precisam ser enfrentadas e solucionadas globalmente por meio de várias ações, recomendam-se estudos técnicos e sócio-econômicos que visem:

Quanto ao abastecimento d'água:

- Melhorar o serviço prestado de abastecimento de água, incorporando uma avaliação crítica e metodológica, para monitorização do sistema distribuidor visando a universalização;
- Planejamento sistêmico integrado, com vistas a poder desta forma atender a todos, a partir da metodologia desenvolvida nessa Dissertação.
- Incorporação de novas técnicas de análise que somem qualitativamente com as análises de relação custo/benefício;
- Formas de se atingir e garantir a qualidade e maior eficácia dos SAA's.

Estudos sócio-econômicos:

- Identificação de melhor para elevar as condições sócio-econômicas gerais da população, de modo que possa contribuir para a melhoria das condições de vida;

Quanto ao Saneamento:

- Promover o planejamento das ações de saneamento, envolvendo os prestadores de serviço (concessionárias), a participação dos cidadãos e da sociedade civil organizada;
- Ampliação do atendimento.

Considerações finais

Por fim, no que se refere a possíveis avanços no trabalho desenvolvido nesta dissertação, observa-se que diversos fatores podem contribuir nesse sentido:

- melhoria da base de dados e informações, aumentando o grau de confiabilidade nos elementos quantitativos considerados, reduzindo incertezas na modelagem e nos resultados obtidos;

- considerar custos compostos a partir de pesquisa de mercado atualizada, considerando as diferentes realidades de custos conforme a região em foco, além das atualizações monetárias;
- considerar os dados reais (e não médios) dos poços, especialmente quanto ao seu nível dinâmico e, se possível, a sua curva de vazões vs. níveis dinâmicos;
- considerar, sempre que possível e aplicável, o abastecimento conjunto a partir de águas subterrâneas e superficiais, avaliando suas conveniências;
- utilização de Programação Não-Linear, com o que poderia melhorar a precisão das relações de custo e outras, normalmente não-lineares, assim representadas mais fielmente;
- considerar no algoritmo da otimização as possibilidades de mais de uma UD ser abastecida por uma dada adutora, caso não representado no modelo desta dissertação;
- considerar o traçado real das adutoras, isto é, considerando suas verdadeiras extensões e a topografia real, o que foi simplificado por adutoras retilíneas no modelo desenvolvido;
- analisar a conveniência da concepção adotada de UD's abastecendo conjunto de povoados, a partir do que poderia ser desenvolvida otimização adicional das distribuições aos povoados a partir das UD's (otimização em menor escala);
- por fim, efetuar análise comparativa com a adoção de práticas tradicionais para a concepção, planejamento e projeto dos sistemas de adução e abastecimento, frente ao emprego de técnicas otimizantes, assim possibilitando avaliação de efetivas perdas e ganhos com a utilização de tais técnicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVARES, M. L. P. **Qualidade bacteriológica da água distribuída e consumida antes e após o Programa Bahia Azul: Fatores determinantes na Cidade do Salvador**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 157f., 2005.

AZEVEDO NETO, J. M.; ALVAREZ, G. A. C. **Manual de Hidráulica**. 6ª ed. Vol I. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 190p., 1977.

BAHIA, Governo do Estado. *Lei nº 6.924 de 17 de nov. de 1995: Estabelece medidas para a divulgação de análises da qualidade da água potável*. Salvador: Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação/Governo do Estado da Bahia, 1995.

BARBOSA, P. S. F. **Modelos de programação Linear em Recursos Hídricos**. In: PORTO, R.L. et al., Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos. 1 ed. São Paulo: ABRH/UFRGS, cap.3, p.97-163, 1997.

BORJA, P. C. O conceito da sustentabilidade em Sistemas de Saneamento: Controvérsias e Ambigüidades. **Revista de Arquitetura e Urbanismo**, Salvador, v.1, p.124-135, 2006.

BRAGA, B. P. F. **Técnicas de otimização e simulação aplicadas em sistemas de recursos hídricos**. In: BARTH, F. T. et al. Modelos para gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH/Nobel, cap.5, p.427-518, 1987.

BRASIL, CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Texto Constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, cap. II, art. 22, inc. IV, p.32, 2005.

Carta da Terra – valores e princípios para um futuro sustentável. CDDH-Petrópolis/MMA/Itaipú Binacional. ED. Stampa, Petrópolis – RJ, 2004

CERB – Companhia de Engenharia Rural da Bahia. Disponível em documentos internos: Cadastramento de dados de poços da CERB no Estado da Bahia. Junho/2006.

COHON, J. L. Multiobjective programing and planning. New York: Academic Press, (Mathematics in Science Engineering, 140), 33p., 1978.

CREDER, H. *Instalações elétricas*. Rio de Janeiro: 4º ed., vol.I. Livros técnicos e científicos Editoras S/A., Cap. 3-4, p.139-169, 1975.

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, E. M. Otimização das Obras de controle de cheias em uma Bacia Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.12, n.2, 64p, 2007.

EMBASA – Empresa Bahiana de Águas e Saneamento. Disponível em documentos internos: Cadastro de sistemas, tabelas de custos de manutenção e de controles operacionais e resumo dos mananciais. s.n., s.d., 2006.

GETIRANA, A. C. V.; AZEVEDO, J. P. S.; MAGALHÃES, P. C. Conflitos pelo uso da Água no setor Agrícola no Norte Fluminense (I): Propostas de soluções e análises através de Programação Linear. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.12, n.2, 64p, 2007.

HALL, W. A.; BUTCHER, W. S.; ESOGBUE, A. Optimization of the operation of a multiple purpose reservoir by dynamic programming. *Water Resources Research*, v.4, n.3, p.471-477, 1968.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N. O.; SPERLING, M. V.; NAGHETTINI, M. Investigação Científica em Engenharia Sanitária e Ambiental – Parte 3: análise estatística de dados e de modelos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, Ano 1 – Vol.4, out./dez. de 1996, p.152-186.

IBGE. *Censo Demográfico 2000*. Brasília: FIBGE, 2002a.

JOHNSON, L. E. Water resources management decision support systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, v.112, n.3, p.308-325, 1986.

LABADIE, J. W. Otimização da operação de projetos hidroagrícolas. Brasília: PRONI, 249p., 1987.

_____; SULLIVAN, C. H. Computadorized decision support systems for water managers. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, v.112, n.3, p.299-307, 1986.

LANNA, A.E. Planejamento e avaliação de recursos hídricos. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1988.

LINDO SYSTEMS INC. The Modeling Language and Optimizer. Copyright, by LINDO SYSTEMS INC., e published by: LINDO SYSTEMS INC, 698p., 2007.

LOPES, Ignez Vidigal et al. *Gestão Ambiental no Brasil – 4ª Edição*: Editora FGV, Rio de Janeiro, 2001.

LOUCKS, D. P.; BEEK, E. V. **Water Resources Systems Planning and Management An Introduction to Methods, Models and Applications**. Fonte: UNESCO, p.81-570, 2005.

LOUCKS, D.; STEDINGER, J. R. **Water Resource Systems Planning and Analysis**. Ney Jersey: Prentice- Hall, p.15-82. 1981.

LOURES, L. G. Exemplos clássicos do planejamento de bacias hidrográficas no mundo. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 1977, Belo Horizonte. Simpósio sobre bacias hidrográficas e planejamento regional. Belo Horizonte: ABES.

LUZ, L. D. Análise de critérios simplificados para outorga dos direitos de uso da água na Bacia do Rio Grande, Bahia: Uma análise multiobjetivo. Dissertação (Pós-Graduação – Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 124p., 1994.

MAYS, L. W.; TUNG, Yeou-Koung: **Hydrosystems Engineering e Management**. United States of America: McGraw-Hill, p.11-105, 1992.

MEDEIROS, Y. P.; OCCHIPINTI, A. G. Aplicação de programação linear inteira 0 (zero) e 1 (um) na otimização de recursos hídricos a múltiplos propósitos. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Salvador. Anais... São Paulo: ABRH, v.1, p.291-302, 1987.

MORAES, L. R. S. *et al.* – “Projeto de Saneamento Ambiental com Sustentabilidade para Pequenas Localidades”. In: Anais do XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro (Brasil), p.3462-3474. 1 CD, 1999.

_____. Controle de qualidade da água de redes de distribuição: necessidade de mudança de procedimento de coleta de amostras. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ABES, s.p., 1995.

OLAOGHAIRE, D. T.; HIMMELBLAU, D. M. Optimal expansion of a water resources system. New York: Academic Press, (Water Pollution), 273p., 1974.

OLIVEIRA, E. G.; RUTKOWSKI, E. “O saneamento urbano sob a ótica dos agentes sociais: A questão da sustentabilidade”. In: Anais do XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Alegre (Brasil), setembro de 2000.

ORRICO, S. R. M. *Sistema associativo de saneamento e seus efeitos sobre a população em comunidades do semi-árido baiano*. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 131f., 2003.

PINGRY, D. E.; SHAFTEL, T. L.; BOLES, K. E. Role for decision-support systems in water delivery design. Journal of Water Resources Planning and Management, New York, v.117, n.6, p. 629-644, 1991.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos: EESC-USP, p.52-130, 2003.

PORTO, R. L. L. **Técnicas Quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre: UFRGS, p15-251, 1997.

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIJINGUE/BAHIA. Disponível em documentos internos: Relação de povoados e populações. Julho/2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUCANO/BAHIA. Disponível em documentos internos: Relação de povoados e populações. Julho/2007.

PRIMO, D. C. **Histórico das Perturbações versus Degradações, das Matas ciliares do Rio Itapicurú-Acú, nos Municípios de Ponto Novo e Filadélfia/Ba.** Monografia (Licenciatura em Ciências e Biologia) – Universidade do Estado da Bahia, Senhor do Bonfim. 73f., 2003 .

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS DA BAHIA. Disponível em documentos internos: Geoprocessamento da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru (agosto/2006); Documento de outorgas dos mananciais da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru (março/2007).

SELBONE, L. A ética do uso da água doce. In: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA, Brasília. Anais... Brasília, p.11, 2001.

SENRA, J. B.; JÚNIOR, F. P. UMA NOVA CULTURA DA ÁGUA REQUER UM NOVO JEITO DE PLANEJAR, Brasília. Anais... Brasília, p.3, 2005.

SMITH, D. V. Systems analysis and irrigation planning. Journal of the Irrigation and Drainage Division, New York, v.99, n.1, p.89-107, 1973.

TUCCI, C. E. M. As fases do planejamento integrado numa bacia hidrográfica. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1982.

_____. **Modelos matemáticos em hidrologia e hidráulica.** Rio de Janeiro: RBE, 3v., 578p., 1986.

_____. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH, 670p., 1998.

_____. A ética do uso da água doce. In: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA, Brasília. Anais... Brasília. p.57-82, 2001.

_____. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: UFRGS/ABRH, p.744-764, 2004.

VIEIRA NETO, J. F. Dimensionamento ótimo do sistema de irrigação e barragens da bacia do Rio Acaraú – Ce. Porto Alegre: UFRGS – Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, 1990, 123f. Dissertação (Mestrado).

WURBS, R. “Reservoir-system simulation and optimization models”. Journal of Water Resouces Planning and Management, ASCE, v.119, n.4, p.455-472, 1993.

_____. **Manual de Hidráulica – Vol I.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, p.252, 1977.

_____. UMA NOVA CULTURA DA ÁGUA REQUER UM NOVO JEITO DE PLANEJAR, Brasília. Anais... Brasília, p.9, 2005.

Acesso Internet:

CONSTITUIÇÃO DO ESTADO DA BAHIA. Disponível em: <<http://www.al.ba.gov.br/arquivos/constituicao2007.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2007.

COSTA, Heitor Scalabrini. Artigo: Pequenas Obras, Grandes Soluções. MC Systems. Disponível em <<http://www.mcsystems.com.br/artigos>>. Acesso em: 04 jan. 2006.

FREITAS, Pedro Luiz de. EMBRAPA, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>> Acesso em: 14 mai. 2006.

INSTITUTO SÓCIOAMBIENTAL – ISA. Artigo: Água – O risco da escassez. Disponível em: <<file:///A:/Água - O risco da escassez Instituto Socioambiental - ISA. htm>>. Acesso em: 14 dez. 2005.

LUDEMIR, Pedro Luiz de. EMBRAPA, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.no.com.br/especiais>>. Acesso em: 21 dez. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/guarani>>. Acesso em: 12 mar. 2006.

MITTELMANN, H.D. Benchmarks for Optimization Software. Disponível em: <<http://plato.asu.edu/bench.html>>. DEPARTMENT OF Math and Stats – Arizona State University, 2005. Acesso em: 10 fev. 2006.

OPAS, Representação Sanitária Pan-Americana. Escritório Regional da OMS. *Água e Saúde*. OPAS/OMS, 2001b. Disponível em: <<http://www.cepis.org.pe>>. Acesso em: 30 ago. 2008.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS DA BAHIA. Disponível em <<http://www.srh.ba.gov.br>>. Acesso em: 25 nov. 2005.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ. Disponível em: <<http://www.universidadedaagua.com.br>>. Acesso em: abr. 2006.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. Disponível: <<http://www.universidadedaagua.com.br>>. Acesso em: 21 dez. 2005.

APÊNDICE AP

MUNICÍPIOS POR ZONAS

POPULAÇÕES E DEMANDAS POR ZONAS

O BALANÇO HÍDRICO

POPULAÇÕES E DEMANDAS DOS AGLOMERADOS

Quadro AP 01 – Municípios que compõem as respectivas zonas da Bacia Hidrográfica
 Informações: site: www.srh.ba.gov.br

ZONA ALTA – 20,5 município			
Proximidade		Afastado	
Miraganba Saúde Caldeirão Grande Ponto Novo Itiuba Queimadas	Antonio Gonçalves Pindobaçu Filadélfia Caem Jacobina	Miguel Calmon Várzea do Poço Serrolandia Jaguarari Andorinha	- Quixabeira Capim Grosso São José do Jacuípe Campo Formoso Senhor Bonfim
= 52%		= 48%	

ZONA MÉDIA - 19,5 municípios			
Proximidade		Afastado	
Queimadas Nordestina Santa Luz	Arací Tucano Cansanção Quingigue	Valente Retirolândia Teofilândia Biritinga Barrocas Conceição do Coité	Monte Santo Euclides da Cunha Ribeira do Pombal Banzaê Uauá Canudos Cícero Dantas
= 35%		= 65%	

ZONA BAIXA - 14 municípios			
Proximidade		Afastado	
Cipó Nova Soure Olindina Crisópolis Itapicuru	Rio Real Acajutiba Esplanada Conde	Sátiro Dias Inhabupe Aporá Ribeira do Amparo Jandaíra	
= 64%		= 36%	

Tabela A01 - Populações e Demandas d'água por Zona da Bacia - fonte: www.sei.ba.gov.br

QTDE.	ZONA	MUNICÍPIO	% DA ÁREA DENTRO DA BACIA	POPULAÇÃO hab.	CLASSIFICAÇÃO (PORTE)	DEMANDA (m3/dia)
1	ALTA	VARZEA DO POÇO	50	3.628	PEQUENO PORTE = 15% Pop.: até 7000 hab. Demanda: até 1000m³/dia	544,00
2		MIRANGABA	33	4.688		703,00
		JAGUARARÍ	20	5.387		808,00
3		SERROLANDIA	60	7.624	MÉDIO PORTE = 75% Pop.:7000 a 35000 hab. Demanda : 1000 a 5000 m³/ dia	1.144,00
4		SÃO JOSÉ DO JACUIPE	100	8.635		1.295,00
5		QUIXABEIRA	100	8.912		1.337,00
6		ANTONIO GONÇALVES	100	9.108		1.366,00
7		CALDEIRÃO GRANDE	100	10.857		1.629,00
8		SAÚDE	100	11.498		1.725,00
9		CAEM	100	12.003		1.800,00
10		CAMPO FORMOSO	20	12.376		1.856,00
11		QUEIMADAS	100	12.389		1.858,00
1/2		ANDORINHA	100	15.557		2.334,00
12		FILADELFIA	100	17.133		2.570,00
13		PONTO NOVO	100	17.141		2.571,00
14		MIGUEL CALMON	68	19.504		2.926,00
15		PINDOBAÇU	100	20.416		3.062,00
16		CAPIM GROSSO	100	24.361		3.654,00
17		JACOBINA	40	30.567	GRANDE PORTE = 9% Pop.: ≥ 35000 hab.	4.585,00
18		ITIÚBA	100	35.691		5.354,00
19		SENHOR DO BONFIM	100	65.743		9.861,00
20						52.983,00
1	MÉDIA	CANUDOS	10	1.376	PEQUENO PORTE = 31% Pop.: até 7000 hab. Demanda : até 1000m³/dia	206,00
2		UAUÁ	10	2.618		393,00
3		BARROCAS	35	3.971		596,00
4		RETIROLANDIA	40	4.352		653,00
5		BIRITINGA	30	4.388		658,00
6		CÍCERO DANTAS	20	6.277	MÉDIO PORTE = 43% Pop.:7000 a 35000 hab. Demanda : 1000 a 5000 m³/ dia	942,00
7		TEOFILANDIA	40	8.118		1.218,00
8		VALENTE	50	9.644		1.447,00
9		BANZÃO	100	11.113		1.667,00
10		NORDESTINA	100	12.102		1.815,00
1/2		QUEIMADAS	100	12.389		1.858,00
11		SANTA LUZ	80	24.774		3.716,00
12		QUINGUE	100	26.665		4.000,00
13		CONCEIÇÃO DO COITÉ	50	28.379	GRANDE PORTE = 26% Pop.: ≥ 35000 hab. Demanda	4.257,00
14		CANSANÇÃO	100	32.107		4.816,00
15		RIBEIRA DO POMBAL	80	37.371		5.606,00
16		ARACÍ	100	47.628		7.144,00
17		TUCANO	100	51.432		7.715,00
18		MONTE SANTO	95	51.922		7.788,00
19		EUCLIDES DA CUNHA	100	54.106		8.116,00
19						64.610,00
1	BAIXA	JANDAÍRA	25	2.563	PEQUENO PORTE = 29% Pop.: até 7000 hab. Demanda : até 1000m³/dia	384,00
2		ESPLANADA	10	2.771		416,00
3		INHAMBUPE	10	3.003		450,00
4		APORÁ	35	5.903		885,00
5		RIBEIRA DO AMPARO	70	9.720	MÉDIO PORTE = 71% Pop.:7000 a 35000 hab. Demanda : 1000 a 5000 m³/ dia	1.458,00
6		ACAJUTIBA	70	10.107		1.516,00
7		CONDE	60	12.560		1.884,00
8		SÁTIRO DIAS	80	14.070		2.111,00
9		CIPÓ	100	14.520		2.178,00
10		ITAPICURU	60	16.569		2.485,00
11		CRISÓPOLIS	100	19.259		2.889,00
12		RIO REAL	60	20.344		3.052,00
13		OLINDINA	100	24.176		3.626,00
14		NOVA SOURE	100	24.329		3.649,00
14						26.984,00
					TOTAL	144.577,00

*Tabela A02 - Déficits e Superávites de abastecimento d'água das zonas da bacia Hidrográfica do rio Itapicuru
fonte: dados fornecidos pela EMBASA / CERB- setembro / 2006*

ZONA	MUNICÍPIOS	VAZÕES DE ABASTECIMENTO PELA EMBASA/CERB (Sede + Alguns Povoados)			DEMANDA NECESSÁRIA (m³/dia)	DÉFICIT / SUPERÁVIT.(m3/dia)	
		SEDE + ALGUNS POVOADOS	DEMANDA ATENDIDA(m3/d)	OUTORGA PARCIAL(m3/d)		OUTORGA - DEMANDA NECESSÁRIA	OUTORGA - DEMANDA ATENDIDA
ALTA	Várzea do Poço (50%)			0,00	544,00		
	Mirangaba (33%)	01	127,00	101,00	703,00		
	Jaguarari (20%)	06	501,00	831,00	808,00		
	Serrolândia (60%)	04	844,00	8.494,00	1.144,00	B. de Serrolandia	
	São José Jacuipe (100%)		786,00	7.397,00	1.295,00	B de S José Jacuipe	
	Quixibeira (100%)	08	782,00	0,00	1.337,00		
	Antonio Gonçalves (100%)	04	1.139,00	538,00	1.366,00	B. do Aipim	
	Caldeirão Grande (100%)	03	715,00	2.925,00	1.629,00		
	Saúde (100%)	01	1.092,00	960,00	1.725,00		
	Caém (100%)	01	306,00	960,00	1.800,00		
	Campo Formoso (20%)	01	764,00	9.920,00	1.856,00		
	Queimadas (50%)	02	169,00	5.078,00	1.858,00		
	Andorinha (100%)	01	898,00	1.390,00	2.334,00		
	Fildelfia (100%)	11	1.612,00	4.110,00	2.570,00		
	Ponto Novo (100%)	02	1.389,00	10.668,00	2.571,00	B de Ponto Novo	
	Miguel Calmon (68%)	05	1.831,00	0,00	2.926,00		
	Pindobaçu (100%)		1.224,00	6.575,00	3.062,00	B. de Pindobaçu	
	Capim Grosso (100%)	05	3.726,00	4.383,00	3.654,00	B.de Pedras Altas	
	Jacobina (40%)	06	3.788,00	5.888,00	4.585,00	B. Itapicuruzinho	
	Itiúba (100%)	03	1.977,00	2.506,00	5.354,00		
	Senhor do Bonfim (100%)	27	9.861,00	31.064,00	10.430,00		
	TOTAL		33.531,00	103.788,00	53.551,00	50.237,00	70.257,00
MÉDIA	Canudos (10%)		147,00	1.344,00	206,00		
	Uauá (10%)		126,00	480,00	393,00		
	Barrocas (35%)		215,00		596,00		
	Retirolândia (40%)	03	380,00		653,00		
	Biritinga (30%)	01	329,00	16.240,00	658,00		
	Cícero Dantas (20%)		689,00	1.408,00	942,00		
	Teofilândia (40%)	09	860,00		1.218,00		
	Valente (50%)	32	1.205,00		1.447,00		
	Banzaé (100%)		710,00		1.667,00		
	Nordestina (100%)	02	671,00		1.815,00		
	Queimadas (50%)	02	169,00	5.078,00	1.858,00		
	Santa Luz (80%)	05	353,00		3.716,00		
	Quinjique (100%)	66	1.594,00	4.568,00	4.000,00		
	Conc. Do Coité (50%)	49	3.208,00		4.257,00		
	Cansanção (100%)	29	2.771,00	12.416,00	4.816,00		
	Ribeira do Pombal (80%)	04	4.131,00	3.036,00	5.606,00		
	Araci (100%)	02	2.986,00	18.038,00	7.144,00	B. de Araci	
	Tucano (100%)	45	2.314,00	17.664,00	7.715,00		
	Monte Santo (95%)	13	1.165,00		7.788,00		
	Euc. Da Cunha (100%)	35	3.246,00		8.116,00		
	TOTAL		27.269,00	80.272,00	64.611,00	15.661,00	53.003,00
BAIXA	Jandaíra (25%)	02	217,00	3.072,00	384,00		
	Esplanada (10%)		325,00	2.032,00	416,00		
	Inhambupe (10%)		248,00	1.344,00	450,00		
	Aporá (35%)	19	764,00	3.648,00	885,00		
	Ribeiro do Amparo (70%)	01	202,00	1.616,00	1.458,00		
	Acajutiba (70%)	01	1.219,00	3.360,00	1.516,00		
	Conde (60%)	06	1.630,00	3.700,00	1.884,00		
	Sátiro Dias (80%)		880,00	5.528,00	2.111,00		
	Cipó (100%)	01	1.606,00	1.920,00	2.178,00		
	Itapicuru (60%)	03	256,00	2.880,00	2.485,00		
	Crisópolis (100%)	01	1.176,00	5.520,00	2.889,00		
	Rio Real (60%)	01	2.216,00	2.074,00	3.052,00		
	Olindina (100%)	01	2.181,00	2.688,00	3.626,00		
	Nova Soure (100%)	01	2.072,00	1.633,00	3.649,00		
	TOTAL		14.992,00	41.015,00	26.983,00	14.032,00	26.023,00
	TOTAL - GERAL		75.792,00	225.075,00	145.145,00	79.930,00	149.283,00

OBS: 1) Demanda atendida= atendimento bom + precário 2) A Macro Região Carente está na Zona média 3) As vazões de Abastecimento foram calculadas considerando período de operação diária = 8 hs 4) Os percentuais na coluna de Municípios representam a parte do mesmo, dentro da Bacia, para que a Demanda fosse calculada usando-se à População existente apenas naquela área. 5) Em alguns Municípios, foram consideradas produções apenas de Barragens, em outros, de Barragens e Poços viáveis 6) As Outorgas consideradas foram de 10% do volume acumulado das bacias das Barragens,a cada ano, segundo a conseção da SRH.

Tabela A3 – Resumo de Populações e Demandas dos aglomerados de Povoados de Quijingue

AGLO M.	POVOADO	Nº FAMÍLIAS	POPULAÇÃO (HAB.)		DEMANDA	
			DO POV.	DO AGLOM.	m³/dia	l / s
1	1 SEDE	1.182	5319	7.934	79,34	22,04
	2 FAZ. BOA ESPERANÇA	4	18			
	3 FAZ. BOA VISTA	22	99			
	4 FAZ. LAGOA DO GONÇALO	7	32			
	5 FAZ. LAGOA DO MALHADO	5	23			
	6 FAZ. LAGOINHA	20	90			
	7 FAZ. POCINHO	4	18			
	8 FAZ. RIO DA ONÇA	18	81			
	9 FAZ. SALGADO	6	27			
	10 FAZ. VELHA	6	27			
	11 FAZ. LAGOA DA GAMELEIRA	9	41			
	12 JUREMA	85	383			
	13 LAGOA DA EMA	67	302			
	14 LAGOINHA DAS PEDRAS	104	468			
	15 POÇO DA CARAIBA	3	14			
	16 SERRINHA	38	171			
	17 TERRA BRANCA	183	824			
2	1 FAZ. CURRAL SALGADO	1	5	7.520	75,20	20,89
	2 ALGODOES	662	2979			
	3 CAPIM GROSSO	64	288			
	4 FAZ. BAIXA DAS CABAÇAS	9	41			
	5 FAZ. BOQUEIRAO	7	32			
	6 FAZ. GAMELEIRA	6	27			
	7 FAZ. LAGOA DO POÇO	8	36			
	8 FAZ. LAGOA DOS CAGADOS	76	342			
	9 FAZ. LAGOA FUNDA	13	59			
	10 FAZ. MARIA PRETA	9	41			
	11 FAZ. PÉ DO OITEIRO	5	23			
	12 LAGOA DA PEDRA	44	198			
	13 LAGOA DA SERRA	44	198			
	14 OURICURI	90	405			
	15 PAU DE COLHER	13	59			
	16 PEDRA D'AGUA	26	117			
	17 SALGADINHO-1	19	86			
	18 SANTA RITA	50	225			
	19 SERRA BRANCA	91	410			
	20 FAZ. BEBEDOURO	1	5			
	21 FAZ. PEDRA RASA	7	32			
	22 FAZ. POÇO DA UMBURANA	3	14			
	23 FAZ. CURRAL QUEIMADO	10	45			
	24 MACETE	348	1566			
	25 RIO VERMELHO	22	99			
	26 FAZ. BAIXA DO SERRADO	2	9			
	27 FAZ. RIACHO(LAGOA) DO POÇO	8	36			
	28 FAZ. RIACHO DO CARARICE	23	104			
	29 FAZ. LAGOA DA PRATA	10	45			
3	1 FAZ. CAMARA	7	32	2.241	22,41	6,23
	2 FAZ. LAGOA DA PEDRA	31	140			
	3 FAZ. LAVARINTO	16	72			
	4 LAGOA DA SERRINHA	12	54			
	5 LAGOA DO MATO	72	324			
	6 SÍTIO	70	315			
	7 FAZ. SOBARA	38	171			
	8 FAZ. PICADA	1	5			
	9 BOA VISTA DO ZEZE	98	441			
	10 FAZ. POÇO DA CRUZ	8	36			
	11 FAZ. LAGOA DO SALVADOR	1	5			
	12 FAZ. LAGOA DO BRAS	3	14			
	13 ALTO	49	221			
	14 FAZ. PINTADA	17	77			
	15 FAZ. BARRA	13	59			
	16 FAZ. DA PEDRA	9	41			
	17 FAZ. MANDACARU	14	63			
	18 FAZ. MOREIRA	7	32			
	19 FAZ. SAMAMBAIA	2	9			
	20 FAZ. SACO DO CEDRO	30	135			
			TOTAL	17.694	176,94	49,15

Tabela A4 – Resumo de Populações e Demandas dos Aglomerados de Povoados de Tucano

AGLOM.	POVOADO		Nº FAMÍLIAS	POPULAÇÃO HAB.		DEMANDA	
				DO POVOADO	DO AGLOM.	m³ / h	l / s
1	1	ASSENTAMENTO GRAVATA	73	329	17.271	172,71	47,98
	2	CAJUEIRO / MANGUEIRA	198	891			
	3	FAZ. SERROTE / CARNAIBA DE CIMA	53	239			
	4	FAZ. OLHOS D'ÁGUA DA SERRA	42	189			
	5	FAZ. COITE	47	212			
	6	FAZ. MALHADA DO UMBU	43	194			
	7	FAZ. VARZINHA	41	185			
	8	SEDE	3061	13775			
	9	RIACHO DO CARARICE	25	113			
	10	CAMPINHO DE CIMA (CAMPINHOS)	136	612			
	11	MATO VERDE	20	90			
	12	OVO 2 (FAZ. DO OVO)	64	288			
	13	FAZ. SACO GRANDE	35	158			
2	14	BAIXA DO CABRITO	58	261	5.432	54,32	15,09
	15	BIZAMUM	57	257			
	16	FAZ. LAGOA DE DENTRO	93	419			
	17	FAZ. OITEIRO	31	140			
	18	FAZ. SALGADO	76	342			
	19	FAZ. SERRADOR	42	189			
	20	LAGOA DOS QUATIS	149	671			
	21	QUIXABA (SANTA RITA)	209	941			
	22	RUA NOVA	333	1499			
	23	CACHOEIRA	100	450			
	24	CIPO DE LEITE	10	45			
	25	ALAGOINHAS		0			
	26	CASA NOVA	49	221			
3	27	BREJO DA SILVA	50	225	13.208	132,08	36,69
	28	QUIXABA DE SANTA RITA	82	369			
	29	PEDRA	38	171			
	30	CALDAS DO JORRO	1298	5841			
	31	CAUANGA	44	198			
	32	CRENGUENHEM	268	1206			
	33	FAZ. ALGODOES/BELA VISTA	50	225			
	34	FAZ. BOQUEIRAO DA FLEXA	55	248			
	35	FAZ. PEDRA GRANDE (DO CURTUME)	104	468			
	36	FAZ. BANANEIRAS	50	225			
	37	FAZ. SAO FELIX	55	248			
	38	MANDASSAIA	239	1076			
	39	MARIZA	91	410			
	40	TIRIRICA	124	558			
	41	UMBURANINHA	107	482			
	42	BANANA	160	720			
	43	ROÇADINHO	35	158			
	44	PASSAGEM	35	158			
	45	BREJO DA SILVA	50	225			
				TOTAL	35.910	359,10	99,75

APÊNDICE B

OS MANANCIAIS DE PRODUÇÃO

AS UNIDADES DE DISTRIBUIÇÃO DA REGIÃO PILOTO

AS ADUTORAS PPs - UD_s

Tabela B3 - Poços viáveis dos Municípios da Região Piloto, com marcação dos selecionados para Pontos de Produção

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	VAZAO(m3/h)	CLORETOS	DUREZA
QUIJINGUE (09)	CAZAMBU	21,99	57,91	80,77
	CRU - PROJETO TUCANO	248,25	3,00	64,00
	LAGOA DAS PEDRAS	34,41	22,00	88,98
	MACETÉ	12,16	59,85	122,40
	SACO DO CEDRO	18,39	84,46	177,00
	SANTA RITA	39,60	74,00	146,00
	TABUA	20,30	63,68	96,67
	TANQUE DO RUMO	16,12	40,99	60,18
	TERRA BRANCA	158,40	49,44	54,00
TUCANO (33)	ASSENTAMENTO SÃO JOSÉ DO MARIMBÁ	31,68	145,00	126,00
	BARRA DO MACETÉ	16,16	37,00	61,30
	BOQUEIRAO OU BOQUEIRAO DO SACO	27,28	32,01	
	CABRITO OU BAIXA DO CABRITO	31,68	197,69	41,42
	CAJUEIRO	31,68		
	CALDAS DO JORRO	18,00	40,00	120,00
	CALDAS DO JORRO	131,97	27,85	139,27
	CALDAS DO JORRO	99,00		
	CANABRAVA UM	25,52	87,87	
	FAZ. CAMPINHOS - AGROVILA	25,54	45,00	73,50
	FAZ. CAMPINHOS - PROJ.DE IRRIGAÇÃO	210,00	43,90	84,90
	FAZ. CAMPINHOS - PROJ.DE IRRIGAÇÃO	210,00	14,00	58,70
	FAZ. GRAVATA	49,50	37,03	88,04
	FAZ. PAI MIGUEL (THIAGO) *	19,80		
	FAZ. PAI MIGUEL - PROJETO NORTE DE ARACI	263,98	57,90	41,20
	FAZ. PAU DE RATOS	23,97	61,86	107,79
	FAZ. UMBURANAS - PROJETO NORTE DE ARACI	287,02	88,10	73,80
	GRENGUENHEM	58,60	21,63	93,00
	IPUPU	34,41	90,74	111,37
	JORRINHO	31,68	20,00	43,90
	OLHOS D'ÁGUA	43,99	124,00	192,00
	OLHOS D'ÁGUA	12,50	150,00	675,00
	OLHOS D'ÁGUA	27,28	387,51	438,81
	PARQUE BALNEÁRIO (CALDAS DO JORRO)	113,11	15,92	103,11
	PEDRA GRANDE UM	43,92	135,28	186,24
	PINHAO	20,00		
	POCAO	52,80	33,00	61,50
	RUA NOVA	20,84	46,00	56,90
	SEDE	21,00		
	SEDE	39,60		
	TIRIRICA	72,00	49,74	74,08
	TUCANO DE FORA OU BURACO DO VENTO	12,16	91,21	106,90
	VISTA BELA	21,38	43,77	57,60
	POÇOS SELECIONADOS PARA PONTOS DE PRODUÇÃO			

Tabela B4 - Mananciais a serem usados como Pontos de Produção da Região Piloto

MUNICÍPIO	MANANCIAIS	NOME	POÇO (m3/h)	PONTO DE PRODUÇÃO
TUCANO	02 POÇOS	OLHOS D'ÁGUA + BOQUEIRÃO	71,27	PP1T
	POÇO	FAZ. CAMPINHOS	210,00	PP2T
	POÇO	FAZ. CAMPINHOS	210,00	PP3T
	POÇO	TIRIRICA	72,00	PP4T
QUIJINGUE	POÇO	CRU - PROJETO TUCANO	248,25	PP1Q
	POÇO	TERRA BRANCA	158,4	PP2Q
	POÇO	SANTA RITA (MACETÉ)	39,6	PP3Q
	02 POÇOS	FAZ. CAZAMBÚ + FAZ. TÁBUAS	42,29	PP4Q

Tabela B5 - Localização Geográfica de PPs e UD's, nos Povoados

REGIÃO PILOTO	LOCALIZAÇÃO (POVOADOS OU LOCALIDADES)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
QUIJINGUE	QUIJINGUE SEDE	477.034	8.811.311
	TERA BRANCA (PP2Q)	497.000	8.818.000
	MACETÉ (PP3Q)	502.000	8.813.000
	POVOADO DO CRÚ (PP1Q)	524.000	8.827.000
	CAZAMBÚ (PP4Q)	516.000	8.814.000
	FAZENDA TÁBUAS (PP4Q)	517.000	8.814.000
	FAZENDA LAGOINHA (UD1Q)	480.000	8.820.000
	FAZENDA LAGOA DAS ÁGUAS (UD2Q)	497.000	8.821.000
	FAZENDA LAGOA DA PEDRA (UD3Q)	486.000	8.807.000
TUCANO	TUCANO SEDE	523.000	8.788.000
	FAZENDA OLHOS-D'ÁGUA	519.000	8.803.500
	FAZENDA CAMPINHOS 1 (PP2T)	526.047	8.786.842
	FAZENDA CAMPINHOS (PP3T)	527.155	8.786.782
	TIRIRICA (PP4T)	527.796	8.782.605
	FAZENDA MALHADA DO UMBÚ (UD1T)	512.000	8.811.000
	FAZENDA BIZAMUM (UD2T)	502.000	8.797.000
	FAZENDA BOQUEIRÃO (UD3T)	538.000	8.786.000

Tabela B6 – Informações geométricas das adutoras, destacando a forma de adução, vazões explotáveis e demandas

ADUTORAS PPs - UDs									
				TUCANO			QUIJINGUE		
				UD1T	UD2T	UD3T	UD1Q	UD2Q	UD3Q
				47,98 (l/s)	15,09 (l/s)	36,69 (l/s)	22,04 (l/s)	20,89 (l/s)	6,23 (l/s)
TUCANO	OLHOS D'ÁGUA+ BOQUEIRÃO	PP1T	71,27 (m³/h) = 19,8 (l/s)	1R L= 36,69km dif. Nível = -94 ,54m	2R L= 40,59km dif. Nív = - 47,53m	3R L= 8,75 km dif. nível = -87,77m	4R L= 73,58km dif.nível = -229,53m	5R L= 62,65km dif.nível = -144,28m	6R L= 62,22km dif.nível = -124,62m
	CAMPINHOS 1	PP2T	210,00 (m³/h) =58,33 (l/s)	1M L= 20,39km dif.nível = 12,48m	2M L= 24,69km dif.nível = 55,49m	3M L= 8,13km dif.nível = 15,25m	7R L= 57,43km dif.nível = -126,51m	8R L= 46,46km dif.nível = -41,26m	9R L= 46,61km dif.nível = -21,60m
	CAMPINHOS 2	PP3T	210,00 (m³/h) =58,33 (l/s)	4M L= 20,47km dif.nível = 55,18m	5M L= 25,16km dif.nível= 98,19m Q5M = 15,09 C5M= 24.071.740	6M L= 7,84km dif.nível =57,95m Q6M = 36,69 C6M= 1.388.151	10R L= 57,69km dif.nível = -83,81m	7M L= 46,32km dif.nível = 1,44m	8M L= 47,13km dif.nível = 21,10m
	TIRIRICA	PP4T	72,00 (m³/h) =20,00 (l/s)	11R L= 24,15km dif.nível = - 78,07m	12R L= 27,60km dif.nível = - 35,07m	13R L= 6,48km dif.nível = -75,31m	14R L= 60,65km dif.nível = -217,06m	15R L= 50,42km dif.nível = -131,81m	16R L= 49,24km dif.nível = -112,15m
QUIJINGUE	CRÚ	PP1Q	248,00 (m³/h) = 68,89 (l/s)	9M L= 27,01km dif.nível =221,20m Q4M = 47,98 C4M = 4.129.123	10M L= 32,97km dif.nível = 264,21m	11M L= 44,27km dif.nível = 223,97m	12M L= 43,42km dif.nível = 82,21	13M L= 25,20km dif.nível = 167,46m	14M L= 43,28km dif.nível =187,12m
	TERRA BRANCA	PP2Q	158,40(m³/h) = 44,00 (l/s)	15M L= 22,10km dif.nível = 99,30m	16M L= 20,90km dif.nível =142,31m	17M L= 50,22km dif.nível =102,06m	17R L= 18,11km dif. nível= -39,69m Q4M = 22,04 C4M = 3.279.829	18M L= 5,25km dif.nível =45,56m Q4M = 20,89 C4M =801.596,80	19M L= 17,93km dif.nível = 65,22m
	MACATÉ	PP3Q	39,60 (m³/h) = 11,00 (l/s)	20M L= 15,70km dif.nível = 5,04m	21M L= 14,98km dif.nível = 48,05m	22M L= 43,88km dif.nível = 7,81m	18R L= 23,09km dif.nível = -133,94m	19R L= 11,02km dif. nível = -48,70m	20R L= 18,76km dif. nível =-29,04m Q4M = 6,23 C4M = 2.397.327
	CAZAMBÚ + TÁBUAS	PP4Q	42,29 (m³/h) = 11,75 (l/s)	23M L= 13,64km dif.nível = 80,89	24M L= 19,7km dif.nível = 123,90	25M L= 35,29km dif.nível = 83,66	21R L= 37,48km dif. nível = - 58,10m	26M L= 21,18km dif.nível = 27,15m	27M L= 33,41km dif.nível = 46,81m
RECALQUE = 21				MISTAS = 27			OTIMIZADAS = 6		

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIOS SOBRE A SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO NA REGIÃO PILOTO

Quadro C2 Questionário sobre a situação do abastecimento no Município de Quijingue

QUANT.	LOCALIDADES	Nº DE FAMÍLIAS	POPULAÇÃO	SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO			
				BOM	RASOÁVEL	PRECÁRIO	INEXIST.
1	sede	1182	5319	1			
1	faz.sobara	38	171			1	
1	faz. Lavarinto	16	72			1	
1	lagoa da caraiba	98	441			1	
1	lagoa da serrinha	12	54			1	
1	lagoa do fechado	59	266			1	
1	lagoa do Cupan	49	221			1	
1	faz.salgado	6	27			1	
1	faz.picada	1	5				1
1	Faz. Bebedouro	5	23				1
1	faz.curral salgado	1	5				1
1	Faz.Lagoa do Malhado	5	23				1
1	Faz.Velha	6	27				1
1	Faz.Jurema I	11	50			1	
1	Faz.Boqueirão	7	32	1			
1	Poço da Pedra	68	306			1	
1	Jurema	85	383			1	
1	Lagoa da Ema	67	302	1			
1	Serra Branca	91	410			1	
1	Lagoa Do Mato	23	104			1	
1	Boa Vista do Zézé	98	441			1	
1	Poço da Caraiba	3	14			1	
1	Lagoinhas das Pedras	104	468	1			
1	Faz.Rio da Onça	18	81			1	
1	Faz.L.da Gameleira	9	41			1	
1	Pov.Queimadas	100	450	1			
1	Gameleira	6	27			1	
1	Salgadinho I	19	86			1	
1	Pov. Tatu	116	522	1			
1	Faz.L.lagoa Funda	13	59	1			
1	Faz. Alto Vermelho	3	14				1
1	Terra Branca	88	396	1			
1	Baixa da Luva	119	536	1			
1	Faz. Maria Preta	15	68			1	
1	Pascoal	145	653	1			
1	Pov.Capim Grosso	64	288	1			
1	Faz.Poço da Umburana	3	14			1	
1	Faz.Pocozó	2	9			1	
1	Faz. Boa Vista	22	99	1			
1	Pov.Rio Vermelho	22	99	1			
1	Pov. Rio Grande	99	446	1			
1	Algodões	523	2354	1			
1	Faz.L.do Trigui	7	32	1			
1	Faz.L. da Pedra	9	41				1
1	Lagoa da Serra	44	198			1	
1	Lagoa da Prata	10	45			1	
1	Faz.Baixa da Serrada	2	9		1		
1	Pov. Macete	127	572	1			
1	Pov S. Rita	50	225	1			

Continuação Quadro C2 - Questionário sobre a situação do abastecimento no Município de Quijingue

QUANT.	LOCALIDADES	Nº DE FAMÍLIAS	TOTAL	SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO			
				BOM	RASOÁVEL	PRECÁRIO	INESIST.
1	Faz. L. do Poço	8	36	1			
1	Faz. Pedra Rasa	7	32			1	
1	Pov. Macete	221	995	1			
1	Pov. Lagoa da Barra	63	284			1	
1	Faz. Posso da Cruz	8	36			1	
1	Pau de Colher	13	59			1	
1	Pedra d' Agua	26	117			1	
1	Faz.L.do. Salvador	1	5			1	
1	Faz. L. do Brás	3	14			1	
1	Pov. Alto	49	221			1	
1	Pov. Monte Cruzeiro	63	284			1	
1	Faz. Boa Vista	21	95			1	
1	Pov. Sítio	70	315			1	
1	Faz.L.do Gonçalves	7	32			1	
1	Faz. L.da Pedra	22	99			1	
1	Faz. Sítio	10	45			1	
1	Faz. Pintada	17	77			1	
1	Faz.Barra	13	59		1		
1	Lagoa do Tigre	17	77				1
1	Pedroza	20	90			1	
1	Faz. Mandacaru	14	63			1	
1	Lagoa do Junco I	97	437			1	
1	Faz. Serrote do Meio	88	396			1	
1	Faz. Moureira	7	32			1	
1	Faz. Sanbanbaia	2	9			1	
1	Faz. Lagoa dos Cãgados	76	342			1	
1	Faz. Mandacarú	26	117			1	
1	Pov. Ouricuri	177	797	1			
1	Faz. Pau de Rato	60	270	1			
1	Faz. Curral Queimados	10	45			1	
1	Faz. Baixas das Cabaças	7	32			1	
1	Faz. Lagoa do Junco	116	522			1	
1	Pov. Lagoa do Mato	72	324		1		
1	Pov. Cazabú II	20	90		1		
1	Faz. Lagoa da Pedra	44	198		1		
1	Pov. Serrinha	38	171			1	
1	Faz. Boa Esperança	4	18			1	
1	Faz. Lagoinha	20	90			1	
1	Faz. Pocinho	4	18			1	
1	Serra Branca	91	410			1	
1	Faz. Riacho do Cariricé	23	104		1		
1	Faz. Camará	7	32		1		
1	Faz. Da Pedra	9	41			1	
1	Faz. Saco do Cedro	30	135		1		
93		5.183	23.324	22	8	55	8
				30		63	
PERCENTUAIS DE ABASTECIMENTO (%)				32		68	

Fonte : Prefeitura Municipal de Quijingue - Secretaria de Obras Públicas - Abril / 2008

Quadro C3 - Situação de abastecimento no Município de Tucano

QUANT.	LOCALIDADES	Nº DE FAMÍLIAS	POPULAÇÃO	SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO			
				BOM	RASOÁVEL	PRECÁRIO	INEXIST.
1	Sede	3061	13775	1			
1	Caldas do Jorro	1298	5841	1			
1	Gemeleira	46	207			1	
1	Faz. Cacimba	94	423				1
1	Mariza	91	410	1			
1	Ovó 2	64	288	1			
1	Iiririca	124	558	1			
1	Faz.Boqueirão do Flexa	55	248				1
1	Raspador	41	185				1
1	Creguenhem	268	1206	1			
1	Porteiras	106	477		1		
1	Faz.Pedras	38	171			1	
1	Jorinho	274	1233	1			
1	Faz.Olhos D'água da Serra	42	189		1		
1	Faz.Campe	40	180		1		
1	Faz. Jua e Cinco Umbuzeiro	97	437			1	
1	Faz. Sacão	35	158				1
1	Lagoa dos Quatis	149	671				1
1	Faz. Covoão	82	369				1
1	Faz. Saigado	76	342				1
1	Faz. Paus Brancos	98	441				1
1	Faz. Magote	36	162				1
1	Faz. Massapé	70	315				1
1	Faz. São Felix	55	248			1	
1	Faz. Bananeiras	50	225				1
1	Mandassaia	239	1076				1
1	Faz. Cauanga	44	198				1
1	Faz. Bela Vista	50	225				1
1	Faz. Ipupu	91	410				1
1	Faz. Varzinha	41	185	1			
1	Quixaba (Sta. Rita)	209	941	1			
1	Faz. Pera Grande do Curtume	104	468	1			
1	Faz. Alto do Maxixe	104	468				1
1	Faz. Riacho do Peixe	63	284				1
1	Faz. corte	47	212	1			
1	Faz. Quipe	92	414				1
1	Bizamun	57	257				1
1	Faz. Panzu	53	239	1			
1	Faz. Serrote / Carnalba de Cima	53	239				1
1	Baixa do Cabrito	58	261		1		
1	Cajueiro	-	-	1			
1	Mangueira	198	891			1	
1	Mandacaru	165	743				1
1	Faz. Serrador	42	189				1
1	Faz. Lagoa do Miguel	47	212				1
1	Querera	88	396	1			
1	Assentamento Gravata	73	329				1
1	Quixaba do Mandacaru / Faz. Urubu	102	459				1
1	Faz.Malhada do Umbu	43	194			1	
1	Faz. Morumbi	101	455			1	
1	Faz. Lagoa de Dentro	93	419				1
1	Assentamento Munti	80	360		1		
1	Faz. Riacho do Boi	80	360				1
1	Riacho do Clance	25	113				1
1	Faz. Cova da Arvore	80	360				1
1	Baixa da Quixaba	60	270				1
1	Campinho de Cima (Campinhos)	160	720	1			
1	Faz. Imbuzeiro (Baixa do Imbuzeiro)	27	122			1	
1	Bananeiras	160	720				1
1	Roçadinho	35	158			1	
1	Passagem	35	158				1
1	Brejo do Silva	50	225		1		
1	Mato Verde	20	90				1
1	Cunham	18	81				1
1	Cachoeira	100	450		1		
1	Cipó de Leite	10	45				1
1	Casa Nova	49	221				1
1	Madalena	1	5				1
1	Faz. Lagoa de Dentro	93	419				1
1	Faz. Oiteiro	31	140				1
1	Rua Nova	333	1499		1		
1	Umburaninha	107	482		1		
1	Poção	-	-		1		
73		10.201	45.905	15	10	9	39
PERCENTUAIS DE ABASTECIMENTO (%)				25		48	
				34		66	

Fonte : Prefeitura de Tucano - Secretaria de Infra Estrutura - Em Março/2008

APÊNDICE D

PLANILHAS DE CÁLCULOS DE VAZÕES EM FUNÇÃO DOS DIÂMETROS

PLANILHAS DE CÁLCULOS DE POTÊNCIAS EM FUNÇÃO DAS VAZÕES

*Tabelas D1 - Cálculo das Vazões em função dos Diâmetros - Adutoras de Recalque e Mistas
(TG e TR)*

PP1T-UD1T (1R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003623	3,62	
0,15	150	0,010535	10,54	
0,20	200	0,022466	22,47	
0,25	250	0,040424	40,42	
0,30	300	0,065326	65,33	47,98
0,40	400	0,139308	139,31	

PP1T-UD2T (2R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002366	2,37	
0,15	150	0,006879	6,88	
0,20	200	0,01467	14,67	
0,25	250	0,026396	26,40	19,80

PP1T-UD3T (3R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,007556	7,56	
0,15	150	0,021972	21,97	
0,20	200	0,046856	46,86	36,69

PP1T-UD1Q (4R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004018	4,02	
0,15	150	0,011682	11,68	
0,20	200	0,024913	24,91	22,04

PP1T-UD2Q (5R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,00341	3,41	
0,15	150	0,009915	9,92	
0,20	200	0,021144	21,14	
0,25	250	0,038045	38,05	
0,30	300	0,061481	61,48	58,33
0,35	350	0,092251	92,25	

PP1T-UD3Q (6R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003162	3,16	
0,15	150	0,009194	9,19	
0,20	200	0,019607	19,61	
0,25	250	0,035279	35,28	
0,30	300	0,057011	57,01	
0,35	350	0,085545	85,54	58,33

PP2T-UD1Q (7R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003329	3,33	
0,15	150	0,00968	9,68	
0,20	200	0,020643	20,64	
0,25	250	0,037143	37,14	22,04
0,30	300	0,060023	60,02	
0,35	350	0,090065	90,06	
0,40	400	0,128001	128,00	

PP2T-UD2Q (8R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002037	2,04	
0,15	150	0,005924	5,92	
0,20	200	0,012633	12,63	
0,25	250	0,022732	22,73	
0,30	300	0,036734	36,73	
0,35	350	0,055119	55,12	
0,40	400	0,078336	78,34	58,33

PP2T-UD3Q (9R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,001433	1,43	
0,15	150	0,004168	4,17	
0,20	200	0,008888	8,89	
0,25	250	0,015992	15,99	

PP2T-UD1T (1TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,001666	1,67	
0,15	150	0,004844	4,84	
0,20	200	0,010329	10,33	
0,25	250	0,018586	18,59	
0,30	300	0,030034	30,03	
0,35	350	0,045066	45,07	
0,40	400	0,064048	64,05	58,33

PP2T-UD2T (2TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	
0,10	100	0,003365	3,37	
0,15	150	0,009785	9,79	
0,20	200	0,020867	20,87	
0,25	250	0,037547	37,55	
0,30	300	0,060676	60,68	58,33

PP2T-UD3T (3TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003052	3,05	
0,15	150	0,008874	8,87	
0,20	200	0,018923	18,92	
0,25	250	0,034049	34,05	
0,30	300	0,055023	55,02	
0,35	350	0,082562	82,56	58,33

PP3T-UD1T (4TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003713	3,71	
0,15	150	0,010797	10,80	
0,20	200	0,023025	23,02	
0,25	250	0,041429	41,43	
0,30	300	0,066948	66,95	58,33

PP3T-UD2T (5TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004535	4,54	
0,15	150	0,013188	13,19	
0,20	200	0,028123	28,12	
0,25	250	0,050602	50,60	
0,30	300	0,081772	81,77	58,33

PP3T-UD3T (6TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,006405	6,41	
0,15	150	0,018625	18,63	
0,20	200	0,039718	39,72	
0,25	250	0,071466	71,47	58,33

PP3T-UD2Q (7TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,000333	0,33	
0,15	150	0,000967	0,97	
0,20	200	0,002063	2,06	
0,25	250	0,003712	3,71	
0,30	300	0,005999	6,00	
0,35	350	0,009002	9,00	
0,40	400	0,012793	12,79	
0,50	500	0,023019	23,02	
0,60	600	0,037199	37,20	
0,70	700	0,055816	55,82	
0,80	800	0,079327	79,33	58,33

PP3T-UD3Q (8TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,001407	1,41	
0,15	150	0,004091	4,09	
0,20	200	0,008724	8,72	
0,25	250	0,015697	15,70	
0,30	300	0,025365	25,37	
0,35	350	0,038061	38,06	

0,30	300	0,025843	25,84	
0,35	350	0,038777	38,78	
0,40	400	0,05511	55,11	
0,50	500	0,099161	99,16	58,33

PP3T-UD1Q (10R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002658	2,66	
0,15	150	0,00773	7,73	
0,20	200	0,016483	16,48	
0,25	250	0,029659	29,66	
0,30	300	0,047928	47,93	
0,35	350	0,071916	71,92	58,33

PP4T-UD1T (11R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004096	4,10	
0,15	150	0,011911	11,91	
0,20	200	0,025399	25,40	
0,25	250	0,045702	45,70	
0,30	300	0,073854	73,85	47,98
0,40	400	0,157494	157,49	

PP4T-UD2T (12R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002472	2,47	
0,15	150	0,007189	7,19	
0,20	200	0,015331	15,33	
0,25	250	0,027585	27,59	20,00
0,30	300	0,044578	44,58	
0,35	350	0,066889	66,89	
0,40	400	0,095063	95,06	
0,50	500	0,171049	171,05	

PP4T-UD3T (13R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,008178	8,18	
0,15	150	0,02378	23,78	
0,20	200	0,050712	50,71	36,69
0,25	250	0,091246	91,25	

PP4T-UD1Q (14R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004328	4,33	
0,15	150	0,012583	12,58	
0,20	200	0,026834	26,83	22,04
0,25	250	0,048283	48,28	
0,30	300	0,078025	78,02	
0,35	350	0,117075	117,08	

PP4T-UD2Q (15R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003652	3,65	
0,15	150	0,010619	10,62	
0,20	200	0,022645	22,64	20,89
0,25	250	0,040745	40,75	
0,30	300	0,065844	65,84	
0,35	350	0,098798	98,80	

PP4T-UD3Q (16)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,00339	3,39	
0,15	150	0,009856	9,86	
0,20	200	0,021019	21,02	20,00
0,25	250	0,03782	37,82	
0,30	300	0,061116	61,12	
0,35	350	0,091704	91,70	

PP2Q-UD1Q (17R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,00332	3,32	
0,15	150	0,009653	9,65	
0,20	200	0,020585	20,59	

0,40	400	0,054092	54,09	
0,50	500	0,09733	97,33	58,33

PP1Q-UD1T (9TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,00677	6,77	
0,15	150	0,019685	19,69	
0,20	200	0,04198	41,98	
0,25	250	0,075535	75,53	68,89

PP1Q-UD2T (10TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,006691	6,69	
0,15	150	0,019454	19,45	
0,20	200	0,041487	41,49	
0,25	250	0,074648	74,65	68,89

PP1Q-UD3T (11TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	
0,10	100	0,005218	5,22	
0,15	150	0,015173	15,17	
0,20	200	0,032356	32,36	
0,25	250	0,058218	58,22	
0,30	300	0,094081	94,08	68,89

PP1Q-UD1Q (12TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003068	3,07	
0,15	150	0,00892	8,92	
0,20	200	0,019021	19,02	
0,25	250	0,034226	34,23	
0,30	300	0,055308	55,31	
0,35	350	0,08299	82,99	68,89

PP1Q-UD2Q (13TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,006046	6,05	
0,15	150	0,017581	17,58	
0,20	200	0,037491	37,49	
0,25	250	0,067458	67,46	
0,30	300	0,109012	109,01	68,89

PP1Q-UD3Q (14TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004793	4,79	
0,15	150	0,013936	13,94	
0,20	200	0,029719	29,72	
0,25	250	0,053475	53,47	
0,30	300	0,086415	86,41	68,89

PP2Q-UD1T (15TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004894	4,89	
0,15	150	0,014229	14,23	
0,20	200	0,030343	30,34	
0,25	250	0,054598	54,60	47,98

PP2Q-UD2T (16TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,006127	6,13	
0,15	150	0,017817	17,82	
0,20	200	0,037994	37,99	
0,25	250	0,068364	68,36	44,00

PP2Q-UD3T (17TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003187	3,19	
0,15	150	0,009268	9,27	
0,20	200	0,019763	19,76	
0,25	250	0,03556	35,56	
0,30	300	0,057465	57,47	44,00

PP2Q-UD2Q(18TG)				
-------------------	--	--	--	--

0,25	250	0,037039	37,04	
0,30	300	0,059855	59,86	44,00
0,35	350	0,089812	89,81	
0,40	400	0,127642	127,64	

PP3Q-UD1Q (18R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,005619	5,62	
0,15	150	0,016338	16,34	
0,20	200	0,034841	34,84	22,04
0,25	250	0,062691	62,69	
0,30	300	0,101308	101,31	

PP3Q-UD2Q (19R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,00485	4,85	
0,15	150	0,014101	14,10	
0,20	200	0,030071	30,07	20,89
0,25	250	0,054108	54,11	
0,30	300	0,087437	87,44	

PP3Q-UD3Q (20R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002751	2,75	
0,15	150	0,007998	8,00	
0,20	200	0,017057	17,06	11,00
0,25	250	0,030691	30,69	

PP4Q-UD1Q (21R)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002753	2,75	
0,15	150	0,008005	8,00	
0,20	200	0,017071	17,07	
0,25	250	0,030716	30,72	22,04
0,30	300	0,049636	49,64	

D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,006985	6,99	
0,15	150	0,02031	20,31	
0,20	200	0,043312	43,31	
0,25	250	0,077933	77,93	44,00

PP2Q-UD3Q (19TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004366	4,37	
0,15	150	0,012696	12,70	
0,20	200	0,027074	27,07	
0,25	250	0,048715	48,72	44,00

PP3Q-UD1T (20TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,001175	1,18	
0,15	150	0,003417	3,42	
0,20	200	0,007287	7,29	
0,25	250	0,013112	13,11	
0,30	300	0,021189	21,19	
0,35	350	0,031793	31,79	
0,40	400	0,045185	45,19	
0,50	500	0,081303	81,30	47,98

PP3Q-UD2T (21TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,004078	4,08	
0,15	150	0,011858	11,86	
0,20	200	0,025288	25,29	15,09

PP3Q-UD3T (22TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,000855	0,85	
0,15	150	0,002485	2,48	
0,20	200	0,005299	5,30	
0,25	250	0,009535	9,53	
0,30	300	0,015408	15,41	
0,35	350	0,023119	23,12	
0,40	400	0,032858	32,86	
0,50	500	0,059122	59,12	36,69

PP4Q-UD1T (23TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,005687	5,69	
0,15	150	0,016535	16,54	
0,20	200	0,035262	35,26	
0,25	250	0,063448	63,45	47,98

PP4Q-UD2T (24TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,00587	5,87	
0,15	150	0,017069	17,07	
0,20	200	0,0364	36,40	15,09

PP4Q-UD3T (25TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,003464	3,46	
0,15	150	0,010071	10,07	
0,20	200	0,021477	21,48	
0,25	250	0,038644	38,64	36,69

PP4Q-UD2Q (26TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002484	2,48	
0,15	150	0,007224	7,22	
0,20	200	0,015405	15,40	
0,25	250	0,027718	27,72	20,89

PP4Q-UD3Q (27TG)				
D(m)	D(mm)	Q (m³/s)	Q (l/s)	Q limite
0,10	100	0,002607	2,61	
0,15	150	0,00758	7,58	
0,20	200	0,016164	16,16	11,75

Tabelas D2 - Cálculo das potencias em função das Vazões- Adutoras de Recalque e Mistas

ADUT. PP1T-UD1T (1R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
8,941487	129,54	36690	0,003623	3,6232152
26,0128	129,54	36690	0,010535	10,5351924
55,54093	129,54	36690	0,022466	22,4664914
100,1679	129,54	36690	0,040424	40,4244681
162,4942	129,54	36690	0,065326	65,3256282

ADUT. PP1T-UD2T (2R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
3,719699	82,53	40590	0,002366	2,36584262
10,82131	82,53	40590	0,006879	6,87914071
23,10433	82,53	40590	0,01467	14,669894
41,66634	82,53	40590	0,026396	26,3958734

ADUT. PP1T-UD3T (3R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
17,67265	122,77	8750	0,007556	7,55649609
51,40501	122,77	8750	0,021972	21,9719602
109,7136	122,77	8750	0,046856	46,8556088

ADUT. PP1T-UD2T (4R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
20,24794	264,53	73580	0,004018	4,01776989
58,90982	264,53	73580	0,011682	11,6824357
125,8006	264,53	73580	0,024913	24,9130089

ADUT. PP4T-UD2T (5R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
11,64673	179,28	62650	0,00341	3,40997154
33,8854	179,28	62650	0,009915	9,91514559
72,36217	179,28	62650	0,021144	21,1442302
130,5461	179,28	62650	0,038045	38,0452935
211,885	179,28	62650	0,061481	61,4809004

ADUT. PP4T-UD3T (6R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
9,615663	159,62	62220	0,003162	3,16205843
27,97627	159,62	62220	0,009194	9,19429072
59,74385	159,62	62220	0,019607	19,6069939
107,7839	159,62	62220	0,035279	35,2793094
174,9461	159,62	62220	0,057011	57,0110915
264,2676	159,62	62220	0,085545	85,5445322

ADUT. PP2T-UD1Q (7R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
10,24356	161,51	57430	0,003329	3,32913516
29,80271	161,51	57430	0,00968	9,68009834
63,64229	161,51	57430	0,020643	20,6429876
114,8104	161,51	57430	0,037143	37,1433964
186,3328	161,51	57430	0,060023	60,0234416

ADUT. PP2T-UD2Q (8R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,95997	76,26	46456,4	0,002037	2,03741545
8,611168	76,26	46456,4	0,005924	5,92417578
18,38578	76,26	46456,4	0,012633	12,6334137
33,15783	76,26	46456,4	0,022732	22,7315882
53,78694	76,26	46456,4	0,036734	36,7340709
81,17528	76,26	46456,4	0,055119	55,1190801
116,3263	76,26	46456,4	0,078336	78,3360813

ADUT. PP2T-UD3Q (9R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,545481	56,6	46614,87	0,001433	1,43333431
4,495753	56,6	46614,87	0,004168	4,16769413
9,597072	56,6	46614,87	0,008888	8,88768433
17,30155	56,6	46614,87	0,015992	15,9918122
28,0488	56,6	46614,87	0,025843	25,842645

PP2T-UD1T 1TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,634592	20,00	20,00	0,001666	1,665805
1,8452	20,00	20,00	0,004844	4,843647
3,93493	20,00	20,00	0,010329	10,329165
7,080229	20,00	20,00	0,018586	18,585502
11,44165	20,00	20,00	0,030034	30,034027
17,1682	20,00	20,00	0,045066	45,065736
24,39996	20,00	20,00	0,064048	64,048115

PP2T-UD2T 2TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,282024	20,00	20,00	0,003365	3,365312
3,727738	20,00	20,00	0,009785	9,785291
7,949501	20,00	20,00	0,020867	20,867312
14,30382	20,00	20,00	0,037547	37,547028
23,11516	20,00	20,00	0,060676	60,675707

PP2T-UD3T 3TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,162593	20,00	20,00	0,003052	3,051804
3,380466	20,00	20,00	0,008874	8,873705
7,20893	20,00	20,00	0,018923	18,923338
12,97128	20,00	20,00	0,034049	34,049192
20,96171	20,00	20,00	0,055023	55,023231
31,45334	20,00	20,00	0,082562	82,561769

PP3T-UD1T 4TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,414562	20,00	20,00	0,003713	3,713222
4,113117	20,00	20,00	0,010797	10,796904
8,771337	20,00	20,00	0,023025	23,024597
15,7826	20,00	20,00	0,041429	41,428680
25,50492	20,00	20,00	0,066948	66,948426

PP3T-UD2T 5TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,727769	20,00	20,00	0,004535	4,535390
5,023832	20,00	20,00	0,013188	13,187514
10,71348	20,00	20,00	0,028123	28,122616
19,27722	20,00	20,00	0,050602	50,601662
31,15241	20,00	20,00	0,081772	81,771895

PP3T-UD3T 6TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,440184	20,00	20,00	0,006405	6,405474
7,09533	20,00	20,00	0,018625	18,625142
15,13106	20,00	20,00	0,039718	39,718457
27,22615	20,00	20,00	0,071466	71,466322

PP3T-UD2Q 7TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,126756	20,00	20,00	0,000333	0,332734
0,368567	20,00	20,00	0,000967	0,967489
0,785977	20,00	20,00	0,002063	2,063189
1,414226	20,00	20,00	0,003712	3,712342
2,28538	20,00	20,00	0,005999	5,999116
3,429192	20,00	20,00	0,009002	9,001609
4,873625	20,00	20,00	0,012793	12,793225
8,769258	20,00	20,00	0,023019	23,019141
14,17114	20,00	20,00	0,037199	37,198754
21,26386	20,00	20,00	0,055816	55,816332
30,22095	20,00	20,00	0,079327	79,327026

PP3T-UD3Q 8TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,53595	20,00	20,00	0,001407	1,406869
1,558379	20,00	20,00	0,004091	4,090741
3,323275	20,00	20,00	0,008724	8,723580

42,29266	56,6	46614,87	0,038777	38,7766121
60,52797	56,6	46614,87	0,05511	55,1099154
111,3353	56,6	46614,87	0,099161	99,1605224

ADUT. PP3T-UD1Q (10R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
6,016973	118,81	57688,82	0,002658	2,65830135
17,50591	118,81	57688,82	0,00773	7,72952051
37,38345	118,81	57688,82	0,016483	16,4833445
67,44093	118,81	57688,82	0,029659	29,6588561

ADUT. PP4T-UD1T (11R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
8,823349	113,07	24148,54	0,004096	4,09620949
25,66762	113,07	24148,54	0,011911	11,9105139
54,79653	113,07	24148,54	0,025399	25,3993898
98,80019	113,07	24148,54	0,045702	45,7016989
160,208	113,07	24148,54	0,073854	73,8535923

ADUT. PP4T-UD2T (12R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
3,300367	70,07	27603,12	0,002472	2,47246635
9,60065	70,07	27603,12	0,007189	7,18916962
20,49445	70,07	27603,12	0,015331	15,3310363
36,94718	70,07	27603,12	0,027585	27,5854818
59,89749	70,07	27603,12	0,044578	44,5779255
90,31427	70,07	27603,12	0,066889	66,8886998

ADUT. PP4T-UD3T (13R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
17,18563	110,31	6482,388	0,008178	8,17834712
49,98691	110,31	6482,388	0,02378	23,7801112
106,6796	110,31	6482,388	0,050712	50,7115241
192,2285	110,31	6482,388	0,091246	91,246397

ADUT. PP4T-UD1Q (14R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
20,7809	252,06	60651,84	0,004328	4,32755855
60,45884	252,06	60651,84	0,012583	12,5832056
129,1007	252,06	60651,84	0,026834	26,8339173
232,8755	252,06	60651,84	0,048283	48,2828767
377,8901	252,06	60651,84	0,078025	78,0247557

ADUT. PP4T-UD2Q (15R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
11,60554	166,81	50418,35	0,003652	3,65196086
33,76454	166,81	50418,35	0,010619	10,6187759
72,09892	166,81	50418,35	0,022645	22,6447348
130,0537	166,81	50418,35	0,040745	40,7451855
211,0389	166,81	50418,35	0,065844	65,843905

ADUT. PP4T-UD3Q (16R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
9,502632	147,15	49238,56	0,00339	3,38973878
27,64645	147,15	49238,56	0,009856	9,85631496
59,0348	147,15	49238,56	0,021019	21,0187728
106,4887	147,15	49238,56	0,03782	37,8195552
172,8006	147,15	49238,56	0,061116	61,116109

ADUT. PP2Q-UD1Q (17R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
4,723561	74,69	18110,77	0,00332	3,31980304
13,74017	74,69	18110,77	0,009653	9,6529634
29,32856	74,69	18110,77	0,020585	20,5851218
52,86471	74,69	18110,77	0,037039	37,0392772
85,67962	74,69	18110,77	0,059855	59,8551858

ADUT. PP3Q-UD1Q (18R)				
-------------------------	--	--	--	--

5,979658	20,00	20,00	0,015697	15,696535
9,663117	20,00	20,00	0,025365	25,365479
14,49949	20,00	20,00	0,038061	38,060630
20,60707	20,00	20,00	0,054092	54,092350
37,07976	20,00	20,00	0,09733	97,329594

PP1Q-UD1T 9TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,579105	20,00	20,00	0,006770	6,770141
7,499274	20,00	20,00	0,019685	19,685482
15,9925	20,00	20,00	0,041980	41,979653
28,77622	20,00	20,00	0,075535	75,534943

PP1Q-UD2T 10TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,579105	20,00	20,00	0,006770	6,770141
7,499274	20,00	20,00	0,019685	19,685482
15,9925	20,00	20,00	0,041980	41,979653
28,43907	20,00	20,00	0,074650	74,650000

PP1Q-UD3T 11TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,98784	20,00	20,00	0,005218	5,218074
5,780042	20,00	20,00	0,015173	15,172550
12,32613	20,00	20,00	0,032356	32,355742
22,17899	20,00	20,00	0,058218	58,218421
35,84188	20,00	20,00	0,094081	94,080519

PP1Q-UD1Q 12TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,168617	20,00	20,00	0,003068	3,067619
3,397984	20,00	20,00	0,008920	8,919690
7,246288	20,00	20,00	0,019021	19,021402
13,0385	20,00	20,00	0,034226	34,225640
21,07034	20,00	20,00	0,055308	55,308370
31,61634	20,00	20,00	0,08299	82,989617

PP1Q-UD2Q 13TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,30333	20,00	20,00	0,006046	6,046233
6,697398	20,00	20,00	0,017581	17,580582
14,28245	20,00	20,00	0,037491	37,490915
25,69915	20,00	20,00	0,067458	67,458254
41,53076	20,00	20,00	0,109012	109,012018

PP1Q-UD3Q 14TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,825869	20,00	20,00	0,004793	4,792903
5,309079	20,00	20,00	0,013936	13,936282
11,32178	20,00	20,00	0,029719	29,719378
20,37178	20,00	20,00	0,053475	53,474752
32,9213	20,00	20,00	0,086415	86,414787

PP2Q-UD1T 15TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,864208	20,00	20,00	0,004894	4,893542
5,420557	20,00	20,00	0,014229	14,228910
11,55951	20,00	20,00	0,030343	30,343412
20,79955	20,00	20,00	0,054598	54,597591

PP2Q-UD2T 16TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,334253	20,00	20,00	0,006127	6,127407
6,787314	20,00	20,00	0,017817	17,816609
14,4742	20,00	20,00	0,037994	37,994246
26,04419	20,00	20,00	0,068364	68,363910

PP2Q-UD3T 17TR				
----------------	--	--	--	--

pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
18,08379	168,94	23086,79	0,005619	5,6189377
52,60627	168,94	23086,79	0,016338	16,3381379
112,3041	168,94	23086,79	0,034841	34,8413794
202,4804	168,94	23086,79	0,062691	62,6908852

ADUT. PP3Q-UD2Q (19R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
7,73255	83,70	11022,59	0,00485	4,84961872
22,49204	83,70	11022,59	0,014101	14,1011956
48,00532	83,70	11022,59	0,030071	30,0710588
86,51523	83,70	11022,59	0,054108	54,1075389

ADUT. PP3Q-UD3Q (20R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
3,355823	64,04	18763,59	0,002751	2,75078337
9,761369	64,04	18763,59	0,007998	7,99842968
20,83455	64,04	18763,59	0,017057	17,0567983
37,55012	64,04	18763,59	0,030691	30,6906845

ADUT. PP4Q-UD1Q (21R)				
pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
4,882832	93,10	37483,33	0,002753	2,75303458
14,20511	93,10	37483,33	0,008005	8,0049755
30,32919	93,10	37483,33	0,017071	17,0707574
54,69619	93,10	37483,33	0,030716	30,7158014
88,72276	93,10	37483,33	0,049636	49,6364977

Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,214189	20,00	20,00	0,003187	3,187245
3,530493	20,00	20,00	0,009268	9,267525
7,528869	20,00	20,00	0,019763	19,763166
13,54696	20,00	20,00	0,035560	35,560314
21,89203	20,00	20,00	0,057465	57,465193

PP2Q-UD2Q 18TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,66098	20,00	20,00	0,006985	6,985063
7,737344	20,00	20,00	0,020310	20,310408
16,5002	20,00	20,00	0,043312	43,312317
29,68978	20,00	20,00	0,077933	77,932836

PP2Q-UD3Q 19TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,66336	20,00	20,00	0,004366	4,366317
4,83655	20,00	20,00	0,012696	12,695902
10,31409	20,00	20,00	0,027074	27,074245
18,55857	20,00	20,00	0,048715	48,715305

PP3Q-UD1T 20TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,447699	20,00	20,00	0,001175	1,175208
1,30177	20,00	20,00	0,003417	3,417144
2,776051	20,00	20,00	0,007287	7,287122
4,99502	20,00	20,00	0,013112	13,111883
8,071937	20,00	20,00	0,021189	21,188702
12,11191	20,00	20,00	0,031793	31,793421
17,21375	20,00	20,00	0,045185	45,185297
30,97374	20,00	20,00	0,081303	81,302930

PP3Q-UD2T 21TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,553646	20,00	20,00	0,004078	4,078319
4,517534	20,00	20,00	0,011858	11,858493
9,633774	20,00	20,00	0,025288	25,288454

PP3Q-UD3T 22TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,325555	20,00	20,00	0,000855	0,854583
0,946615	20,00	20,00	0,002485	2,484863
2,018675	20,00	20,00	0,005299	5,299017
3,632252	20,00	20,00	0,009535	9,534641
5,869703	20,00	20,00	0,015408	15,407906
8,807452	20,00	20,00	0,023119	23,119398
12,51734	20,00	20,00	0,032858	32,857643
22,52304	20,00	20,00	0,059122	59,121504

PP4Q-UD1T 23TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,166403	20,00	20,00	0,005687	5,686801
6,299253	20,00	20,00	0,016535	16,535464
13,43338	20,00	20,00	0,035262	35,262181
24,17135	20,00	20,00	0,063448	63,448043

PP4Q-UD2T 24TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
2,236281	20,00	20,00	0,005870	5,870231
6,502439	20,00	20,00	0,017069	17,068823
13,86669	20,00	20,00	0,036400	36,399578

PP4Q-UD3T 25TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
1,319492	20,00	20,00	0,003464	3,463664
3,836682	20,00	20,00	0,010071	10,071266
8,181828	20,00	20,00	0,021477	21,477160
14,72186	20,00	20,00	0,038644	38,644342

PP4Q-UD2Q 26TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,946421	20,00	20,00	0,002484	2,484355
2,751905	20,00	20,00	0,007224	7,223739
5,868503	20,00	20,00	0,015405	15,404757
10,55938	20,00	20,00	0,027718	27,718129

PP4Q-UD3Q 27TR				
Pot (cv)	hg (m)	L (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
0,993048	20,00	20,00	0,002607	2,606749
2,88748	20,00	20,00	0,007580	7,579622
6,157621	20,00	20,00	0,016164	16,163683

APÊNDICE E

CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DAS ADUTORAS

CUSTO DE CONSUMO DE ENERGIA DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

CUSTO DE MANUTENÇÃO DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

CUSTO TOTAL EM FUNÇÃO DAS VAZÕES

IMPLANTAÇÃO DAS ADUTORAS:

Tabela E1 - Custos de Implantação das Adutoras de Recalque

PP1T-UD1T (1R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	36.694,85	100	3,62	3.581.416,97
117,87	36.694,85	150	10,54	4.325.221,50
138,05	36.694,85	200	22,47	5.065.723,49
159,42	36.694,85	250	40,42	5.849.892,35
180,85	36.694,85	300	65,33	6.636.262,90
275,19	36.694,85	400	139,31	10.098.054,68
PP1T-UD2T (2R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	40.588,93	100	2,37	3.961.479,55
117,87	40.588,93	150	6,88	4.784.217,16
138,05	40.588,93	200	14,67	5.603.301,76
159,42	40.588,93	250	26,40	6.470.687,19
PP1T-UD3T (3R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	8.745,14	100	7,56	853.525,84
117,87	8.745,14	150	21,97	1.030.789,86
138,05	8.745,14	200	46,86	1.207.266,82
PP1T-UD1Q (4R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	73.583,55	100	4,02	7.181.754,02
117,87	73.583,55	150	11,68	8.673.292,48
138,05	73.583,55	200	24,91	10.158.208,42
PP1T-UD2Q (5R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	62.651,41	100	3,41	6.114.777,62
117,87	62.651,41	150	9,92	7.384.721,70
138,05	62.651,41	200	21,14	8.649.027,15
159,42	62.651,41	250	38,05	9.987.887,79
180,85	62.651,41	300	61,48	11.330.507,50
235,94	62.651,41	350	92,25	14.781.973,68
PP1T-UD3Q (6R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	62.223,88	100	3,16	6.073.050,31
117,87	62.223,88	150	9,19	7.334.328,28
138,05	62.223,88	200	19,61	8.590.006,10
159,42	62.223,88	250	35,28	9.919.730,33
180,85	62.223,88	300	57,01	11.253.188,00
235,94	62.223,88	350	85,54	14.681.101,33
PP2T-UD1Q (7R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	57.428,22	100	3,33	5.604.993,89
117,87	57.428,22	150	9,68	6.769.063,83
138,05	57.428,22	200	20,64	7.927.965,23
159,42	57.428,22	250	37,14	9.155.206,20
180,85	57.428,22	300	60,02	10.385.892,87
PP2T-UD1T (1TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	1,67	1.952,00
117,87	20,00	150	4,84	2.357,40
138,05	20,00	200	10,33	2.761,00
159,42	20,00	250	18,59	3.188,40
180,85	20,00	300	30,03	3.617,00
235,94	20,00	350	45,07	4.718,80
275,19	20,00	400	64,05	5.503,80
PP2T-UD2T (2TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	3,37	1.952,00
117,87	20,00	150	9,79	2.357,40
138,05	20,00	200	20,87	2.761,00
159,42	20,00	250	37,55	3.188,40
180,85	20,00	300	60,68	3.617,00
PP2T-UD3T (3TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	3,05	1.952,00
117,87	20,00	150	8,87	2.357,40
138,05	20,00	200	18,92	2.761,00
159,42	20,00	250	34,05	3.188,40
180,85	20,00	300	55,02	3.617,00
235,94	20,00	350	82,56	4.718,80
PP3T-UD1T (4TRG)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	3,71	1.952,00
117,87	20,00	150	10,80	2.357,40
138,05	20,00	200	23,02	2.761,00
159,42	20,00	250	41,43	3.188,40
180,85	20,00	300	66,95	3.617,00
PP3T-UD2T (5TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	4,54	1.952,00
117,87	20,00	150	13,19	2.357,40
138,05	20,00	200	28,12	2.761,00
159,42	20,00	250	50,60	3.188,40
180,85	20,00	300	81,77	3.617,00
PP3T-UD3T (6TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	6,41	1.952,00
117,87	20,00	150	18,63	2.357,40
138,05	20,00	200	39,72	2.761,00
159,42	20,00	250	71,47	3.188,40
PP3T-UD2Q (7TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	0,33	1.952,00
117,87	20,00	150	0,97	2.357,40

235,94	57.428,22	350	90,06	13.549.613,30
275,19	57.428,22	400	128,00	15.803.670,78

PP2T-UD2Q (8R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	46.456,40	100	2,04	4.534.144,97
117,87	46.456,40	150	5,92	5.475.816,27
138,05	46.456,40	200	12,63	6.413.306,49
159,42	46.456,40	250	22,73	7.406.079,83
180,85	46.456,40	300	36,73	8.401.640,55
235,94	46.456,40	350	55,12	10.960.923,82
275,19	46.456,40	400	78,34	12.784.337,65

PP2T-UD3Q (9R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	46.614,87	100	1,43	4.549.611,47
117,87	46.614,87	150	4,17	5.494.494,92
138,05	46.614,87	200	8,89	6.435.183,03
159,42	46.614,87	250	15,99	7.431.342,84
180,85	46.614,87	300	25,84	8.430.299,54
235,94	46.614,87	350	38,78	10.998.312,81
275,19	46.614,87	400	55,11	12.827.946,53
355,19	46.614,87	500	99,16	16.557.136,26

PP3T-UD1Q (10R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	57.688,82	100	2,66	5.630.428,87
117,87	57.688,82	150	7,73	6.799.781,26
138,05	57.688,82	200	16,48	7.963.941,66
159,42	57.688,82	250	29,66	9.196.751,75
180,85	57.688,82	300	47,93	10.433.023,17
235,94	57.688,82	350	71,92	13.611.100,29

PP4T-UD1T (11R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	24.148,54	100	4,10	2.356.897,05
117,87	24.148,54	150	11,91	2.846.387,86
138,05	24.148,54	200	25,40	3.333.705,31
159,42	24.148,54	250	45,70	3.849.759,51
180,85	24.148,54	300	73,85	4.367.262,62
275,19	24.148,54	400	157,49	6.645.435,45

PP4T-UD2T (12R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	27.603,12	100	2,47	2.694.064,42
117,87	27.603,12	150	7,19	3.253.579,64
138,05	27.603,12	200	15,33	3.810.610,58
159,42	27.603,12	250	27,59	4.400.489,24
180,85	27.603,12	300	44,58	4.992.024,08
235,94	27.603,12	350	66,89	6.512.679,90
275,19	27.603,12	400	95,06	7.596.102,32
355,19	27.603,12	500	171,05	9.804.351,85

PP4T-UD3T (13R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	6.482,39	100	8,18	632.681,05
117,87	6.482,39	150	23,78	764.079,05
138,05	6.482,39	200	50,71	894.893,64
159,42	6.482,39	250	91,25	1.033.422,27

138,05	20,00	200	2,06	2.761,00
159,42	20,00	250	3,71	3.188,40
180,85	20,00	300	6,00	3.617,00
235,94	20,00	350	9,00	4.718,80
275,19	20,00	400	12,79	5.503,80
355,19	20,00	500	23,02	7.103,80
429,73	20,00	600	37,20	8.594,60
514,43	20,00	700	55,82	10.288,60
583,63	20,00	800	79,33	11.672,60

PP3T-UD3Q (8TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	1,41	1.952,00
117,87	20,00	150	4,09	2.357,40
138,05	20,00	200	8,72	2.761,00
159,42	20,00	250	15,70	3.188,40
180,85	20,00	300	25,37	3.617,00
235,94	20,00	350	38,06	4.718,80
275,19	20,00	400	54,09	5.503,80
355,19	20,00	500	97,33	7.103,80

PP1Q-UD1T (9TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	6,77	1.952,00
117,87	20,00	150	19,69	2.357,40
138,05	20,00	200	41,98	2.761,00
159,42	20,00	250	75,53	3.188,40

PP1Q-UD2T (10TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	6,69	1.952,00
117,87	20,00	150	19,45	2.357,40
138,05	20,00	200	41,49	2.761,00
159,42	20,00	250	74,65	3.188,40

PP1Q-UD3T (11TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	5,22	1.952,00
117,87	20,00	150	15,17	2.357,40
138,05	20,00	200	32,36	2.761,00
159,42	20,00	250	58,22	3.188,40
180,85	20,00	300	94,08	3.617,00

PP1Q-UD1Q (12TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	3,07	1.952,00
117,87	20,00	150	8,92	2.357,40
138,05	20,00	200	19,02	2.761,00
159,42	20,00	250	34,23	3.188,40
180,85	20,00	300	55,31	3.617,00
235,94	20,00	350	82,99	4.718,80

PP1Q-UD2Q (13TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	6,05	1.952,00
117,87	20,00	150	17,58	2.357,40
138,05	20,00	200	37,49	2.761,00
159,42	20,00	250	67,46	3.188,40
180,85	20,00	300	109,01	3.617,00

PP4T-UD1Q (14R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	60.651,84	100	4,33	5.919.619,13
117,87	60.651,84	150	12,58	7.149.031,84
138,05	60.651,84	200	26,83	8.372.985,88
159,42	60.651,84	250	48,28	9.669.115,60
180,85	60.651,84	300	78,02	10.968.884,43
235,94	60.651,84	350	117,08	14.310.194,04

PP4T-UD2Q (15R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	50.418,35	100	3,65	4.920.831,31
117,87	50.418,35	150	10,62	5.942.811,34
138,05	50.418,35	200	22,64	6.960.253,72
159,42	50.418,35	250	40,75	8.037.693,93
180,85	50.418,35	300	65,84	9.118.159,25
235,94	50.418,35	350	98,80	11.895.706,35

PP4T-UD3Q (16R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	49.238,56	100	3,39	4.805.683,65
117,87	49.238,56	150	9,86	5.803.749,30
138,05	49.238,56	200	21,02	6.797.383,48
159,42	49.238,56	250	37,82	7.849.611,55
180,85	49.238,56	300	61,12	8.904.793,93
235,94	49.238,56	350	91,70	11.617.346,31

PP2Q-UD1Q (17R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	18.110,77	100	3,32	1.767.611,18
117,87	18.110,77	150	9,65	2.134.716,49
138,05	18.110,77	200	20,59	2.500.191,84
159,42	18.110,77	250	37,04	2.887.219,00
180,85	18.110,77	300	59,86	3.275.332,80
275,19	18.110,77	400	127,64	4.983.902,87

PP3Q-UD1Q (18R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	23.086,79	100	5,62	2.253.270,97
117,87	23.086,79	150	16,34	2.721.240,26
138,05	23.086,79	200	34,84	3.187.131,74
159,42	23.086,79	250	62,69	3.680.496,50
180,85	23.086,79	300	101,31	4.175.246,47

PP3Q-UD2Q (19R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	11.022,59	100	4,85	1.075.804,46
117,87	11.022,59	150	14,10	1.299.232,29
138,05	11.022,59	200	30,07	1.521.668,08
159,42	11.022,59	250	54,11	1.757.220,76
180,85	11.022,59	300	87,44	1.993.434,79

PP3Q-UD3Q (20R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	18.763,59	100	2,75	1.831.326,25
117,87	18.763,59	150	8,00	2.211.664,19
138,05	18.763,59	200	17,06	2.590.313,41
159,42	18.763,59	250	30,69	2.991.291,30

PP1Q-UD3Q (14TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	4,79	1.952,00
117,87	20,00	150	13,94	2.357,40
138,05	20,00	200	29,72	2.761,00
159,42	20,00	250	53,47	3.188,40
180,85	20,00	300	86,41	3.617,00

PP2Q-UD1T (15TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	4,89	1.952,00
117,87	20,00	150	14,23	2.357,40
138,05	20,00	200	30,34	2.761,00
159,42	20,00	250	54,60	3.188,40

PP2Q-UD2T (16TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	6,13	1.952,00
117,87	20,00	150	17,82	2.357,40
138,05	20,00	200	37,99	2.761,00
159,42	20,00	250	68,36	3.188,40

PP2Q-UD3T (17TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	3,19	1.952,00
117,87	20,00	150	9,27	2.357,40
138,05	20,00	200	19,76	2.761,00
159,42	20,00	250	35,56	3.188,40
180,85	20,00	300	57,47	3.617,00

PP2Q-UD2Q (18TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	6,99	1.952,00
117,87	20,00	150	20,31	2.357,40
138,05	20,00	200	43,31	2.761,00
159,42	20,00	250	77,93	3.188,40

PP2Q-UD3Q (19TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	4,37	1.952,00
117,87	20,00	150	12,70	2.357,40
138,05	20,00	200	27,07	2.761,00
159,42	20,00	250	48,72	3.188,40

PP3Q-UD1T (20TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	1,18	1.952,00
117,87	20,00	150	3,42	2.357,40
138,05	20,00	200	7,29	2.761,00
159,42	20,00	250	13,11	3.188,40
180,85	20,00	300	21,19	3.617,00
235,94	20,00	350	31,79	4.718,80
275,19	20,00	400	45,19	5.503,80
355,19	20,00	500	81,30	7.103,80

PP3Q-UD2T (21TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	4,08	1.952,00

PP4Q-UD1Q (21R)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	37.483,33	100	2,75	3.658.372,97
117,87	37.483,33	150	8,00	4.418.160,06
138,05	37.483,33	200	17,07	5.174.573,66
159,42	37.483,33	250	30,72	5.975.592,41
180,85	37.483,33	300	49,64	6.778.860,16

117,87	20,00	150	11,86	2.357,40
138,05	20,00	200	25,29	2.761,00

PP3Q-UD3T (22TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	0,85	1.952,00
117,87	20,00	150	2,48	2.357,40
138,05	20,00	200	5,30	2.761,00
159,42	20,00	250	9,53	3.188,40
180,85	20,00	300	15,41	3.617,00
235,94	20,00	350	23,12	4.718,80
275,19	20,00	400	32,86	5.503,80
355,19	20,00	500	59,12	7.103,80

PP4Q-UD1T (23TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	5,69	1.952,00
117,87	20,00	150	16,54	2.357,40
138,05	20,00	200	35,26	2.761,00
159,42	20,00	250	63,45	3.188,40

PP4Q-UD2T (24TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	5,87	1.952,00
117,87	20,00	150	17,07	2.357,40
138,05	20,00	200	36,40	2.761,00

PP4Q-UD3T (25TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	3,46	1.952,00
117,87	20,00	150	10,07	2.357,40
138,05	20,00	200	21,48	2.761,00
159,42	20,00	250	38,64	3.188,40

PP4Q-UD2Q (26TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	2,48	1.952,00
117,87	20,00	150	7,22	2.357,40
138,05	20,00	200	15,40	2.761,00
159,42	20,00	250	27,72	3.188,40

PP4Q-UD3Q (27TR)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ IMPL.
97,6	20,00	100	2,61	1.952,00
117,87	20,00	150	7,58	2.357,40
138,05	20,00	200	16,16	2.761,00

Tabela E2 - Custos de Implantação dos Trechos de Gravidade das Adutoras Mistas

PP2T-UD1T (1TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	20.395,00	100	1,67	1.990.551,52
117,87	20.395,00	150	4,84	2.403.958,07
138,05	20.395,00	200	10,33	2.815.529,07
159,42	20.395,00	250	18,59	3.251.370,12
180,85	20.395,00	300	30,03	3.688.434,86
235,94	20.395,00	350	45,07	4.811.995,14
275,19	20.395,00	400	64,05	5.612.498,70

PP2T-UD2T (2TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	24.690,58	100	3,37	2.409.801,09
117,87	24.690,58	150	9,79	2.910.279,25
138,05	24.690,58	200	20,87	3.408.535,25
159,42	24.690,58	250	37,55	3.936.173,05
180,85	24.690,58	300	60,68	4.465.292,29

PP2T-UD3T (3TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	8.131,18	100	3,05	793.603,39
117,87	8.131,18	150	8,87	958.422,45
138,05	8.131,18	200	18,92	1.122.509,71
159,42	8.131,18	250	34,05	1.296.273,08
180,85	8.131,18	300	55,02	1.470.524,31
235,94	8.131,18	350	82,56	1.918.471,14

PP3T-UD1T (4TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	20.467,09	100	3,71	1.997.588,11
117,87	20.467,09	150	10,80	2.412.456,05
138,05	20.467,09	200	23,02	2.825.481,95
159,42	20.467,09	250	41,43	3.262.863,69
180,85	20.467,09	300	66,95	3.701.473,46

PP3T-UD2T (5TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	25.156,13	100	4,54	2.455.238,50
117,87	25.156,13	150	13,19	2.965.153,30
138,05	25.156,13	200	28,12	3.472.804,04
159,42	25.156,13	250	50,60	4.010.390,59
180,85	25.156,13	300	81,77	4.549.486,50

PP3T-UD3T (6TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	7.838,76	100	6,41	765.062,77
117,87	7.838,76	150	18,63	923.954,39
138,05	7.838,76	200	39,72	1.082.140,52
159,42	7.838,76	250	71,47	1.249.654,78

PP3T-UD2Q (7TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	46.322,84	100	0,33	4.521.109,09
117,87	46.322,84	150	0,97	5.460.073,04
138,05	46.322,84	200	2,06	6.394.867,93

159,42	46.322,84	250	3,71	7.384.787,00
180,85	46.322,84	300	6,00	8.377.485,44
235,94	46.322,84	350	9,00	10.929.410,64
275,19	46.322,84	400	12,79	12.747.582,07
355,19	46.322,84	500	23,02	16.453.409,20
429,73	46.322,84	600	37,20	19.906.313,62
514,43	46.322,84	700	55,82	23.829.858,08
583,63	46.322,84	800	79,33	27.035.398,54

PP3T-UD3Q (8TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	47.133,20	100	1,41	4.600.200,03
117,87	47.133,20	150	4,09	5.555.589,93
138,05	47.133,20	200	8,72	6.506.737,84
159,42	47.133,20	250	15,70	7.513.974,26
180,85	47.133,20	300	25,37	8.524.038,67
235,94	47.133,20	350	38,06	11.120.606,50
275,19	47.133,20	400	54,09	12.970.584,48
355,19	47.133,20	500	97,33	16.741.240,24

PP1Q-UD1T (9TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	27.008,03	100	6,77	2.635.983,98
117,87	27.008,03	150	19,69	3.183.436,80
138,05	27.008,03	200	41,98	3.728.458,90
159,42	27.008,03	250	75,53	4.305.620,56

PP1Q-UD2T (10TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	32.972,15	100	6,69	3.218.082,30
117,87	32.972,15	150	19,45	3.886.427,87
138,05	32.972,15	200	41,49	4.551.805,96
159,42	32.972,15	250	74,65	5.256.420,90

PP1Q-UD3T (11TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	44.270,00	100	5,22	4.320.752,00
117,87	44.270,00	150	15,17	5.218.104,90
138,05	44.270,00	200	32,36	6.111.473,50
159,42	44.270,00	250	58,22	7.057.523,40
180,85	44.270,00	300	94,08	8.006.229,50

PP1Q-UD1Q (12TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	43.416,59	100	3,07	4.237.458,86
117,87	43.416,59	150	8,92	5.117.513,07
138,05	43.416,59	200	19,02	5.993.659,79
159,42	43.416,59	250	34,23	6.921.472,25
180,85	43.416,59	300	55,31	7.851.889,70
235,94	43.416,59	350	82,99	10.243.709,46

PP1Q-UD2Q (13TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	25.204,47	100	6,05	2.459.956,48
117,87	25.204,47	150	17,58	2.970.851,13

138,05	25.204,47	200	37,49	3.479.477,38
159,42	25.204,47	250	67,46	4.018.096,95
180,85	25.204,47	300	109,01	4.558.228,79

PP1Q-UD3Q (14TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	43.283,90	100	4,79	4.224.508,93
117,87	43.283,90	150	13,94	5.101.873,65
138,05	43.283,90	200	29,72	5.975.342,81
159,42	43.283,90	250	53,47	6.900.319,81
180,85	43.283,90	300	86,41	7.827.893,86

PP2Q-UD1T (15TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	22.103,43	100	4,89	2.157.295,23
117,87	22.103,43	150	14,23	2.605.331,85
138,05	22.103,43	200	30,34	3.051.379,16
159,42	22.103,43	250	54,60	3.523.729,56

PP2Q-UD2T (16TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	20.897,15	100	6,13	2.039.562,09
117,87	20.897,15	150	17,82	2.463.147,37
138,05	20.897,15	200	37,99	2.884.851,91
159,42	20.897,15	250	68,36	3.331.424,06

PP2Q-UD3T (17TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	50.216,99	100	3,19	4.901.178,26
117,87	50.216,99	150	9,27	5.919.076,66
138,05	50.216,99	200	19,76	6.932.455,52
159,42	50.216,99	250	35,56	8.005.592,61
180,85	50.216,99	300	57,47	9.081.742,71

PP2Q-UD2Q (18TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	5.250,28	100	6,99	512.427,10
117,87	5.250,28	150	20,31	618.850,23
138,05	5.250,28	200	43,31	724.800,84
159,42	5.250,28	250	77,93	836.999,27

PP2Q-UD3Q (19TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	17.925,91	100	4,37	1.749.568,84
117,87	17.925,91	150	12,70	2.112.927,04
138,05	17.925,91	200	27,07	2.474.671,91
159,42	17.925,91	250	48,72	2.857.748,61

PP3Q-UD1T (20TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	15.704,77	100	1,18	1.532.785,63
117,87	15.704,77	150	3,42	1.851.121,33
138,05	15.704,77	200	7,29	2.168.043,61
159,42	15.704,77	250	13,11	2.503.654,56
180,85	15.704,77	300	21,19	2.840.207,79
235,94	15.704,77	350	31,79	3.705.383,62
275,19	15.704,77	400	45,19	4.321.795,87

355,19	15.704,77	500	81,30	5.578.177,53
--------	-----------	-----	-------	--------------

PP3Q-UD2T (21TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	14.983,62	100	4,08	1.462.401,69
117,87	14.983,62	150	11,86	1.766.119,75
138,05	14.983,62	200	25,29	2.068.489,28

PP3Q-UD3T (22TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	43.875,23	100	0,85	4.282.222,80
117,87	43.875,23	150	2,48	5.171.573,79
138,05	43.875,23	200	5,30	6.056.976,00
159,42	43.875,23	250	9,53	6.994.589,74
180,85	43.875,23	300	15,41	7.934.836,00
235,94	43.875,23	350	23,12	10.351.922,62
275,19	43.875,23	400	32,86	12.074.025,54
355,19	43.875,23	500	59,12	15.584.044,23

PP4Q-UD1T (23TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	13.636,49	100	5,69	1.330.921,30
117,87	13.636,49	150	16,54	1.607.332,93
138,05	13.636,49	200	35,26	1.882.517,27
159,42	13.636,49	250	63,45	2.173.929,03

PP4Q-UD2T (24TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	19.695,76	100	5,87	1.922.306,23
117,87	19.695,76	150	17,07	2.321.539,30
138,05	19.695,76	200	36,40	2.718.999,75

PP4Q-UD3T (25TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	35.293,15	100	3,46	3.444.611,01
117,87	35.293,15	150	10,07	4.160.003,07
138,05	35.293,15	200	21,48	4.872.218,75
159,42	35.293,15	250	38,64	5.626.433,27

PP4Q-UD2Q (26TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	21.180,59	100	2,48	2.067.225,64
117,87	21.180,59	150	7,22	2.496.556,21
138,05	21.180,59	200	15,40	2.923.980,53
159,42	21.180,59	250	27,72	3.376.609,75

PP4Q-UD3Q (27TM)				
R\$/m	EXTENSÃO	D(mm)	Q (l/s)	R\$ TOT
97,6	33.409,40	100	2,61	3.260.757,80
117,87	33.409,40	150	7,58	3.937.966,42
138,05	33.409,40	200	16,16	4.612.168,19

Tabela E3 – Custos de Consumo de Energia das Estações Elevatórias
Fonte: EMBASA, 2007

<i>Consumo médio de energia - Período de Plano de projeto = 10 Anos</i>						
Potencia		média de hs operadas/dia	dias/ano	Per.Plano=10anos	Tarifa(A/B) kwh	TOTAL
cv	KW=0,74cv					
1	0,74	21	365	10	R\$ 0,38	21.514,28
3	2,22	21	365	10	R\$ 0,38	64.542,83
4	2,96	21	365	10	R\$ 0,38	86.057,10
6	4,44	21	365	10	R\$ 0,38	129.085,65
7	5,18	21	365	10	R\$ 0,38	150.599,93
9	6,66	21	365	10	R\$ 0,38	193.628,48
10	7,4	21	365	10	R\$ 0,38	215.142,75
19	14,06	21	365	10	R\$ 0,38	408.771,23
20,00	14,8	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 430.285,51
21,40	15,836	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 460.405,49
26,00	19,24	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 559.371,16
32,50	24,05	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 699.213,95
34,60	25,604	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 744.393,93
35,00	25,9	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 752.999,64
38,30	28,342	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 823.996,74
40,00	29,6	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 860.571,01
40,20	29,748	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 864.873,87
41,00	30,34	21	365	10	R\$ 0,38	R\$ 882.085,29
50,00	37	21	365	10	R\$ 0,15	433.858,93
50,70	37,518	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 439.932,95
60,00	44,4	21	365	10	R\$ 0,15	520.630,71
70,00	51,8	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 607.402,50
72,80	53,872	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 631.698,60
73,90	54,686	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 641.243,50
77,20	57,128	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 669.878,19
78,00	57,72	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 676.819,93
85,00	62,9	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 737.560,18
92,40	68,376	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 801.771,30
99,40	73,556	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 862.511,55
100,00	74	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 867.717,86
100,90	74,666	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 875.527,32
105,50	78,07	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 915.442,34
105,60	78,144	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 916.310,06
110,00	81,4	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 954.489,64
116,90	86,506	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.014.362,18
117,10	86,654	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.016.097,61
117,80	87,172	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.022.171,64
123,80	91,612	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.074.234,71
130,00	96,2	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.128.033,22
132,90	98,346	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.153.197,03
140,00	103,6	21	365	10	R\$ 0,15	1.214.805,00
150,00	111	21	365	10	R\$ 0,15	1.301.576,79
160,00	118,4	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.388.348,57
166,20	122,988	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.442.147,08
172,30	127,502	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.495.077,87
174,80	129,352	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.516.770,82
185,70	137,418	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.611.352,06
187,60	138,824	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.627.838,70
190,00	140,6	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.648.663,93
200,00	148	21	365	10	R\$ 0,15	1.735.435,72
216,90	160,506	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.882.080,03
217,90	161,246	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.890.757,21
218,80	161,912	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.898.566,67
230,00	170,2	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 1.995.751,07
230,60	170,644	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 2.000.957,38
234,40	173,456	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 2.033.930,66
240,20	177,748	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 2.084.258,29
250,00	185	21	365	10	R\$ 0,15	R\$ 2.169.294,65
260,00	192,4	21	365	10	R\$ 0,15	2.256.066,43
300,00	222	21	365	10	R\$ 0,15	2.603.153,57
340,00	251,6	21	365	10	R\$ 0,15	2.950.240,72
350,00	259	21	365	10	R\$ 0,15	3.037.012,50
400,00	296	21	365	10	R\$ 0,15	3.470.871,43
450,00	333	21	365	10	R\$ 0,15	3.904.730,36
500,00	370	21	365	10	R\$ 0,15	4.338.589,29

Tabela E3.1 - Cálculo do custo do consumo de energia - Período de Operação = 10anos – Resumo 1

Pot. (cv)	R\$ Energia										R\$ médio
	R\$1	R\$2	R\$3	R\$4	R\$5	R\$6	R\$7	R\$8			
1 a 3	21514,2753	64542,826									43.028,55
4 a 6	86057,1012	129085,65									107.571,38
7 a 9	150599,927	193628,48									172.114,20
10 a 19	215142,753	408771,23									311.956,99
20/60	430285,506	460405,49	559371,16	699213,95	744393,93	752999,636	823996,74	860571,01	433.858,93	520.630,71	628.572,71
70/140	607402,501	676819,93	867717,86	954489,64	1074234,7	1.128.033,22	1214805				931.928,98
150/190	1301576,79	1495077,9	1611352,1	1648663,9							1.514.167,66
200/250	1735435,72	1898566,7	2000957,4	2084258,3	2169294,6						1.977.702,54
260/340	2.256.066,43	2603153,6	2950240,7								2.603.153,57
350/500	3.037.012,50	3470871,4	3904730,4	4338589,3							3.687.800,90

Tabela E3.2 Resumo 2

Pot.(cv)	Cmédio (10A)
1 a 3	43.028,55
4 a 6	107.571,38
7 a 9	172.114,20
10 a 19	311.956,99
20/60	628.572,71
70/140	931.928,98
150/190	1.514.167,66
200/250	1.977.702,54
260/340	2.603.153,57
350/500	3.687.800,90

Tabela E4.1 - Custo de manutenção de Estações Elevatórias, das Adutoras - Resumo 1

Pot.(cv)	R\$ Manut.								Cmédio Anual	Cmédio (10anos)
	R\$1	R\$2	R\$3	R\$4	R\$5	R\$6	R\$7	R\$8		
20/45	509,82	598,2	4162,55	439,68	3042,48	3042,48	612,21	3180,7	1.948,52	19.485,15
50/60	1509,75	1269,02	2048,06	2273,37	3727,21				2.165,48	21.654,82
70/135	355,3	3365,51	2002,67	1517,15	4673,53	1195,55	2904,52		2.287,75	22.877,47
150/190	3.817,73	2166,57	6.367,17	5.746,74	2.523,59	1.367,50	6.317,08	1.367,50	3.709,24	37.092,35
200/250	3296,04	8467,83	4248,22	12629,91					7.160,50	71.605,00

Referencia: EMBASA- Superintendencia de Operação e manutenção

Tabela E4.2 Resumo 2

Manutenção EE	
Intervalo de Potência	Custo(R\$)
0/5	0
5/10	4.871,29
10/20	9.742,58
20/45	19.485,15
50/60	21.654,82
70/135	22.877,47
150/190	37.092,35
200/250	71.605,00
250/400	106.117,65
500	157.886,63

OBS: Os Custos relativos aos intervalos: 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 250 a 500cv, foram calculados por interpolação.

Tabela E5 – Custos Totais das adutoras de Recalque em função das vazões

1R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	9	3,62	3.581.416,97	52.656,16	172.114,20	4.871,29	3.811.058,62
	56	22,47	5.065.723,49	117.485,29	628.572,71	19.485,15	5.831.266,64
	162	65,33	6.636.262,90	184.476,40	1.514.167,66	37.092,35	8.371.999,32
2R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	4	9,72	3.961.479,55	52.656,16	107.571,38	4.871,29	4.126.578,38
	23	11,44	5.603.301,76	88.470,53	628.572,71	19.485,15	6.339.830,15
	42	14,08	6.470.687,19	117.485,29	628.572,71	19.485,15	7.236.230,34
3R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	18	7,56	853.525,84	287.108,08	311.956,99	37.092,35	1.489.683,26
	51	21,97	1.030.789,86	287.108,08	628.572,71	37.092,35	1.983.563,00
	110	46,86	1.207.266,82	117.485,29	931.928,98	71.605,00	2.328.286,09
4R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	20	4,02	7.181.754,02	88.470,53	628.572,71	21.654,82	7.920.452,07
	59	11,68	8.673.292,48	117.485,29	628.572,71	21.654,82	9.441.005,29
	126	24,91	10.158.208,42	184.476,40	931.928,98	37.092,35	11.311.706,15
5R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	12	3,41	6.114.777,62	88.470,53	311.956,99	9.742,58	6.524.947,72
	72	21,14	8.649.027,15	117.485,29	931.928,98	22.877,47	9.721.318,89
	212	61,48	11.330.507,50	184.476,40	1.977.702,54	71.605,00	13.564.291,44
6R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	10	3,16	6.073.050,31	88.470,53	311.956,99	9.742,58	6.483.220,41
	108	35,28	9.919.730,33	184.476,40	931.928,98	37.092,35	11.073.228,06
	264	85,54	14.681.101,33	287.108,08	2.603.153,57	106.117,65	17.677.480,64
7R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	10	3,33	5.604.993,89	88.470,53	311.956,99	9.742,58	6.015.163,99
	64	20,64	7.927.965,23	117.485,29	931.928,98	22.877,47	9.000.256,97
	186	60,02	10.385.892,87	184.476,40	1.514.167,66	71.605,00	12.156.141,94

8R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	2,04	4.534.144,97	52.656,16	43.028,55	4.871,29	4.634.700,97
	33	22,73	7.406.079,83	88.470,53	628.572,71	21.654,82	8.144.777,88
	116	78,34	12.784.337,65	184.476,40	931.928,98	37.092,35	13.937.835,38

9R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	1,43	4.549.611,47	52.656,16	43.028,55	4.871,29	4.650.167,47
	42	38,78	10.998.312,81	117.485,29	628.572,71	21.654,82	11.766.025,63
	111	99,16	16.557.136,26	184.476,40	931.928,98	37.092,35	17.710.633,99

10R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	6	2,66	5.630.428,87	52.656,16	107.571,38	4.871,29	5.795.527,70
	18	7,73	6.799.781,26	88.470,53	311.956,99	9.742,58	7.209.951,36
	67	29,66	9.196.751,75	117.485,29	931.928,98	22.877,47	10.269.043,49

11R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	9	4,10	2.356.897,05	52.656,16	172.114,20	4.871,29	2.586.538,70
	55	25,40	3.333.705,31	117.485,29	628.572,71	21.654,82	4.101.418,12
	160	73,85	4.367.262,62	184.476,40	1.514.167,66	71.605,00	6.137.511,68

12R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	2,47	2.694.064,42	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.794.620,42
	20	15,33	3.810.610,58	88.470,53	628.572,71	21.654,82	4.549.308,64
	37	27,59	4.400.489,24	184.476,40	628.572,71	22.877,47	5.236.415,81

13R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	17	8,18	632.681,05	88.470,53	311.956,99	9.742,58	1.042.851,15
	50	23,78	764.079,05	184.476,40	628.572,71	37.092,35	1.614.220,51
	107	50,71	894.893,64	184.476,40	931.928,98	71.605,00	2.082.904,02

14R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	21	4,33	5.919.619,13	88.470,53	628.572,71	21.654,82	6.658.317,19
	60	12,58	7.149.031,84	184.476,40	628.572,71	37.092,35	7.999.173,29
	129	26,83	8.372.985,88	351.252,88	931.928,98	106.117,65	9.762.285,39

15R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	12	3,65	4.920.831,31	88.470,53	311.956,99	9.742,58	5.331.001,41
	34	10,62	5.942.811,34	117.485,29	628.572,71	22.877,47	6.711.746,81
	72	22,64	6.960.253,72	184.476,40	931.928,98	71.605,00	8.148.264,10

16R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	10	3,39	4.805.683,65	88.470,53	311.956,99	9.742,58	5.215.853,75
	28	9,86	5.803.749,30	117.485,29	628.572,71	21.654,82	6.571.462,12
	21	21,02	6.797.383,48	184.476,40	628.572,71	71.605,00	7.682.037,59

17R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	5	3,32	1.767.611,18	52.656,16	107.571,38	4.871,29	1.932.710,01
	29	20,59	2.500.191,84	88.470,53	628.572,71	21.654,82	3.238.889,89
	86	59,86	3.275.332,80	117.485,29	931.928,98	22.877,47	4.347.624,54

18R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	18	5,62	2.253.270,97	88.470,53	311.956,99	9.742,58	2.663.441,08
	53	16,34	2.721.240,26	184.476,40	628.572,71	37.092,35	3.571.381,72
	112	34,84	3.187.131,74	184.476,40	931.928,98	71.605,00	4.375.142,12

19R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	8	4,85	1.075.804,46	52.656,16	172.114,20	4.871,29	1.305.446,11
	22	14,10	1.299.232,29	117.485,29	628.572,71	21.654,82	2.066.945,10
	48	30,07	1.521.668,08	117.485,29	628.572,71	22.877,47	2.290.603,55

20R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	2,75	1.831.326,25	52.656,16	43.028,55	4.871,29	1.931.882,25
	10	8,00	2.211.664,19	88.470,53	311.956,99	21.654,82	2.633.746,53
	21	17,06	2.590.313,41	88.470,53	628.572,71	21.654,82	3.329.011,47

21R	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	5	2,75	3.658.372,97	52.656,16	107.571,38	4.871,29	3.823.471,80
	30	17,07	5.174.573,66	88.470,53	628.572,71	21.654,82	5.913.271,71
	55	30,72	5.975.592,41	117.485,29	628.572,71	22.877,47	6.744.527,88

Tabela E6 – Custos Totais das Adutoras Mistas em função das vazões

1M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	1,665805	1.952,00	1.990.551,52	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.091.107,52
	7	18,585502	3.188,40	3.251.370,12	52.656,16	172.114,20	4.871,29	3.481.011,77
	24	64,048115	5.503,80	5.612.498,70	88.470,53	628.572,71	21.654,82	6.351.196,76

2M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	3,365312	1.952,00	2.409.801,09	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.510.357,09
	8	20,867312	2.761,00	3.408.535,25	52.656,16	172.114,20	4.871,29	3.638.176,90
	23	60,675707	3.617,00	4.465.292,29	88.470,53	628.572,71	21.654,82	5.203.990,34

3M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	3,365312	1.952,00	793.603,39	52.656,16	43.028,55	4.871,29	894.159,39
	13	34,049192	3.188,40	1.296.273,08	88.470,53	311.956,99	9.742,58	1.706.443,18
	31	82,561769	4.718,80	1.918.471,14	88.470,53	628.572,71	21.654,82	2.657.169,20

4M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	3,713222	1.952,00	1.997.588,11	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.098.144,11
	9	23,024597	2.761,00	2.825.481,95	52.656,16	172.114,20	4.871,29	3.055.123,60
	26	66,948426	3.617,00	3.701.473,46	88.470,53	628.572,71	21.654,82	4.440.171,51

5M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	4,535390	1.952,00	2.455.238,50	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.555.794,50
	11	28,122616	2.761,00	3.472.804,04	88.470,53	311.956,99	9.742,58	3.882.974,15
	31	81,771895	3.617,00	4.549.486,50	88.470,53	628.572,71	21.654,82	5.288.184,56

6M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	6,405474	1.952,00	765.062,77	52.656,16	43.028,55	4.871,29	865.618,77
	15	39,718457	2.761,00	1.082.140,52	88.470,53	311.956,99	9.742,58	1.492.310,63
	27	71,466322	3.188,40	1.249.654,78	88.470,53	628.572,71	21.654,82	1.988.352,84

7M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	2,063189	2.761,00	6.394.867,93	52.656,16	43.028,55	4.871,29	6.495.423,93
	3	9,001609	4.718,80	10.929.410,64	52.656,16	43.028,55	4.871,29	11.029.966,64
	14	37,198754	8.594,60	19.906.313,62	88.470,53	311.956,99	9.742,58	20.316.483,72
	30	79,327026	11672,6	27.035.398,54	88.470,53	628.572,71	21.654,82	27.774.096,60

8M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	1,406869	1.952,00	4.600.200,03	52.656,16	43.028,55	4.871,29	4.700.756,03
	6	15,696535	3.188,40	7.513.974,26	52.656,16	107.571,38	4.871,29	7.679.073,09
	21	54,092350	5.503,80	12.970.584,48	88.470,53	628.572,71	21.654,82	13.709.282,53
	37	97,329594	7.103,80	16.741.240,24	88.470,53	628.572,71	21.654,82	17.479.938,29

9M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	6,770141	1.952,00	2.635.983,98	52.656,16	107.571,38	4.871,29	2.801.082,81
	16	41,979653	2.761,00	3.728.458,90	88.470,53	172.114,20	9.742,58	3.998.786,21
	29	75,534943	3.188,40	4.305.620,56	88.470,53	311.956,99	21.654,82	4.727.702,90

10M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	6,770141	1.952,00	3.218.082,30	52.656,16	107.571,38	4.871,29	3.383.181,12
	7	19,685482	2.357,40	3.886.427,87	52.656,16	107.571,38	4.871,29	4.051.526,70
	28	74,650000	3.188,40	5.256.420,90	88.470,53	311.956,99	21.654,82	5.678.503,24

11M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	5,218074	1.952,00	4.320.752,00	52.656,16	107.571,38	4.871,29	4.485.850,83
	12	32,355742	2.761,00	6.111.473,50	88.470,53	172.114,20	9.742,58	6.381.800,81
	36	94,080519	3.617,00	8.006.229,50	88.470,53	311.956,99	21.654,82	8.428.311,84

12M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	3,067619	1.952,00	4.237.458,86	52.656,16	107.571,38	4.871,29	4.402.557,69
	7	19,021402	2.761,00	5.993.659,79	52.656,16	107.571,38	4.871,29	6.158.758,62
	21	55,308370	3.617,00	7.851.889,70	88.470,53	311.956,99	21.654,82	8.273.972,05
	32	82,989617	4718,8	10243709,46	88.470,53	311.956,99	21.654,82	10.665.791,81

13M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	6,046233	1.952,00	2.459.956,48	52.656,16	107.571,38	4.871,29	2.625.055,31
	14	37,490915	2.761,00	3.479.477,38	88.470,53	172.114,20	9.742,58	3.749.804,69
	42	109,012018	3.617,00	4.558.228,79	117.485,29	311.956,99	21.654,82	5.009.325,89

14M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	4,792903	1.952,00	4.224.508,93	52.656,16	107.571,38	4.871,29	4.389.607,76
	11	29,719378	2.761,00	5.975.342,81	88.470,53	172.114,20	9.742,58	6.245.670,12
	33	86,414787	3.617,00	7.827.893,86	88.470,53	311.956,99	21.654,82	8.249.976,20

15M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	4,893542	1.952,00	2.157.295,23	52.656,16	107.571,38	4.871,29	2.322.394,05
	12	30,343412	2.761,00	3.051.379,16	88.470,53	172.114,20	9.742,58	3.321.706,47
	21	54,597591	3.188,40	3.523.729,56	88.470,53	311.956,99	21.654,82	3.945.811,90

16M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	6,127407	1.952,00	2.039.562,09	52.656,16	107.571,38	4.871,29	2.204.660,92
	14	37,994246	2.761,00	2.884.851,91	88.470,53	172.114,20	9.742,58	3.155.179,22
	26	68,363910	3.188,40	3.331.424,06	88.470,53	311.956,99	21.654,82	3.753.506,40

17M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	6,770141	1.952,00	4.901.178,26	52.656,16	107.571,38	4.871,29	5.066.277,09
	7	19,685482	2.357,40	6.932.455,52	52.656,16	107.571,38	4.871,29	7.097.554,35
	28	74,650000	3.188,40	9.081.742,71	88.470,53	311.956,99	21.654,82	9.503.825,06

18M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	3	6,985063	1.952,00	512.427,10	52.656,16	43.028,55	4.871,29	612.983,10
	17	43,312317	2.761,00	724.800,84	88.470,53	311.956,99	9.742,58	1.134.970,94
	30	77,932836	3.188,40	836.999,27	88.470,53	628.572,71	21.654,82	1.575.697,33

19M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	4,366317	1.952,00	1.749.568,84	52.656,16	43.028,55	4.871,29	1.850.124,84
	10	27,074245	2.761,00	2.474.671,91	88.470,53	311.956,99	9.742,58	2.884.842,01
	19	48,715305	3.188,40	2.857.748,61	88.470,53	311.956,99	9.742,58	3.267.918,71

20M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	3,417144	2.357,40	1.851.121,33	52.656,16	43.028,55	4.871,29	1.951.677,33
	12	31,793421	4.718,80	3.705.383,62	88.470,53	311.956,99	9.742,58	4.115.553,72
	31	81,302930	7.103,80	5.578.177,53	88.470,53	628.572,71	21.654,82	6.316.875,59

21M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	4,078319	1.952,00	1.462.401,69	52.656,16	43.028,55	4.871,29	1.562.957,69
	5	11,858493	2.357,40	1.766.119,75	88.470,53	107.571,38	4.871,29	1.967.032,94
	10	25,288454	2.761,00	2.068.489,28	88.470,53	311.956,99	9.742,58	2.478.659,38

22M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	2,484863	2.357,40	5.171.573,79	52.656,16	43.028,55	4.871,29	5.272.129,79
	9	23,119398	4.718,80	10.351.922,62	88.470,53	172.114,20	4.871,29	10.617.378,64
	23	59,121504	7.103,80	15.584.044,23	88.470,53	628.572,71	21.654,82	16.322.742,28

23M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	5,686801	1.952,00	1.330.921,30	52.656,16	43.028,55	4.871,29	1.431.477,30
	13	35,262181	2.761,00	1.882.517,27	88.470,53	311.956,99	9.742,58	2.292.687,37
	24	63,448043	3.188,40	2.173.929,03	88.470,53	628.572,71	21.654,82	2.912.627,09

24M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	2	5,870231	1.952,00	1.922.306,23	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.022.862,23
	7	17,068823	2.357,40	2.321.539,30	52.656,16	172.114,20	9.742,58	2.556.052,24
	14	36,399578	2.761,00	2.718.999,75	88.470,53	311.956,99	9.742,58	3.129.169,85

25M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	3,463664	1.952,00	3.444.611,01	52.656,16	43.028,55	4.871,29	3.545.167,01
	8	21,477160	2.761,00	4.872.218,75	52.656,16	172.114,20	4.871,29	5.101.860,40
	15	38,644342	3.188,40	5.626.433,27	88.470,53	311.956,99	9.742,58	6.036.603,37

26M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	2,484355	1.952,00	2.067.225,64	52.656,16	43.028,55	4.871,29	2.167.781,64
	6	15,404757	2.761,00	2.923.980,53	52.656,16	107.571,38	4.871,29	3.089.079,35
	11	27,718129	3.188,40	3.376.609,75	88.470,53	311.956,99	9.742,58	3.786.779,85

27M	POT (cv)	Q(l/s)	R\$ IMPLANT. ADUTORA TR	R\$ DE IMPLANT. DA ADUTORA TG	R\$ DE IMPLANT. DA E.E.	R\$ CONSUMO DE ENERGIA	R\$ MANUT. DA E.E.	R\$ TOTAL
	1	2,606749	1.952,00	3.260.757,80	52.656,16	43.028,55	4.871,29	3.361.313,81
	3	7,579622	2.357,40	3.937.966,42	52.656,16	43.028,55	4.871,29	4.038.522,42
	6	16,163683	2.761,00	4.612.168,19	52.656,16	107.571,38	4.871,29	4.777.267,01

APÊNDICE F

**TABELAS DE CÁLCULOS DOS COEFICIENTES DOS SEGMENTOS
LINEARIZADOS**

GRÁFICOS DAS FUNÇÕES LINEARIZADAS : CUSTO DE IMPLANTAÇÃO X VAZÃO

GRÁFICOS DAS FUNÇÕES LINEARIZADAS : CUSTO TOTAL X VAZÃO

Tabela F1 - Coeficientes angulares dos segmentos de reta, da função linearizada de custo total, das adutoras de Recalque

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	coeficiente (a)
1R	a1	0	0	3811058,622	0,00	3,62	0,00	1.051.844,40
		3,6232152	3811058,622					
	a2	3,6232152	3811058,622	5831266,64	3.811.058,62	22,47	3,62	107.211,08
		22,466491	5831266,64					
	a3	22,466491	5831266,64	8371999,316	5.831.266,64	65,33	22,47	59.281,00
		65,325628	8371999,316					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
2R	a1	0	0	4126578,378	0,00	2,37	0,00	1.741.172,31
		2,37	4126578,378					
	a2	2,37	4126578,378	6339830,15	4.126.578,38	14,67	2,37	179.939,17
		14,67	6339830,15					
	a3	14,67	6339830,15	7236230,34	6.339.830,15	26,40	14,67	76.419,45
		26,4	7236230,34					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
3R	a1	0	0	1489683,261	0,00	7,56	0,00	197.048,05
		7,56	1489683,261					
	a2	7,56	1489683,261	1983563	1.489.683,26	21,97	7,56	34.273,40
		21,97	1983563					
	a3	21,97	1983563	2328286,094	1.983.563,00	46,86	21,97	13.849,86
		46,86	2328286,094					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
4R	a1	0	0	7920452,072	0,00	4,02	0,00	1.971.355,33
		4,0177699	7920452,072					
	a2	4,0177699	7920452,072	11311706,15	7.920.452,07	24,91	4,02	162.297,93
		24,913009	11311706,15					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
5R	a1	0	0	6524947,72	0,00	3,41	0,00	1.913.490,37
		3,4099715	6524947,72					
	a2	3,4099715	6524947,72	9721318,893	6.524.947,72	21,14	3,41	180.237,09
		21,14423	9721318,893					
	a3	21,14423	9721318,893	13564291,44	9.721.318,89	61,48	21,14	95.272,43
		61,4809	13564291,44					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
6R	a1	0	0	6483220,412	0,00	3,16	0,00	2.050.316,45
		3,1620584	6483220,412					
	a2	3,1620584	6483220,412	17677480,64	6.483.220,41	85,54	3,16	135.881,57
		85,544532	17677480,64					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
7R	a1	0	0	6015163,989	0,00	3,33	0,00	1.806.824,80
		3,3291352	6015163,989					
	a2	3,3291352	6015163,989	9000256,967	6.015.163,99	20,64	3,33	172.410,67
		20,642988	9000256,967					
	a3	20,642988	9000256,967	12156141,94	9.000.256,97	60,02	20,64	80.138,36
		60,023442	12156141,94					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
8R	a1	0	0	4634700,972	0,00	2,04	0,00	2.274.794,26
		2,0374154	4634700,972					
	a2	2,0374154	4634700,972	8144777,885	4.634.700,97	22,73	2,04	169.616,68
		22,731588	8144777,885					
	a3	22,731588	8144777,885	13937835,38	8.144.777,88	78,34	22,73	104.183,26
		78,336081	13937835,38					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
9R	a1	0	0	4650167,473	0,00	1,43	0,00	3.244.300,67
		1,4333343	4650167,473					
	a2	1,4333343	4650167,473	11766025,63	4.650.167,47	38,78	1,43	190.552,59
		38,776612	11766025,63					
	a3	38,776612	11766025,63	17710633,99	11.766.025,63	99,16	38,78	98.446,89
		99,160522	17710633,99					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
10R	a1	0	0	5795527,698	0,00	2,66	0,00	2.180.162,04
		2,6583014	5795527,698					
	a2	2,6583014	5795527,698	10269043,49	5.795.527,70	29,66	2,66	165.682,37
		29,658856	10269043,49					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
11R	a1	0	0	2586538,703	0,00	4,10	0,00	631.446,88
		4,0962095	2586538,703					
	a2	4,0962095	2586538,703	4101418,123	2.586.538,70	25,40	4,10	71.110,48
		25,39939	4101418,123					
	a3	25,39939	4101418,123	6137511,682	4.101.418,12	73,85	25,40	42.020,99
		73,853592	6137511,682					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
12R	a1	0	0	2794620,418	0,00	2,47	0,00	1.130.296,65
		2,4724663	2794620,418					
	a2	2,4724663	2794620,418	4549308,638	2.794.620,42	15,33	2,47	136.460,60
		15,331036	4549308,638					
	a3	15,331036	4549308,638	5236415,812	4.549.308,64	27,59	15,33	56.070,03
		27,585482	5236415,812					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
13R	a1	0	0	1042851,154	0,00	8,18	0,00	127.513,68
		8,1783471	1042851,154					
	a2	8,1783471	1042851,154	1614220,51	1.042.851,15	23,78	8,18	36.622,10
		23,780111	1614220,51					
	a3	23,780111	1614220,51	2082904,02	1.614.220,51	50,71	23,78	17.402,86
		50,711524	2082904,02					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
14R	a1	0	0	6658317,191	0,00	4,33	0,00	1.538.585,12
		4,3275586	6658317,191					
	a2	4,3275586	6658317,191	7999173,295	6.658.317,19	12,58	4,33	162.416,84
		12,583206	7999173,295					
	a3	12,583206	7999173,295	9762285,386	7.999.173,29	26,83	12,58	123.720,99
		26,833917	9762285,386					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
15R	a1	0	0	5331001,414	0,00	3,65	0,00	1.459.764,12
		3,6519609	5331001,414					
	a2	3,6519609	5331001,414	6711746,807	5.331.001,41	10,62	3,65	198.188,90
		10,618776	6711746,807					
	a3	10,618776	6711746,807	8148264,096	6.711.746,81	22,64	10,62	119.451,37
		22,644735	8148264,096					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
16R	a1	0	0	5215853,75	0,00	3,39	0,00	1.538.718,49
		3,3897388	5215853,75					
	a2	3,3897388	5215853,75	6571462,116	5.215.853,75	9,86	3,39	209.633,09
		9,856315	6571462,116					
	a3	9,856315	6571462,116	7682037,586	6.571.462,12	21,02	9,86	99.492,02
		21,018773	7682037,586					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
17R	a1	0	0	1932710,005	0,00	3,32	0,00	582.176,11
		3,319803	1932710,005					
	a2	3,319803	1932710,005	3238889,893	1.932.710,01	20,59	3,32	75.653,39
		20,585122	3238889,893					
	a3	20,585122	3238889,893	4347624,544	3.238.889,89	59,86	20,59	28.233,58
		59,855186	4347624,544					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
18R	a1	0	0	2663441,075	0,00	5,62	0,00	474.011,50
		5,6189377	2663441,075					
	a2	5,6189377	2663441,075	3571381,719	2.663.441,08	16,34	5,62	84.702,27
		16,338138	3571381,719					
	a3	16,338138	3571381,719	4375142,12	3.571.381,72	34,84	16,34	43.438,90
		34,841379	4375142,12					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
19R	a1	0	0	1305446,107	0,00	4,85	0,00	269.185,31
		4,8496187	1305446,107					
	a2	4,8496187	1305446,107	2066945,102	1.305.446,11	14,10	4,85	82.310,18
		14,101196	2066945,102					
	a3	14,101196	2066945,102	2290603,55	2.066.945,10	30,07	14,10	14.005,03
		30,071059	2290603,55					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
20R	a1	0	0	1931882,25	0,00	2,75	0,00	702.302,58
		2,7507834	1931882,25					
	a2	2,7507834	1931882,25	2633746,533	1.931.882,25	8,00	2,75	133.748,40
		7,9984297	2633746,533					
	a3	7,9984297	2633746,533	3329011,466	2.633.746,53	17,06	8,00	76.753,88
		17,056798	3329011,466					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
21R	a1	0	0	3823471,798	0,00	2,75	0,00	1.388.820,84
		2,7530346	3823471,798					
	a2	2,7530346	3823471,798	5913271,711	3.823.471,80	17,07	2,75	145.958,96
		17,070757	5913271,711					
	a3	17,070757	5913271,711	6744527,876	5.913.271,71	30,72	17,07	60.920,01
		30,715801	6744527,876					

Tabela F2 - Coeficientes angulares dos segmentos de reta, da função linearizada de custo total, das adutoras Mistas

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
1M	a1	0,00	0,00	2.091.107,52	0,00	1,67	0,00	1.255.313,68
		1,67	2.091.107,52					
	a2	1,67	2.091.107,52	6.351.196,76	2.091.107,52	64,05	1,67	68.290,02
		64,05	6.351.196,76					
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
2M	a1	0,00	0,00	2.510.357,09	0,00	3,37	0,00	745.950,69
		3,37	2.510.357,09					
	a2	3,37	2.510.357,09	3.638.176,90	2.510.357,09	20,87	3,37	64.439,48
		20,87	3.638.176,90					
	a3	20,87	3.638.176,90	5.203.990,34	3.638.176,90	60,68	20,87	39.333,75
		60,68	5.203.990,34					
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
3M	a1	0,00	0,00	894.159,39	0,00	3,37	0,00	265.698,78
		3,37	894.159,39					
	a2	3,37	894.159,39	2.657.169,20	894.159,39	82,56	3,37	22.261,22
		82,56	2.657.169,20					
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
4M	a1	0,00	0,00	2.098.144,11	0,00	3,71	0,00	565.046,78
		3,71	2.098.144,11					
	a2	3,71	2.098.144,11	3.055.123,60	2.098.144,11	23,02	3,71	49.555,22
		23,02	3.055.123,60					
	a3	23,02	3.055.123,60	4.440.171,51	3.055.123,60	66,95	23,02	31.532,95
		66,95	4.440.171,51					
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
5M	a1	0,00	0,00	2.555.794,50	0,00	4,54	0,00	563.522,60
		4,54	2.555.794,50					
	a2	4,54	2.555.794,50	3.882.974,15	2.555.794,50	28,12	4,54	56.266,88
		28,12	3.882.974,15					
	a3	28,12	3.882.974,15	5.288.184,56	3.882.974,15	81,77	28,12	26.192,53
		81,77	5.288.184,56					
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
6M	a1	0,00	0,00	865.618,77	0,00	6,41	0,00	135.137,36
		6,41	865.618,77					
	a2	6,41	865.618,77	1.988.352,84	865.618,77	71,47	6,41	17.256,68
		71,47	1.988.352,84					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
7M	a1	0,00	0,00	6.495.423,93	0,00	2,06	0,00	3.148.245,38
		2,06	6.495.423,93					
	a2	2,06	6.495.423,93	20.316.483,72	6.495.423,93	37,20	2,06	393.363,81
		37,20	20.316.483,72					
	a3	37,20	20.316.483,72	27.774.096,60	20.316.483,72	79,33	37,20	177.021,57
		79,33	27.774.096,60					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
8M	a1	0,00	0,00	4.700.756,03	0,00	1,41	0,00	3.341.289,51
		1,41	4.700.756,03					
	a2	1,41	4.700.756,03	13.709.282,53	4.700.756,03	54,09	1,41	170.986,89
		54,09	13.709.282,53					
	a3	54,09	13.709.282,53	17.479.938,29	13.709.282,53	97,33	54,09	87.208,51
		97,33	17.479.938,29					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
9M	a1	0,00	0,00	2.801.082,81	0,00	6,77	0,00	413.740,68
		6,77	2.801.082,81					
	a2	6,77	2.801.082,81	3.998.786,21	2.801.082,81	41,98	6,77	34.016,47
		41,98	3.998.786,21					
	a3	41,98	3.998.786,21	4.727.702,90	3.998.786,21	75,53	41,98	21.722,85
		75,53	4.727.702,90					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
10M	a1	0,00	0,00	3.383.181,12	0,00	6,77	0,00	499.720,92
		6,77	3.383.181,12					
	a2	6,77	3.383.181,12	5.678.503,24	3.383.181,12	74,65	6,77	33.814,48
		74,65	5.678.503,24					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
11M	a1	0,00	0,00	4.485.850,83	0,00	5,22	0,00	859.675,58
		5,22	4.485.850,83					
	a2	5,22	4.485.850,83	6.381.800,81	4.485.850,83	32,36	5,22	69.864,15
		32,36	6.381.800,81					
	a3	32,36	6.381.800,81	8.428.311,84	6.381.800,81	94,08	32,36	33.155,42
		94,08	8.428.311,84					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
12M	a1	0,00	0,00	4.402.557,69	0,00	3,07	0,00	1.435.171,03
		3,07	4.402.557,69					
	a2	3,07	4.402.557,69	6.158.758,62	4.402.557,69	19,02	3,07	110.080,53
		19,02	6.158.758,62					
	a3	19,02	6.158.758,62	10.665.791,81	6.158.758,62	82,99	19,02	70.457,39
		82,99	10.665.791,81					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
13M	a1	0,00	0,00	2.625.055,31	0,00	6,05	0,00	434.163,73
		6,05	2.625.055,31					
	a2	6,05	2.625.055,31	3.749.804,69	2.625.055,31	37,49	6,05	35.769,15
		37,49	3.749.804,69					
	a3	37,49	3.749.804,69	5.009.325,89	3.749.804,69	109,01	37,49	17.610,48
		109,01	5.009.325,89					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
14M	a1	0,00	0,00	4.389.607,76	0,00	4,79	0,00	915.855,84
		4,79	4.389.607,76					
	a2	4,79	4.389.607,76	6.245.670,12	4.389.607,76	29,72	4,79	74.461,48
		29,72	6.245.670,12					
	a3	29,72	6.245.670,12	8.249.976,20	6.245.670,12	86,41	29,72	35.352,18
		86,41	8.249.976,20					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
15M	a1	0,00	0,00	2.322.394,05	0,00	4,89	0,00	474.583,48
		4,89	2.322.394,05					
	a2	4,89	2.322.394,05	3.321.706,47	2.322.394,05	30,34	4,89	39.265,91
		30,34	3.321.706,47					
	a3	30,34	3.321.706,47	3.945.811,90	3.321.706,47	54,60	30,34	25.731,87
		54,60	3.945.811,90					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
16M	a1	0,00	0,00	2.204.660,92	0,00	6,13	0,00	359.803,26
		6,13	2.204.660,92					
	a2	6,13	2.204.660,92	3.155.179,22	2.204.660,92	37,99	6,13	29.827,82
		37,99	3.155.179,22					
	a3	37,99	3.155.179,22	3.753.506,40	3.155.179,22	68,36	37,99	19.701,48
		68,36	3.753.506,40					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
17M	a1	0,00	0,00	5.066.277,09	0,00	6,77	0,00	748.326,66
		6,77	5.066.277,09					
	a2	6,77	5.066.277,09	7.097.554,35	5.066.277,09	19,69	6,77	157.276,31
		19,69	7.097.554,35					
	a3	19,69	7.097.554,35	9.503.825,06	7.097.554,35	74,65	19,69	43.778,62
		74,65	9.503.825,06					

18M		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
	a1	0,00	0,00	612.983,10	0,00	6,99	0,00	87.756,28
		6,99	612.983,10					
	a2	6,99	612.983,10	1.575.697,33	612.983,10	77,93	6,99	13.569,34
		77,93	1.575.697,33					
19M		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
	a1	0,00	0,00	1.850.124,84	0,00	4,37	0,00	423.726,67
		4,37	1.850.124,84					
	a2	4,37	1.850.124,84	2.884.842,01	1.850.124,84	27,07	4,37	45.566,34
		27,07	2.884.842,01					
	a3	27,07	2.884.842,01	3.267.918,71	2.884.842,01	48,72	27,07	17.701,38
		48,72	3.267.918,71					
20M		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
	a1	0,00	0,00	1.951.677,33	0,00	3,42	0,00	571.142,91
		3,42	1.951.677,33					
	a2	3,42	1.951.677,33	4.115.553,72	1.951.677,33	31,79	3,42	76.256,53
		31,79	4.115.553,72					
	a3	31,79	4.115.553,72	6.316.875,59	4.115.553,72	81,30	31,79	44.462,61
		81,30	6.316.875,59					
21M		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
	a1	0,00	0,00	1.562.957,69	0,00	4,08	0,00	383.235,79
		4,08	1.562.957,69					
	a2	4,08	1.562.957,69	1.967.032,94	1.562.957,69	11,86	4,08	51.936,53
		11,86	1.967.032,94					
	a3	11,86	1.967.032,94	2.478.659,38	1.967.032,94	25,29	11,86	38.095,90
		25,29	2.478.659,38					
22M		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
	a1	0,00	0,00	5.272.129,79	0,00	2,48	0,00	2.121.698,10
		2,48	5.272.129,79					
	a2	2,48	5.272.129,79	10.617.378,64	5.272.129,79	23,12	2,48	259.043,82
		23,12	10.617.378,64					
	a3	23,12	10.617.378,64	16.322.742,28	10.617.378,64	59,12	23,12	158.473,06
		59,12	16.322.742,28					
23M		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
	a1	0,00	0,00	1.431.477,30	0,00	5,69	0,00	251.719,24
		5,69	1.431.477,30					
	a2	5,69	1.431.477,30	2.912.627,09	1.431.477,30	63,45	5,69	25.642,62
		63,45	2.912.627,09					

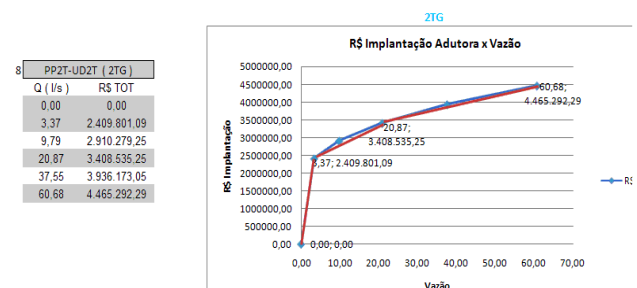
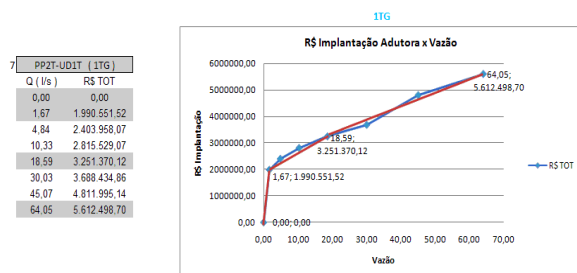
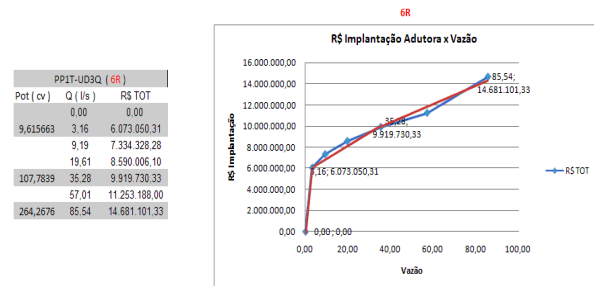
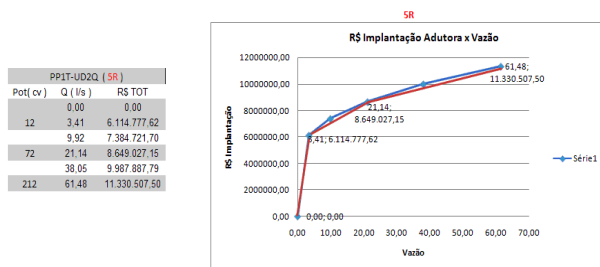
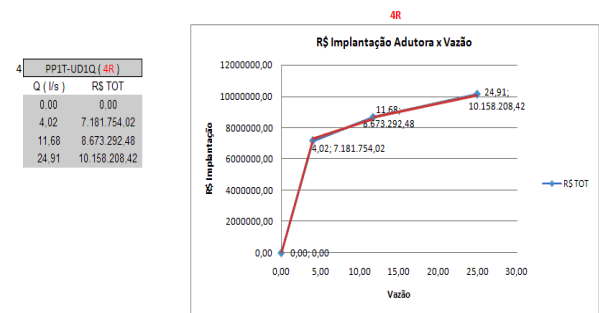
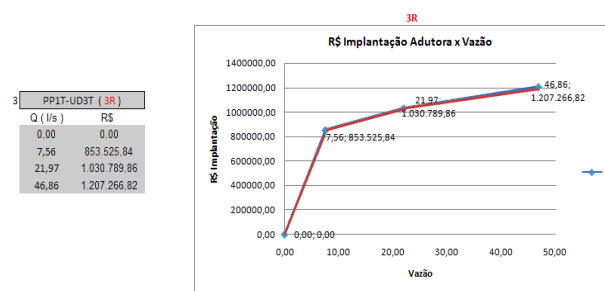
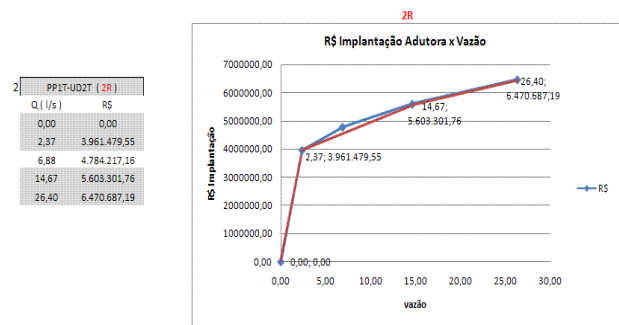
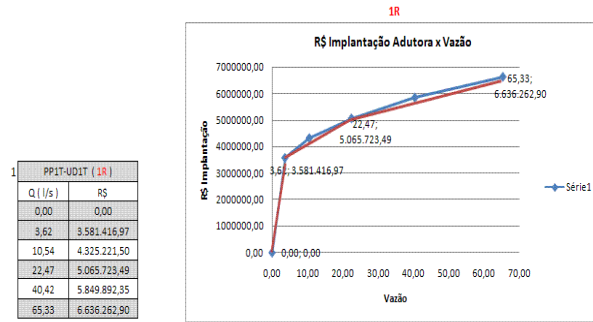
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
24M	a1	0,00	0,00	2.022.862,23	0,00	5,87	0,00	344.596,68
		5,87	2.022.862,23					
	a2	5,87	2.022.862,23	3.129.169,85	2.022.862,23	36,40	5,87	36.237,51
		36,40	3.129.169,85					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
25M	a1	0,00	0,00	3.545.167,01	0,00	3,46	0,00	1.023.530,92
		3,46	3.545.167,01					
	a2	3,46	3.545.167,01	5.101.860,40	3.545.167,01	21,48	3,46	86.418,17
		21,48	5.101.860,40					
	a3	21,48	5.101.860,40	6.036.603,37	5.101.860,40	38,64	21,48	54.449,41
		38,64	6.036.603,37					

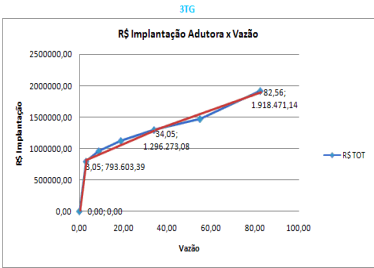
		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
26M	a1	0,00	0,00	2.167.781,64	0,00	2,48	0,00	872.573,09
		2,48	2.167.781,64					
	a2	2,48	2.167.781,64	3.786.779,85	2.167.781,64	27,72	2,48	64.159,97
		27,72	3.786.779,85					

		Q (l/s)	R\$ TOT	y2	y1	x2	x1	a
27M	a1	0,00	0,00	3.361.313,81	0,00	2,61	0,00	1.289.465,88
		2,61	3.361.313,81					
	a2	2,61	3.361.313,81	4.777.267,01	3.361.313,81	16,16	2,61	104.444,94
		16,16	4.777.267,01					

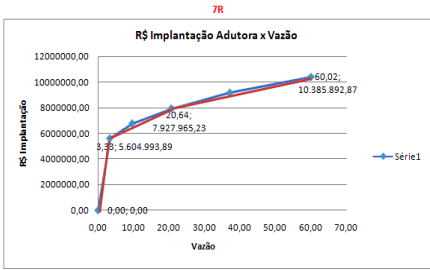
Figura F2 – Gráficos das Funções Linearizadas: Custo de Implantação das Adutoras x Vazão



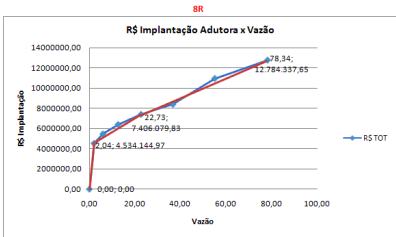
9	PP2T-UD3T (3TG)
Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00
3,05	793.603,39
8,87	958.422,45
18,92	1.122.509,71
34,05	1.296.273,08
55,02	1.470.524,31
82,56	1.918.471,14



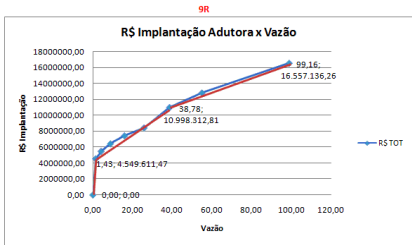
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
10,24356	3,33	5.604.993,89
	9,68	6.769.063,83
63,64229	20,64	7.927.965,23
	37,14	9.155.206,20
186,3328	60,02	10.385.892,87



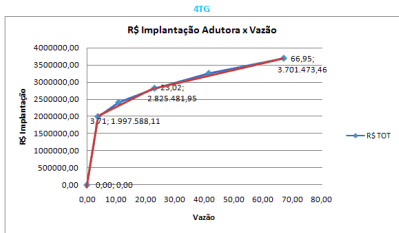
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
2,95997	2,04	4.534.144,97
	5,92	5.475.816,27
	12,63	6.413.306,49
33,15783	22,73	7.406.079,83
	36,73	8.401.640,55
	55,12	10.960.923,82
116,3263	78,34	12.784.337,65



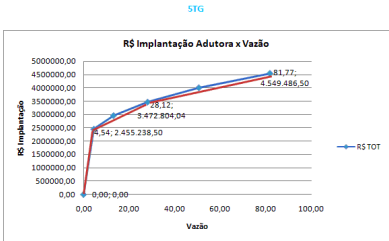
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
1,545481	1,43	4.549.611,47
	4,17	5.494.494,92
	8,89	6.436.183,03
	15,99	7.431.342,84
	25,84	8.430.299,54
42,29266	38,78	10.998.312,81
	55,11	12.827.946,53
111,3353	99,16	16.557.136,26



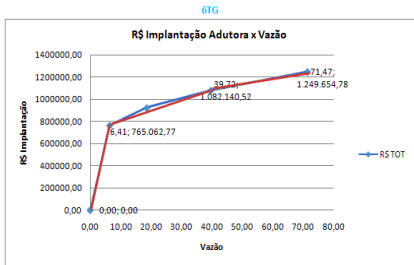
Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00
3,71	1.997.588,11
10,80	2.412.456,05
23,02	2.825.481,95
41,43	3.262.863,69
66,95	3.701.473,46



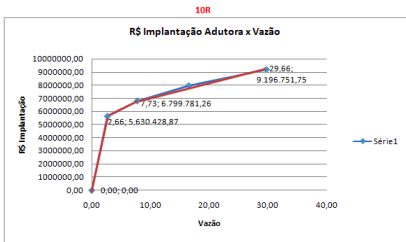
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
4,54	2.455.238,50	
13,19	2.965.153,30	
28,12	3.472.804,04	
50,60	4.010.390,59	
81,77	4.549.486,50	



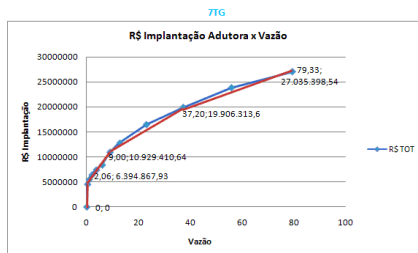
15	PP3T-UD3T (6TG)
Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00
6,41	765.062,77
18,63	923.954,39
39,72	1.082.140,52
71,47	1.249.654,78



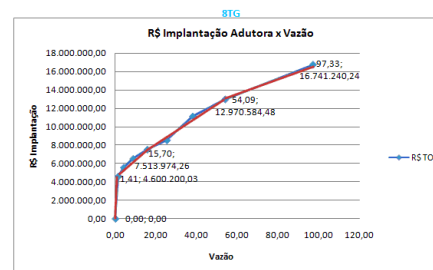
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
6,016973	2,66	5.630.428,87
17,30591	7,73	6.799.781,26
	16,48	7.963.941,66
67,44093	29,66	9.196.751,75



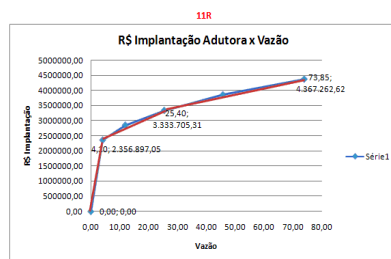
PP3T-UD2Q (7TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0	0	
0,33	4.521.109,09	
0,97	5.460.073,04	
2,06	6.394.867,93	
3,71	7.384.787,00	
6,00	8.377.485,44	
9,00	10.929.410,64	
12,79	12.747.582,07	
23,02	16.453.409,20	
37,20	19.906.313,62	
55,82	23.829.858,09	
79,33	27.035.398,54	



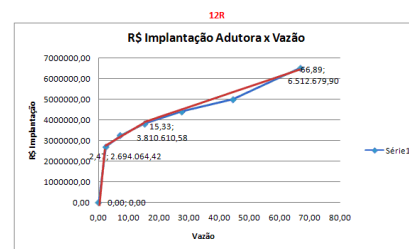
PP3T-UD3Q (8TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
1,41	4.600.200,03	
4,09	5.555.589,93	
8,72	6.506.737,84	
15,70	7.513.974,26	
25,37	8.524.038,67	
38,06	11.120.606,50	
54,09	12.970.584,48	
97,33	16.741.240,24	



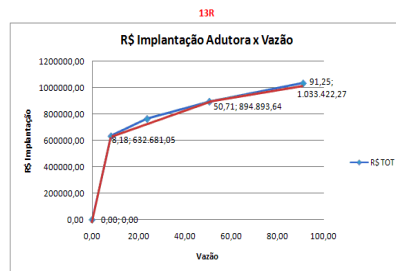
PP4T-UD1T (11R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
8,823349	4,10	2.356.897,05
11,91	2.846.387,86	
54,79653	25,40	3.333.705,31
45,70	3.843.759,51	
160,208	73,85	4.367.262,62



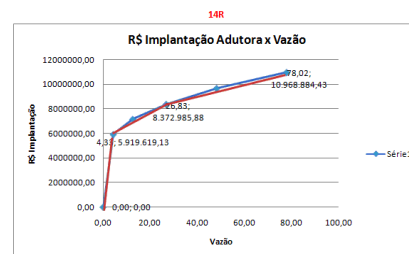
PP4T-UD2T (12R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
3,300367	2,47	2.694.064,42
7,19	3.253.579,64	
20,49445	15,33	3.810.610,58
27,59	4.400.489,24	
44,58	4.992.024,08	
90,31427	66,89	6.512.679,90



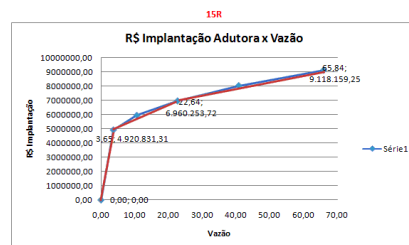
PP4T-UD3T (13R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
17,18563	8,18	632.681,05
23,78	764.079,05	
106,6796	50,71	894.893,64
192,2285	91,25	1.033.422,27



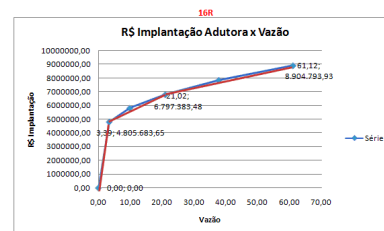
PP4T-UD1Q (14R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
20,7809	4,33	5.919.619,13
12,58	7.149.031,84	
129,1007	26,83	8.372.985,88
48,28	9.669.115,60	
377,8901	78,02	10.968.884,43

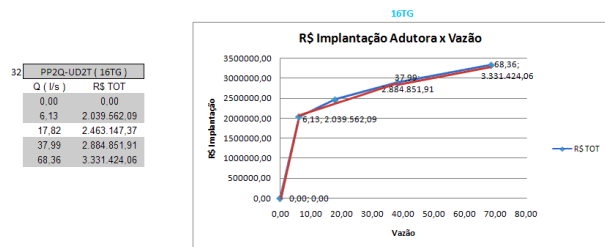
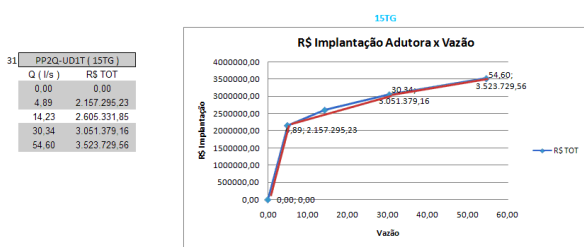
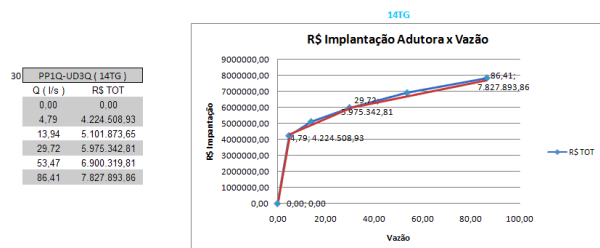
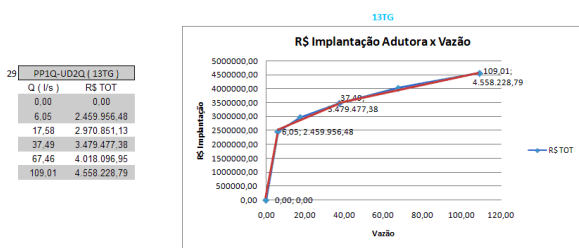
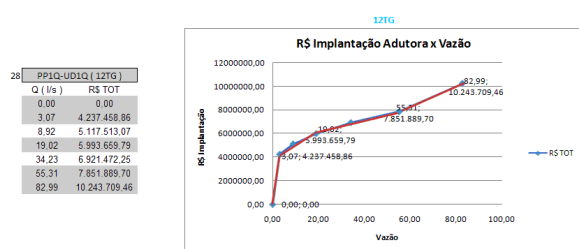
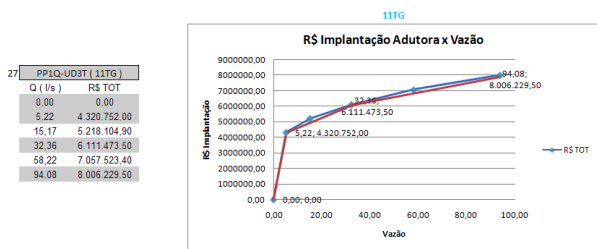
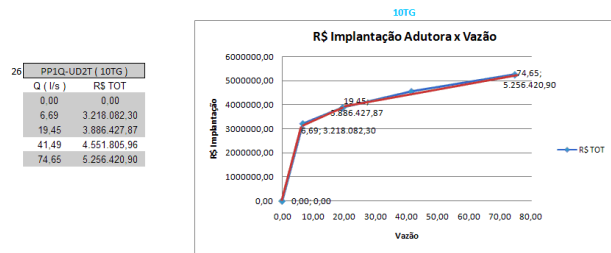
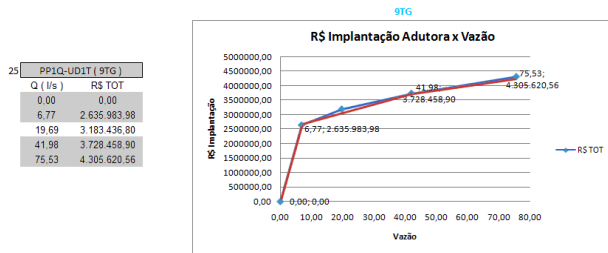


PP4T-UD2Q (15R)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
11,60554	3,65	4.920.831,31
10,62	5.942.811,34	
72,09892	22,64	6.960.253,72
40,75	8.037.693,93	
211,0389	65,84	9.118.159,25

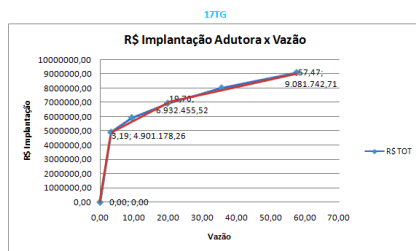


PP4T-UD3Q (16R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	
9,502632	3,29	4.805.683,65
9,86	5.803.749,30	
59,0348	21,02	6.797.383,48
37,82	7.849.611,55	
172,8006	61,12	8.904.793,93

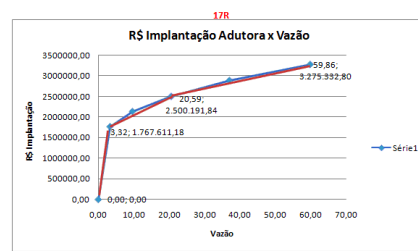




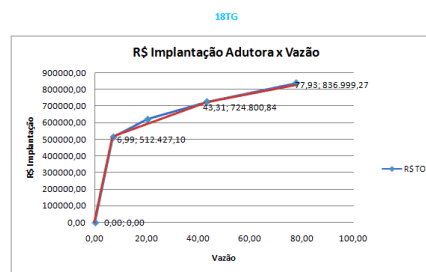
33	PP2Q-UD3T (177G)	
	Q (l/s)	RS TOT
	0,00	0,00
	3,19	4.901.178,26
	9,27	5.919.076,66
	19,76	6.932.455,52
	35,56	8.005.592,61
	57,47	9.081.742,71



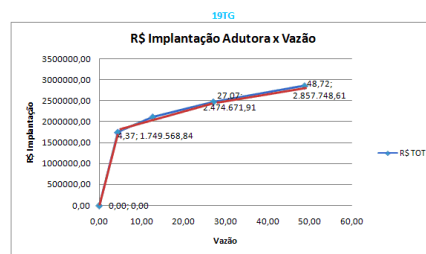
	PP2Q-UD1Q (17R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT	
	0,00	0,00	
4,723561	3,32	1.767.611,18	
	9,65	2.134.716,49	
29,32856	20,59	2.500.191,84	
	37,04	2.887.219,00	
85,67962	59,95	3.275.332,80	



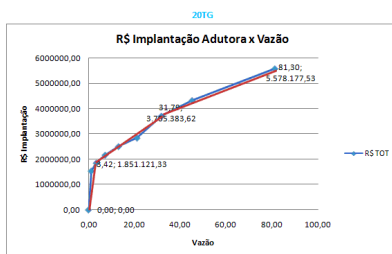
35	2Q-2Q (18TG)	
	Q (l/s)	RS TOT
	0,00	0,00
	6,99	512.427,10
	20,31	618.850,23
	43,31	724.800,84
	77,93	836.999,27



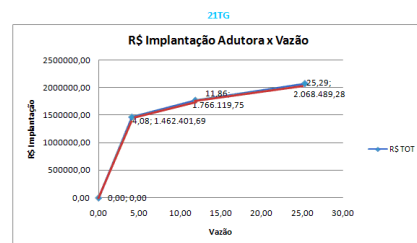
36	PP2Q-UD3Q (19TG)	
	Q (l/s)	RS TOT
	0,00	0,00
	4,37	1.749.568,84
	12,70	2.112.927,04
	27,07	2.474.671,91
	48,72	2.857.748,61



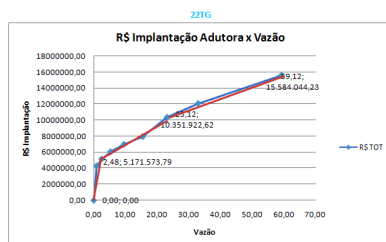
37	PP3Q-UD1T (20TG)	
	Q (l/s)	RS TOT
	0,00	0,00
	1,18	1.532.785,63
	3,42	1.851.121,33
	7,29	2.168.043,61
	13,11	2.503.654,56
	21,19	2.840.207,79
	31,79	3.705.383,62
	45,19	4.321.795,87
	81,30	5.578.177,53



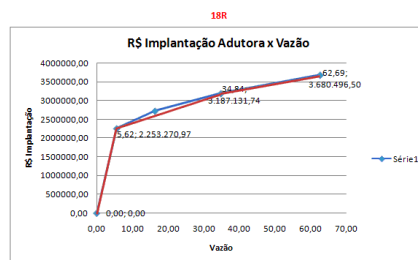
38	PP3Q-UD2T (21TG)	
	Q (l/s)	RS TOT
	0,00	0,00
	4,08	1.462.401,69
	11,86	1.766.119,75
	25,29	2.068.489,28



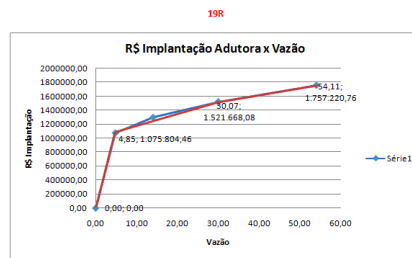
39	PP3Q-UD3T (22TG)	
	Q (l/s)	RS TOT
	0,00	0,00
	0,85	4.282.222,80
	2,48	5.171.573,79
	5,30	6.056.976,00
	9,53	6.994.589,74
	15,41	7.934.636,00
	23,12	10.351.922,62
	32,86	12.074.025,54
	59,12	15.584.044,23



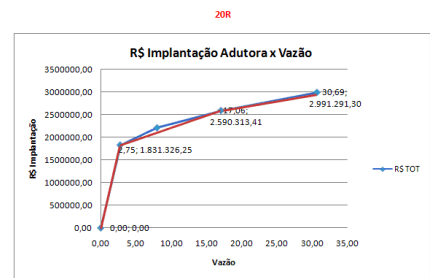
	PP3Q-UD1Q (18R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT	
	0,00	0,00	
18,08379	5,62	2.253.270,97	
	16,34	2.721.240,26	
112,3041	34,84	3.187.131,74	
202,4804	62,69	3.680.496,50	



PP3Q-UD2Q (19R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	0,00
7,73255	4,85	1.075.804,46
14,10	14,10	1.299.232,29
48,00532	30,07	1.521.668,08
86,51523	54,11	1.757.220,76

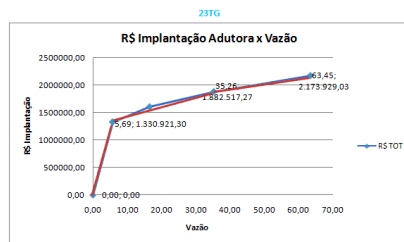


PP3Q-UD3Q (20R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	0,00
3,355823	2,75	1.831.326,25
8,00	8,00	2.211.664,19
20,83455	17,06	2.590.313,41
37,55012	30,69	2.991.291,30



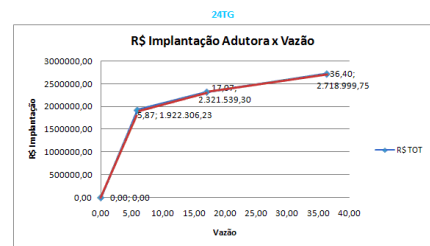
43

PP4Q-UD1T (23TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
5,69	1.330.921,30	
16,54	1.607.332,93	
35,26	1.882.517,27	
63,45	2.173.929,03	



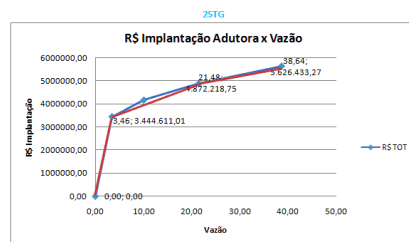
44

PP4Q-UD2T (24TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
5,87	1.922.306,23	
17,07	2.321.539,30	
36,40	2.718.999,75	

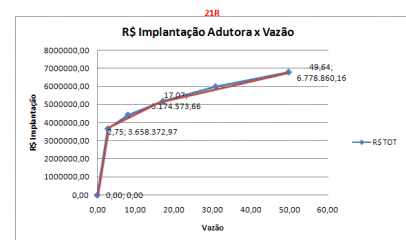


45

PP4Q-UD3T (25TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
3,46	3.444.611,01	
10,07	4.160.003,07	
21,48	4.872.218,75	
38,64	5.626.433,27	

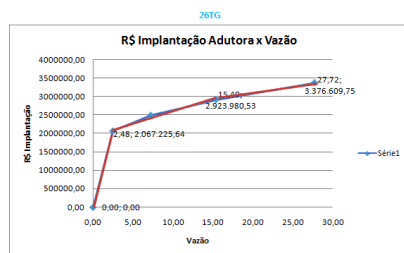


PP4Q-UD1Q (21R)		
Pot (cv)	Q (l/s)	RS TOT
0,00	0,00	0,00
4,882832	2,75	3.658.372,97
8,00	8,00	4.418.160,06
30,32919	17,07	5.174.573,66
30,72	30,72	5.975.592,41
88,72276	49,64	6.778.860,16



47

PP4Q-UD2Q (26TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
2,48	2.067.225,64	
7,22	2.496.556,21	
15,40	2.923.980,53	
27,72	3.376.609,75	



48

PP4Q-UD3Q (27TG)		
Q (l/s)	RS TOT	
0,00	0,00	
2,61	3.260.757,80	
7,58	3.937.966,42	
16,16	4.612.168,19	

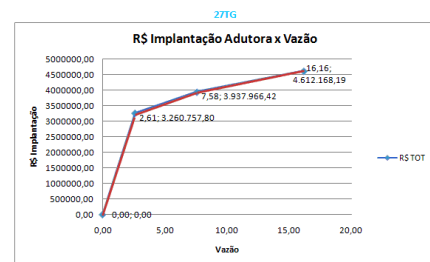
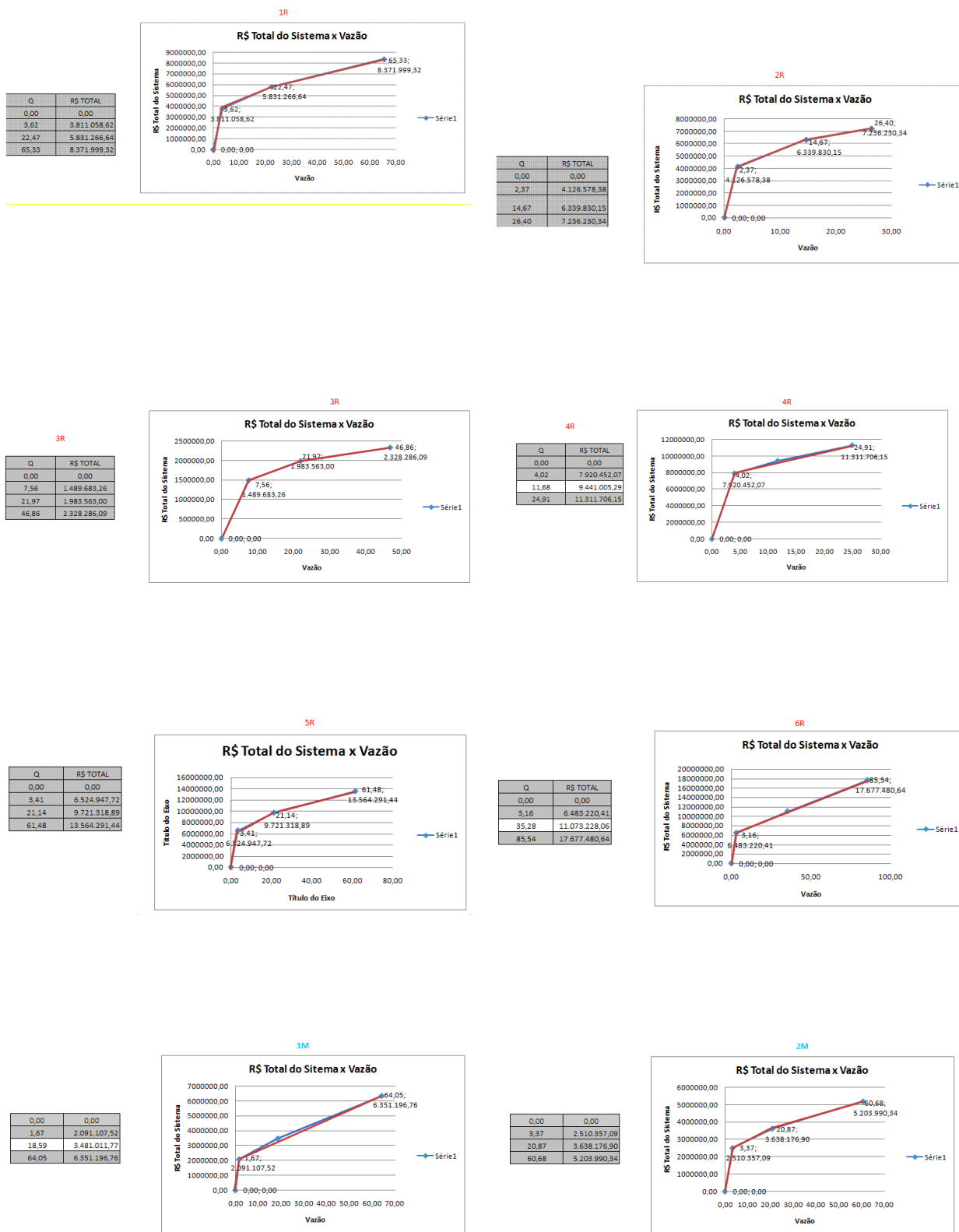
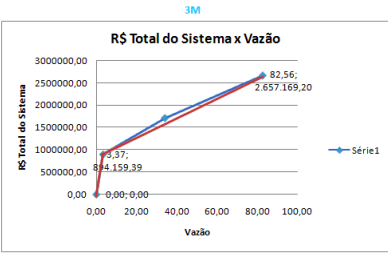


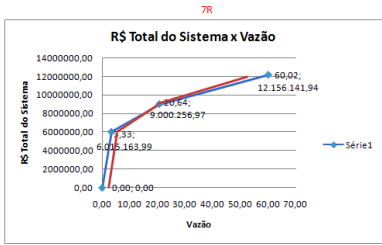
Figura F3 – Gráficos das funções Linearizadas : Custo total das Adutoras x Vazão



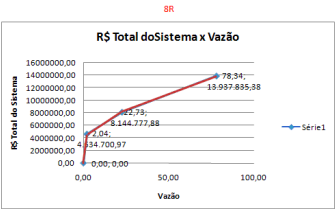
0,00	0,00
3,37	894.159,39
34,05	1.706.443,18
82,56	2.657.169,20



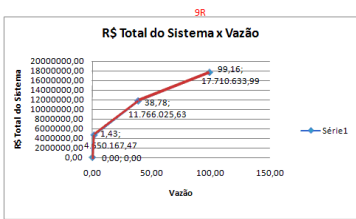
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
3,33	6.015.163,99
20,64	9.000.256,97
60,02	12.156.141,94



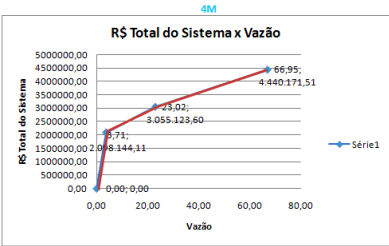
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,04	4.634.700,97
22,73	8.144.777,88
78,34	13.937.835,38



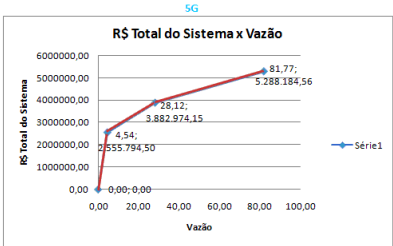
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
1,43	4.650.167,47
38,78	11.766.025,63
99,16	17.710.633,99



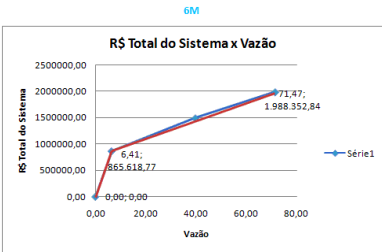
0,00	0,00
3,71	2.098.144,11
23,02	3.055.123,60
66,95	4.440.171,51



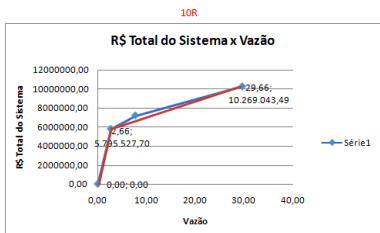
0,00	0,00
4,54	2.555.794,50
28,12	3.882.974,15
81,77	5.288.184,56



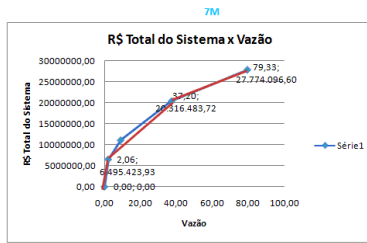
0,00	0,00
6,41	865.618,77
39,72	1.492.310,63
71,47	1.988.352,84



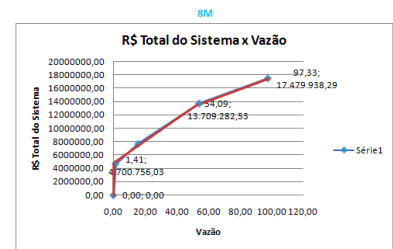
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,66	5.795.527,70
7,73	7.209.951,36
29,66	10.269.043,49



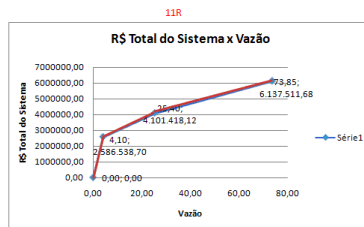
0,00	0,00
2,06	6.495.423,93
9,00	11.029.966,64
37,20	20.316.483,72
79,33	27.774.096,60



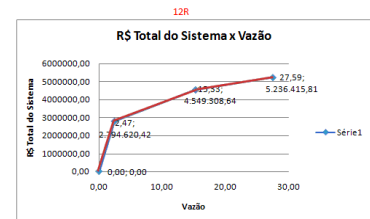
0,00	0,00
1,41	4.700.756,03
15,70	7.679.073,09
54,09	13.709.282,53
97,33	17.479.938,29



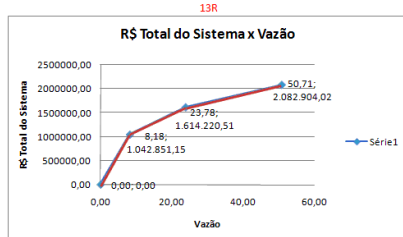
Q1	R\$ TOTAL
0,00	0,00
4,10	2.586.538,70
25,40	4.101.418,12
79,85	6.137.511,68



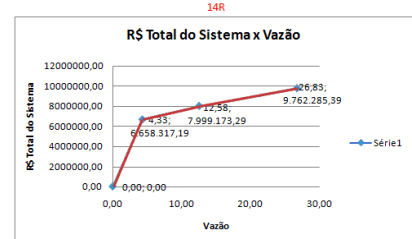
Q1	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,47	2.794.620,42
15,33	4.549.308,64
27,59	5.236.415,81



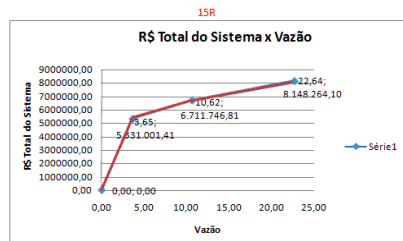
Q1	R\$ TOTAL
0,00	0,00
8,18	1.042.851,15
23,78	1.614.220,51
50,71	2.082.904,02



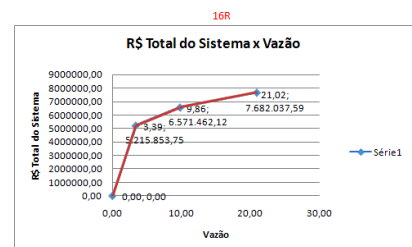
Q1	R\$ TOTAL
0,00	0,00
4,33	6.658.317,19
12,58	7.999.173,29
26,83	9.762.285,39



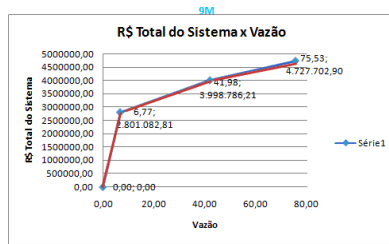
Q1	R\$ TOTAL
0,00	0,00
3,65	5.331.001,41
10,62	6.711.746,81
22,64	8.148.264,10



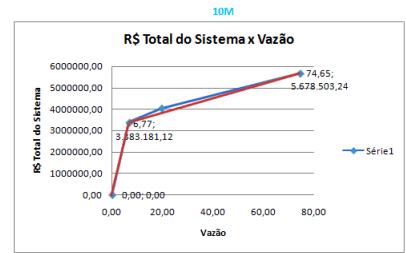
Q1	R\$ TOTAL
0,00	0,00
3,39	5.215.853,75
9,86	6.571.462,12
21,02	7.682.037,59



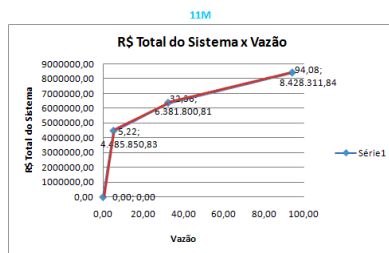
0,00	0,00
6,77	2.801.082,81
41,98	3.998.786,21
75,53	4.727.702,90



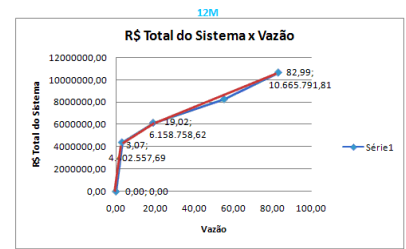
0,00	0,00
6,77	3.383.181,12
19,69	4.051.526,70
74,65	5.678.503,24



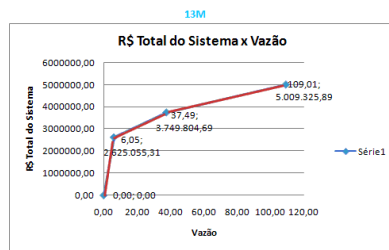
0,00	0,00
5,22	4.485.850,83
33,36	6.381.800,81
94,08	8.428.311,84



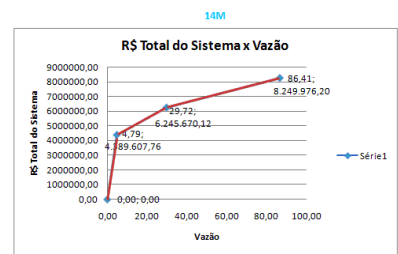
0,00	0,00
3,07	4.402.557,69
19,02	6.158.758,62
55,31	8.273.972,05
82,99	10.665.791,81



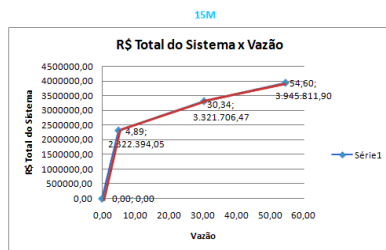
0,00	0,00
6,05	2.625.055,31
37,49	3.749.804,69
109,01	5.009.325,89



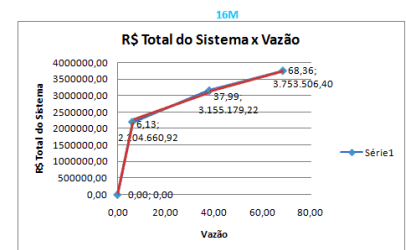
0,00	0,00
4,79	4.389.607,76
29,72	6.245.670,12
86,41	8.249.976,20



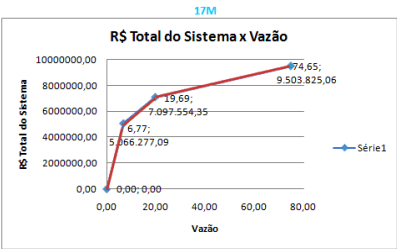
0,00	0,00
4,89	2.322.394,05
30,34	3.321.706,47
54,60	3.945.811,90



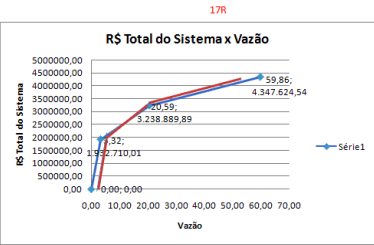
0,00	0,00
6,13	2.204.660,92
37,99	3.155.179,22
68,36	3.753.506,40



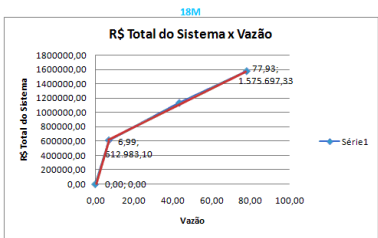
0,00	0,00
6,77	5.066.277,09
19,69	7.097.554,35
74,65	9.503.825,06



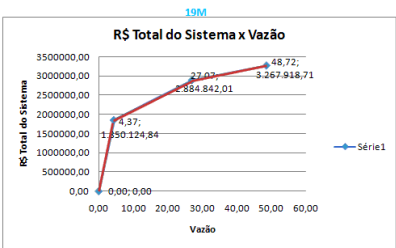
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
3,32	1.932.710,01
20,59	3.238.889,89
59,86	4.347.624,54



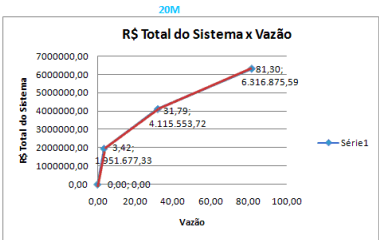
0,00	0,00
6,99	612.983,10
43,31	1.134.970,94
77,93	1.575.697,33



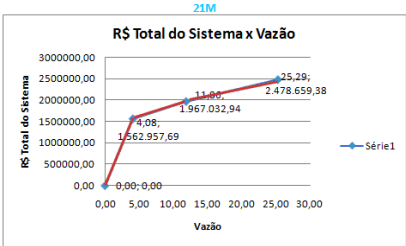
0,00	0,00
4,37	1.850.124,84
27,07	2.884.842,01
48,72	3.267.918,71



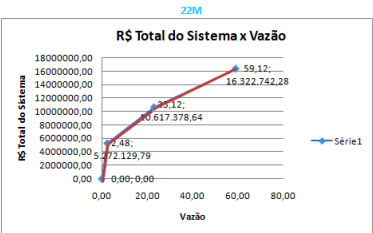
0,00	0,00
3,42	1.951.677,33
31,79	4.115.553,72
81,30	6.316.875,59



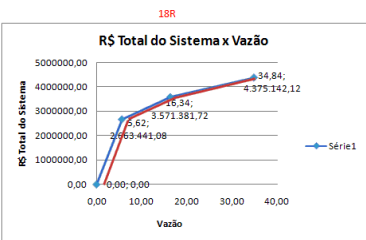
0,00	0,00
4,08	1.562.957,69
11,86	1.967.032,94
25,29	2.478.659,38



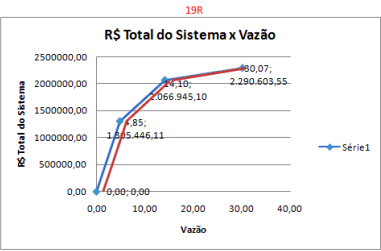
0,00	0,00
2,48	5.272.129,79
25,12	10.617.378,64
59,12	16.322.742,28



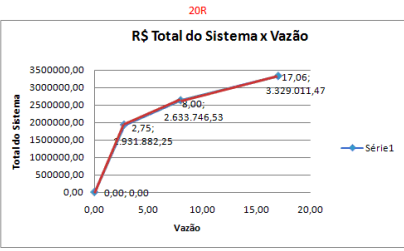
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
5,62	2.663.441,08
16,34	3.571.381,72
34,84	4.375.142,12



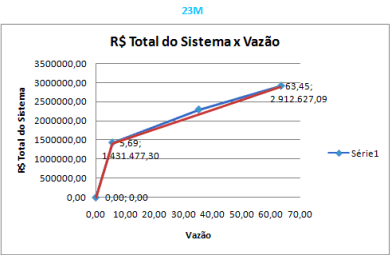
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
4,85	1.305.446,11
14,10	2.066.945,10
30,07	2.290.603,55



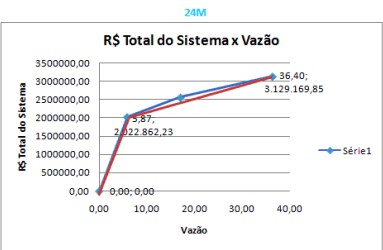
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,75	1.931.882,25
8,00	2.633.746,53
17,06	3.329.011,47



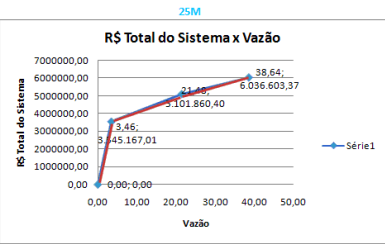
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
5,69	1.431.477,30
35,26	2.292.687,37
63,45	2.912.627,09



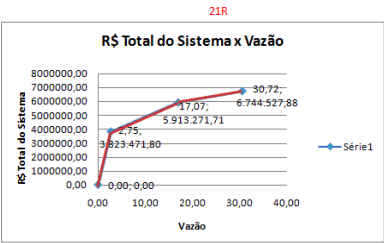
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
5,87	2.022.862,23
17,07	2.556.052,24
36,40	3.129.169,85



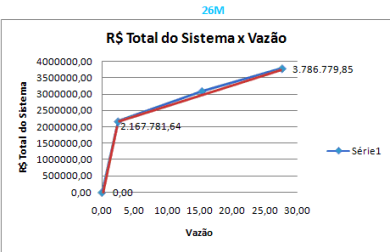
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
3,46	3.545.167,01
21,48	5.101.860,40
38,64	6.036.603,37



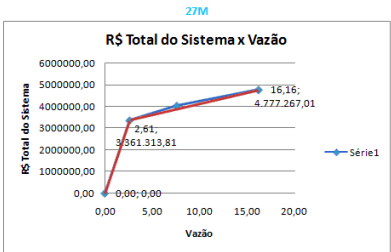
Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,75	3.823.471,80
17,07	5.913.271,71
30,72	6.744.527,88



Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,48	2.167.781,64
15,40	3.089.079,35
27,72	3.786.779,85



Q	R\$ TOTAL
0,00	0,00
2,61	3.361.313,81
7,58	4.038.522,42
16,16	4.777.267,01



APÊNDICE G

FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DAS FUNÇÕES LINEARIZADAS DE CUSTOS E DAS
VAZÕES

O MODELO MATEMÁTICO DA PROGRAMAÇÃO INTEIRO LINEAR

RESULTADOS DO APLICATIVO LINGO

FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DAS FUNÇÕES LINEARIZADAS DE CUSTOS E DAS VAZÕES

Adutora 1R

$a_1 = 1051844.40;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 107211.08;$ $q_1 = 3.62;$ $c_1 = 3811058.62;$
 $a_3 = 59281.00;$ $q_2 = 22.47;$ $c_2 = 5831266.64;$
 $q_3 = 65.33;$

$$C = 0 + (0 \cdot Z_a + 1010896.71 \cdot Q_a) + (3662696.31 \cdot Z_b + 86768.63 \cdot Q_b) + (5297701.50 \cdot Z_c + 39395.52 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (3.62 - 0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (22.47 - 3.62) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (65.33 - 22.47) \cdot Z_c;$$

$$Q = (0 \cdot Z_a + Q_a) + (3.62 \cdot Z_b + Q_b) + (22.47 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 2R

$a_1 = 424.545,1;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 1.286.774,28;$ $q_1 = 9,72;$ $c_1 = 4.126.578,37;$
 $a_3 = 339.545,52;$ $q_2 = 11,44;$ $c_2 = 6.339.830,14;$
 $q_3 = 14,08;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 3R

$a_1 = 197048.05;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 34273.40;$ $q_1 = 7.56;$ $c_1 = 1489683.26;$
 $a_3 = 13849.86;$ $q_2 = 21.97;$ $c_2 = 1983562.99;$
 $q_3 = 46.86;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 4R

$a_1 = 1971355.32;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 162297.93;$ $q_1 = 4.02;$ $c_1 = 7920452.07;$
 $q_2 = 24.91;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$$

$$Z_a + Z_b \leq 1;$$

Adutora 5R

$a_1 = 1913490.37;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 180237.09;$ $q_1 = 3.41;$ $c_1 = 6524947.72;$
 $a_3 = 95272.42;$ $q_2 = 21.14;$ $c_2 = 9721318.89;$
 $q_3 = 61.48;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 6R

$a_1 = 2050316.45;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 135881.57;$ $q_1 = 3.16;$ $c_1 = 6483220.41;$
 $q_2 = 85.54;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$$

$$Z_a + Z_b \leq 1;$$

Adutora 7R

$a_1 = 1806824.80;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 172410.67;$ $q_1 = 3.33;$ $c_1 = 6015163.98;$
 $a_3 = 80138.35;$ $q_2 = 20.64;$ $c_2 = 9000256.96;$
 $q_3 = 60.02;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 8R

$a_1 = 2274794.26;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 169616.68;$ $q_1 = 2.04;$ $c_1 = 4634700.97;$
 $a_3 = 104183.26;$ $q_2 = 22.73;$ $c_2 = 8144777.88;$
 $q_3 = 78.34;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

Adutora 9R

$a_1 = 3244300.67;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 190552.58;$ $q_1 = 1.43;$ $c_1 = 4650167.47;$
 $a_3 = 98446.89;$ $q_2 = 38.78;$ $c_2 = 11766025.63;$
 $q_3 = 99.16;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 10R

$a_1 = 2180162.03;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 165682.36;$ $q_1 = 2.66;$ $c_1 = 5795527.69;$
 $q_2 = 29.66;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$$

$$Z_a + Z_b \leq 1;$$

Adutora 11R

$a_1 = 631446.87;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 71110.48;$ $q_1 = 4.1;$ $c_1 = 2586538.70;$
 $a_3 = 42020.98;$ $q_2 = 25.4;$ $c_2 = 4101418.12;$
 $q_3 = 73.85;$

$$C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$$

$$Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$$

$$Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$$

$$Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$$

$$Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$$

$$Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$$

Adutora 12R

$a1 = 1130296.64;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 136460.60;$ $q1 = 2.47;$ $c1 = 2794620.41;$
 $a3 = 56070.03;$ $q2 = 15.33;$ $c2 = 4549308.63;$
 $q3 = 27.59;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 13R

$a1 = 127513.68;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 36622.09;$ $q1 = 8.18;$ $c1 = 1042851.15;$
 $a3 = 17402.85;$ $q2 = 23.78;$ $c2 = 1614220.51;$
 $q3 = 50.71;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 14R

$a1 = 1538585.11;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 162416.83;$ $q1 = 4.33;$ $c1 = 6658317.19;$
 $a3 = 123720.98;$ $q2 = 12.58;$ $c2 = 7999173.29;$
 $q3 = 26.83;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 15R

$a1 = 1459764.11;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 198188.89;$ $q1 = 3.65;$ $c1 = 5331001.41;$
 $a3 = 119451.37;$ $q2 = 10.62;$ $c2 = 6711746.80;$
 $q3 = 22.64;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 16R

$a1 = 1538718.49;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 209633.09;$ $q1 = 3.38;$ $c1 = 5215853.75;$
 $a3 = 99492.01;$ $q2 = 9.85;$ $c2 = 6571462.11;$
 $q3 = 21.01;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 17R

$a1 = 582176.10;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 75653.38;$ $q1 = 3.32;$ $c1 = 1932710.00;$
 $a3 = 28233.58;$ $q2 = 20.59;$ $c2 = 3238889.89;$
 $q3 = 59.86;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$

$Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 18R

$a1 = 474011.49;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 84702.27;$ $q1 = 5.62;$ $c1 = 2663441.07;$
 $a3 = 43438.89;$ $q2 = 16.33;$ $c2 = 3571381.71;$
 $q3 = 34.84;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 19R

$a1 = 269185.30;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 82310.18;$ $q1 = 4.85;$ $c1 = 1305446.10;$
 $a3 = 14005.03;$ $q2 = 14.10;$ $c2 = 2066945.10;$
 $q3 = 30.07;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 20R

$a1 = 702302.57;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 133748.39;$ $q1 = 2.75;$ $c1 = 1931882.25;$
 $a3 = 76753.87;$ $q2 = 7.99;$ $c2 = 2633746.53;$
 $q3 = 17.05;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 21R

$a1 = 1388820.84;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 145958.95;$ $q1 = 2.75;$ $c1 = 3823471.79;$
 $a3 = 60920.00;$ $q2 = 17.07;$ $c2 = 5913271.71;$
 $q3 = 30.71;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$
 $Za + Zb + Zc \leq 1;$

Adutora 1M

$a1 = 1255313.67;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 68290.02;$ $q1 = 1.67;$ $c1 = 2091107.52;$
 $q2 = 64.05;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb);$
 $Za + Zb \leq 1;$

Adutora 2M

$a1 = 745950.69;$ $q0 = 0;$ $c0 = 0;$
 $a2 = 64439.48;$ $q1 = 3.37;$ $c1 = 2510357.09;$
 $a3 = 39333.74;$ $q2 = 20.87;$ $c2 = 3638176.90;$
 $q3 = 60.68;$
 $C = 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc);$
 $Qa \leq (q1 - q0) \cdot Za;$
 $Qb \leq (q2 - q1) \cdot Zb;$
 $Qc \leq (q3 - q2) \cdot Zc;$
 $Q = (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc);$

$$Za + Zb + Zc \leq 1;$$

Adutora 3M

$$\begin{aligned} a1 &= 265698.77; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 22261.22; & q1 &= 3.37; & c1 &= 894159.38; \\ & & q2 &= 82.56; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb); \\ Za + Zb &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 4M

$$\begin{aligned} a1 &= 565046.78; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 49555.22; & q1 &= 3.71; & c1 &= 2098144.10; \\ a3 &= 31532.94; & q2 &= 23.02; & c2 &= 3055123.60; \\ & & q3 &= 66.95; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 5M

$$\begin{aligned} a1 &= 563522.59; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 56266.87; & q1 &= 4.54; & c1 &= 2555794.49; \\ a3 &= 26192.53; & q2 &= 28.12; & c2 &= 3882974.14; \\ & & q3 &= 81.77; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 6M

$$\begin{aligned} a1 &= 135137.35; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 17256.67; & q1 &= 6.41; & c1 &= 865618.76; \\ & & q2 &= 71.47; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb); \\ Za + Zb &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 7M

$$\begin{aligned} a1 &= 3148245.37; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 393363.80; & q1 &= 2.06; & c1 &= 6495423.92; \\ a3 &= 177021.56; & q2 &= 37.2; & c2 &= 20316483.71; \\ & & q3 &= 79.33; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 8M

$$\begin{aligned} a1 &= 3341289.50; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 170986.88; & q1 &= 1.41; & c1 &= 4700756.02; \\ a3 &= 87208.51; & q2 &= 54.09; & c2 &= 13709282.53; \\ & & q3 &= 97.33; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 9M

$$\begin{aligned} a1 &= 413740.68; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 34016.47; & q1 &= 6.77; & c1 &= 2801082.80; \\ a3 &= 21722.85; & q2 &= 41.98; & c2 &= 3998786.21; \\ & & q3 &= 75.53; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 10M

$$\begin{aligned} a1 &= 499720.91; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 33814.47; & q1 &= 6.77; & c1 &= 3383181.12; \\ & & q2 &= 74.65; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb); \\ Za + Zb &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 11M

$$\begin{aligned} a1 &= 859675.57; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 69864.14; & q1 &= 5.22; & c1 &= 4485850.82; \\ a3 &= 33155.42; & q2 &= 32.36; & c2 &= 6381800.81; \\ & & q3 &= 94.08; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 12M

$$\begin{aligned} a1 &= 1435171.03; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 110080.53; & q1 &= 3.07; & c1 &= 4402557.68; \\ a3 &= 70457.38; & q2 &= 19.02; & c2 &= 6158758.61; \\ & & q3 &= 82.99; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 13M

$$\begin{aligned} a1 &= 434163.73; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 35769.14; & q1 &= 6.05; & c1 &= 2625055.30; \\ a3 &= 17610.48; & q2 &= 37.49; & c2 &= 3749804.69; \\ & & q3 &= 109.01; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 14M

$$\begin{aligned} a1 &= 915855.83; & q0 &= 0; & c0 &= 0; \\ a2 &= 74461.48; & q1 &= 4.79; & c1 &= 4389607.75; \\ a3 &= 35352.17; & q2 &= 29.72; & c2 &= 6245670.12; \\ & & q3 &= 86.41; \\ C &= 0 + (c0 \cdot Za + a1 \cdot Qa) + (c1 \cdot Zb + a2 \cdot Qb) + (c2 \cdot Zc + a3 \cdot Qc); \\ Qa &\leq (q1 - q0) \cdot Za; \\ Qb &\leq (q2 - q1) \cdot Zb; \\ Qc &\leq (q3 - q2) \cdot Zc; \\ Q &= (q0 \cdot Za + Qa) + (q1 \cdot Zb + Qb) + (q2 \cdot Zc + Qc); \\ Za + Zb + Zc &\leq 1; \end{aligned}$$

Adutora 15M

$$a1 = 474583.47; \quad q0 = 0; \quad c0 = 0;$$

$a_2 = 39265.91;$ $q_1 = 4.89;$ $c_1 = 2322394.05;$
 $a_3 = 25731.87;$ $q_2 = 30.34;$ $c_2 = 3321706.47;$
 $q_3 = 54.6;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 16M

$a_1 = 359803.25;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 29827.81;$ $q_1 = 6.13;$ $c_1 = 2204660.91;$
 $a_3 = 19701.47;$ $q_2 = 37.99;$ $c_2 = 3155179.22;$
 $q_3 = 68.36;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 17M

$a_1 = 748326.65;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 157276.31;$ $q_1 = 6.77;$ $c_1 = 5066277.08;$
 $a_3 = 43778.61;$ $q_2 = 19.69;$ $c_2 = 7097554.35;$
 $q_3 = 74.65;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 18M

$a_1 = 87756.27;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 13569.33;$ $q_1 = 6.99;$ $c_1 = 612983.10;$
 $q_2 = 77.93;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$
 $Z_a + Z_b \leq 1;$

Adutora 19M

$a_1 = 423726.66;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 45566.33;$ $q_1 = 4.37;$ $c_1 = 1850124.84;$
 $a_3 = 17701.38;$ $q_2 = 27.07;$ $c_2 = 2884842.01;$
 $q_3 = 48.72;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 20M

$a_1 = 571142.90;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 76256.52;$ $q_1 = 3.42;$ $c_1 = 1951677.33;$
 $a_3 = 44462.60;$ $q_2 = 31.79;$ $c_2 = 4115553.71;$
 $q_3 = 81.3;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 21M

$a_1 = 383235.79;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 51936.52;$ $q_1 = 4.08;$ $c_1 = 1562957.69;$

$a_3 = 38095.89;$ $q_2 = 11.86;$ $c_2 = 1967032.94;$
 $q_3 = 25.29;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 22M

$a_1 = 2121698.10;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 259043.82;$ $q_1 = 2.48;$ $c_1 = 5272129.78;$
 $a_3 = 158473.05;$ $q_2 = 23.12;$ $c_2 = 10617378.64;$
 $q_3 = 59.12;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 23M

$a_1 = 251719.24;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 25642.62;$ $q_1 = 5.69;$ $c_1 = 1431477.30;$
 $q_2 = 63.45;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$
 $Z_a + Z_b \leq 1;$

Adutora 24M

$a_1 = 344596.67;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 36237.51;$ $q_1 = 5.87;$ $c_1 = 2022862.23;$
 $q_2 = 36.4;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$
 $Z_a + Z_b \leq 1;$

Adutora 25M

$a_1 = 1023530.92;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 86418.17;$ $q_1 = 3.46;$ $c_1 = 3545167.00;$
 $a_3 = 54449.41;$ $q_2 = 21.48;$ $c_2 = 5101860.39;$
 $q_3 = 38.64;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b) + (c_2 \cdot Z_c + a_3 \cdot Q_c);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q_c \leq (q_3 - q_2) \cdot Z_c;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b) + (q_2 \cdot Z_c + Q_c);$
 $Z_a + Z_b + Z_c \leq 1;$

Adutora 26M

$a_1 = 872573.08;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 64159.97;$ $q_1 = 2.48;$ $c_1 = 2167781.63;$
 $q_2 = 27.72;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$
 $Z_a + Z_b \leq 1;$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$

Adutora 27M

$a_1 = 1289465.88;$ $q_0 = 0;$ $c_0 = 0;$
 $a_2 = 104444.94;$ $q_1 = 2.61;$ $c_1 = 3361313.80;$
 $q_2 = 16.16;$
 $C = 0 + (c_0 \cdot Z_a + a_1 \cdot Q_a) + (c_1 \cdot Z_b + a_2 \cdot Q_b);$
 $Q_a \leq (q_1 - q_0) \cdot Z_a;$
 $Q_b \leq (q_2 - q_1) \cdot Z_b;$
 $Q = (q_0 \cdot Z_a + Q_a) + (q_1 \cdot Z_b + Q_b);$
 $Z_a + Z_b \leq 1;$

O MODELO MATEMÁTICO DA PROGRAMAÇÃO INTEIRO LINEAR (Formatação para o Programa LINGO)

```

! Versão LINEARIZADA do problema de Otimização das aduções na região de Tucano e Quinjingue;
!
! Função Objetivo:      minimizar os custos das aduções □ Funções CiR. i = 1.2..... 21 (adutoras por Recalque) e  CjM. j = 1.2..... 27
(adutoras Mistas)
! Variáveis de decisão: vazões em cada possível adutora □ Variáveis QiR. i = 1.2..... 21 (adutoras por Recalque) e  QjM. j = 1.2..... 27
(adutoras Mistas);
! "Sub-variáveis" de decisão: parcelas das vazões QiR e QjM. destinadas a compor a segmentação das funções não lineares.
linearizando-as.;
! "Sub-variáveis" de decisão: QiRa. QiRb. QiRc. .... Sendo i = 1.2.....21 e "a". "b" e "c" as parcelas que compõem a QiR. Idem para
as QjM;
! Variáveis inteiras: ZiRa. ZiRb. ZiRc ou ZjMa. ZjMb. ZjMc. destinadas a auxiliar na linearização.
! Constantes: referentes aos coeficientes angulares (a1_iR. a2_iR. a3_iR ou a1_jM. a2_jM. a3_jM).
!               coeficientes lineares dos segmentos (c1_iR. c2_iR. c3_iR ou c1_jM. c2_jM. c3_jM).
!               valor das abscissas ref. aos coeficientes lineares dos segmentos (q1_iR. q2_iR. q3_iR ou q1_jM. q2_jM.
q3_jM)
! Restrições;;
! 1) Pontos de Produção: soma das vazões a partir de cada PP deve ser menor ou igual ;
!   à disponibilidade do mesmo;
! 2) Unidade de Distribuição: soma das vazões que chegam a casa UD deve ser maior ;
!   ou igual à demanda;
!;
MODEL:

! FUNÇÃO OBJETIVO (1 a 21: Adutoras por Recalque, 22 a 48: Adutoras Mistas);
MIN = C1R + C2R + C3R + C4R + C5R + C6R + C7R + C8R + C9R + C10R + C11R + C12R + C13R + C14R + C15R + C16R +
C17R + C18R + C19R + C20R + C21R +
C1M + C2M + C3M + C4M + C5M + C6M + C7M + C8M + C9M + C10M + C11M + C12M + C13M + C14M + C15M + C16M +
C17M + C18M + C19M + C20M + C21M + C22M + C23M + C24M + C25M + C26M + C27M;
!
! SUJEITO A;;
! FUNÇÕES DE CUSTO (LINEARIZADAS por segmentação);
!
!----- Adutora 1R ;
a1_1R = 1051844.40;
a2_1R = 107211.08;
a3_1R = 59281.00;
q0_1R = 0;
q1_1R = 3.62;
q2_1R = 22.47;
q3_1R = 65.33;
c0_1R = 0;
c1_1R = 3811058.62;
c2_1R = 5831266.64;
C1R = 0 + (c0_1R * Z1Ra + a1_1R * Q1Ra) + (c1_1R * Z1Rb + a2_1R * Q1Rb) + (c2_1R * Z1Rc + a3_1R * Q1Rc) ;
Q1R = (q0_1R * Z1Ra + Q1Ra) + (q1_1R * Z1Rb + Q1Rb) + (q2_1R * Z1Rc + Q1Rc) ;
@GIN(Z1Ra); @GIN(Z1Rb); @GIN(Z1Rc);
Z1Ra + Z1Rb + Z1Rc <= 1;
Q1Ra <= (q1_1R - q0_1R) * Z1Ra;
Q1Rb <= (q2_1R - q1_1R) * Z1Rb;
Q1Rc <= (q3_1R - q2_1R) * Z1Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q1Rc;

!----- Adutora 2R ;
a1_2R = 5831266.64;
a2_2R = 1286774.28;
a3_2R = 339545.52;
q0_2R = 0;
q1_2R = 9.72;
q2_2R = 11.44;
q3_2R = 14.08;
c0_2R = 0;
c1_2R = 4126578.37;
c2_2R = 6339830.14;
C2R = 0 + (c0_2R * Z2Ra + a1_2R * Q2Ra) + (c1_2R * Z2Rb + a2_2R * Q2Rb) + (c2_2R * Z2Rc + a3_2R * Q2Rc) ;
Q2R = (q0_2R * Z2Ra + Q2Ra) + (q1_2R * Z2Rb + Q2Rb) + (q2_2R * Z2Rc + Q2Rc) ;
@GIN(Z2Ra); @GIN(Z2Rb); @GIN(Z2Rc);
Z2Ra + Z2Rb + Z2Rc <= 1;
Q2Ra <= (q1_2R - q0_2R) * Z2Ra;
Q2Rb <= (q2_2R - q1_2R) * Z2Rb;
Q2Rc <= (q3_2R - q2_2R) * Z2Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q2Rc;

!----- Adutora 3R ;

```

```

a1_3R = 197048.05;
a2_3R = 34273.40;
a3_3R = 13849.86;
q0_3R = 0;
q1_3R = 7.56;
q2_3R = 21.97;
q3_3R = 46.86;
c0_3R = 0;
c1_3R = 1489683.26;
c2_3R = 1983562.99;
C3R = 0 + (c0_3R * Z3Ra + a1_3R * Q3Ra) + (c1_3R * Z3Rb + a2_3R * Q3Rb) + (c2_3R * Z3Rc + a3_3R * Q3Rc);
Q3R = (q0_3R * Z3Ra + Q3Ra) + (q1_3R * Z3Rb + Q3Rb) + (q2_3R * Z3Rc + Q3Rc);
@GIN(Z3Ra); @GIN(Z3Rb); @GIN(Z3Rc);
Z3Ra + Z3Rb + Z3Rc <= 1;
Q3Ra <= (q1_3R - q0_3R) * Z3Ra;
Q3Rb <= (q2_3R - q1_3R) * Z3Rb;
Q3Rc <= (q3_3R - q2_3R) * Z3Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q3Rc;

```

```

!----- Adutora 4R ;
a1_4R = 1971355.32;
a2_4R = 162297.93;
q0_4R = 0;
q1_4R = 4.02;
q2_4R = 24.91;
c0_4R = 0;
c1_4R = 7920452.07;
C4R = 0 + (c0_4R * Z4Ra + a1_4R * Q4Ra) + (c1_4R * Z4Rb + a2_4R * Q4Rb);
Q4R = (q0_4R * Z4Ra + Q4Ra) + (q1_4R * Z4Rb + Q4Rb);
@GIN(Z4Ra); @GIN(Z4Rb);
Z4Ra + Z4Rb <= 1;
Q4Ra <= (q1_4R - q0_4R) * Z4Ra;
Q4Rb <= (q2_4R - q1_4R) * Z4Rb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q4Rc;

```

```

!----- Adutora 5R ;
a1_5R = 1913490.37;
a2_5R = 180237.09;
a3_5R = 95272.42;
q0_5R = 0;
q1_5R = 3.41;
q2_5R = 21.14;
q3_5R = 61.48;
c0_5R = 0;
c1_5R = 6524947.72;
c2_5R = 9721318.89;
C5R = 0 + (c0_5R * Z5Ra + a1_5R * Q5Ra) + (c1_5R * Z5Rb + a2_5R * Q5Rb) + (c2_5R * Z5Rc + a3_5R * Q5Rc);
Q5R = (q0_5R * Z5Ra + Q5Ra) + (q1_5R * Z5Rb + Q5Rb) + (q2_5R * Z5Rc + Q5Rc);
@GIN(Z5Ra); @GIN(Z5Rb); @GIN(Z5Rc);
Z5Ra + Z5Rb + Z5Rc <= 1;
Q5Ra <= (q1_5R - q0_5R) * Z5Ra;
Q5Rb <= (q2_5R - q1_5R) * Z5Rb;
Q5Rc <= (q3_5R - q2_5R) * Z5Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q5Rc;

```

```

!----- Adutora 6R ;
a1_6R = 2050316.45;
a2_6R = 135881.57;
q0_6R = 0;
q1_6R = 3.16;
q2_6R = 85.54;
c0_6R = 0;
c1_6R = 6483220.41;
C6R = 0 + (c0_6R * Z6Ra + a1_6R * Q6Ra) + (c1_6R * Z6Rb + a2_6R * Q6Rb);
Q6R = (q0_6R * Z6Ra + Q6Ra) + (q1_6R * Z6Rb + Q6Rb);
@GIN(Z6Ra); @GIN(Z6Rb);
Z6Ra + Z6Rb <= 1;
Q6Ra <= (q1_6R - q0_6R) * Z6Ra;
Q6Rb <= (q2_6R - q1_6R) * Z6Rb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q6Rc;

```

```

!----- Adutora 7R ;
a1_7R = 1806824.80;
a2_7R = 172410.67;
a3_7R = 80138.35;
q0_7R = 0;
q1_7R = 3.33;
q2_7R = 20.64;
q3_7R = 60.02;
c0_7R = 0;

```

```

c1_7R = 6015163.98;
c2_7R = 9000256.96;
C7R = 0 + (c0_7R * Z7Ra + a1_7R * Q7Ra) + (c1_7R * Z7Rb + a2_7R * Q7Rb) + (c2_7R * Z7Rc + a3_7R * Q7Rc);
Q7R = (q0_7R * Z7Ra + Q7Ra) + (q1_7R * Z7Rb + Q7Rb) + (q2_7R * Z7Rc + Q7Rc);
@GIN(Z7Ra); @GIN(Z7Rb); @GIN(Z7Rc);
Z7Ra + Z7Rb + Z7Rc <= 1;
Q7Ra <= (q1_7R - q0_7R) * Z7Ra;
Q7Rb <= (q2_7R - q1_7R) * Z7Rb;
Q7Rc <= (q3_7R - q2_7R) * Z7Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q7Rc;

!----- Adutora 8R ;
a1_8R = 2274794.26;
a2_8R = 169616.68;
a3_8R = 104183.26;
q0_8R = 0;
q1_8R = 2.04;
q2_8R = 22.73;
q3_8R = 78.34;
c0_8R = 0;
c1_8R = 4634700.97;
c2_8R = 8144777.88;
C8R = 0 + (c0_8R * Z8Ra + a1_8R * Q8Ra) + (c1_8R * Z8Rb + a2_8R * Q8Rb) + (c2_8R * Z8Rc + a3_8R * Q8Rc);
Q8R = (q0_8R * Z8Ra + Q8Ra) + (q1_8R * Z8Rb + Q8Rb) + (q2_8R * Z8Rc + Q8Rc);
@GIN(Z8Ra); @GIN(Z8Rb); @GIN(Z8Rc);
Z8Ra + Z8Rb + Z8Rc <= 1;
Q8Ra <= (q1_8R - q0_8R) * Z8Ra;
Q8Rb <= (q2_8R - q1_8R) * Z8Rb;
Q8Rc <= (q3_8R - q2_8R) * Z8Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q8Rc;

!----- Adutora 9R ;
a1_9R = 3244300.67;
a2_9R = 190552.58;
a3_9R = 98446.89;
q0_9R = 0;
q1_9R = 1.43;
q2_9R = 38.78;
q3_9R = 99.16;
c0_9R = 0;
c1_9R = 4650167.47;
c2_9R = 11766025.63;
C9R = 0 + (c0_9R * Z9Ra + a1_9R * Q9Ra) + (c1_9R * Z9Rb + a2_9R * Q9Rb) + (c2_9R * Z9Rc + a3_9R * Q9Rc);
Q9R = (q0_9R * Z9Ra + Q9Ra) + (q1_9R * Z9Rb + Q9Rb) + (q2_9R * Z9Rc + Q9Rc);
@GIN(Z9Ra); @GIN(Z9Rb); @GIN(Z9Rc);
Z9Ra + Z9Rb + Z9Rc <= 1;
Q9Ra <= (q1_9R - q0_9R) * Z9Ra;
Q9Rb <= (q2_9R - q1_9R) * Z9Rb;
Q9Rc <= (q3_9R - q2_9R) * Z9Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q9Rc;

!----- Adutora 10R ;
a1_10R = 2180162.03;
a2_10R = 165682.36;
q0_10R = 0;
q1_10R = 2.66;
q2_10R = 29.66;
c0_10R = 0;
c1_10R = 5795527.69;
C10R = 0 + (c0_10R * Z10Ra + a1_10R * Q10Ra) + (c1_10R * Z10Rb + a2_10R * Q10Rb);
Q10R = (q0_10R * Z10Ra + Q10Ra) + (q1_10R * Z10Rb + Q10Rb);
@GIN(Z10Ra); @GIN(Z10Rb);
Z10Ra + Z10Rb <= 1;
Q10Ra <= (q1_10R - q0_10R) * Z10Ra;
Q10Rb <= (q2_10R - q1_10R) * Z10Rb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q10Rc;

!----- Adutora 11R ;
a1_11R = 631446.87;
a2_11R = 71110.48;
a3_11R = 42020.98;
q0_11R = 0;
q1_11R = 4.1;
q2_11R = 25.4;
q3_11R = 73.85;
c0_11R = 0;
c1_11R = 2586538.70;
c2_11R = 4101418.12;
C11R = 0 + (c0_11R * Z11Ra + a1_11R * Q11Ra) + (c1_11R * Z11Rb + a2_11R * Q11Rb) + (c2_11R * Z11Rc + a3_11R * Q11Rc);

```

$Q11R = (q0_11R * Z11Ra + Q11Ra) + (q1_11R * Z11Rb + Q11Rb) + (q2_11R * Z11Rc + Q11Rc) ;$
 $@GIN(Z11Ra); @GIN(Z11Rb); @GIN(Z11Rc);$
 $Z11Ra + Z11Rb + Z11Rc <= 1;$
 $Q11Ra <= (q1_11R - q0_11R) * Z11Ra;$
 $Q11Rb <= (q2_11R - q1_11R) * Z11Rb;$
 $Q11Rc <= (q3_11R - q2_11R) * Z11Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q11Rc;$

$!----- Adutora 12R ;$
 $a1_12R = 1130296.64;$
 $a2_12R = 136460.60;$
 $a3_12R = 56070.03;$
 $q0_12R = 0;$
 $q1_12R = 2.47;$
 $q2_12R = 15.33;$
 $q3_12R = 66.89;$
 $c0_12R = 0;$
 $c1_12R = 2794620.41;$
 $c2_12R = 4549308.63;$
 $C12R = 0 + (c0_12R * Z12Ra + a1_12R * Q12Ra) + (c1_12R * Z12Rb + a2_12R * Q12Rb) + (c2_12R * Z12Rc + a3_12R * Q12Rc) ;$
 $Q12R = (q0_12R * Z12Ra + Q12Ra) + (q1_12R * Z12Rb + Q12Rb) + (q2_12R * Z12Rc + Q12Rc) ;$
 $@GIN(Z12Ra); @GIN(Z12Rb); @GIN(Z12Rc);$
 $Z12Ra + Z12Rb + Z12Rc <= 1;$
 $Q12Ra <= (q1_12R - q0_12R) * Z12Ra;$
 $Q12Rb <= (q2_12R - q1_12R) * Z12Rb;$
 $Q12Rc <= (q3_12R - q2_12R) * Z12Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q12Rc;$

$!----- Adutora 13R ;$
 $a1_13R = 127513.68;$
 $a2_13R = 36622.09;$
 $a3_13R = 17402.85;$
 $q0_13R = 0;$
 $q1_13R = 8.18;$
 $q2_13R = 23.78;$
 $q3_13R = 50.71;$
 $c0_13R = 0;$
 $c1_13R = 1042851.15;$
 $c2_13R = 1614220.51;$
 $C13R = 0 + (c0_13R * Z13Ra + a1_13R * Q13Ra) + (c1_13R * Z13Rb + a2_13R * Q13Rb) + (c2_13R * Z13Rc + a3_13R * Q13Rc) ;$
 $Q13R = (q0_13R * Z13Ra + Q13Ra) + (q1_13R * Z13Rb + Q13Rb) + (q2_13R * Z13Rc + Q13Rc) ;$
 $@GIN(Z13Ra); @GIN(Z13Rb); @GIN(Z13Rc);$
 $Z13Ra + Z13Rb + Z13Rc <= 1;$
 $Q13Ra <= (q1_13R - q0_13R) * Z13Ra;$
 $Q13Rb <= (q2_13R - q1_13R) * Z13Rb;$
 $Q13Rc <= (q3_13R - q2_13R) * Z13Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q13Rc;$

$!----- Adutora 14R ;$
 $a1_14R = 1538585.11;$
 $a2_14R = 162416.83;$
 $a3_14R = 123720.98;$
 $q0_14R = 0;$
 $q1_14R = 4.33;$
 $q2_14R = 12.58;$
 $q3_14R = 26.83;$
 $c0_14R = 0;$
 $c1_14R = 6658317.19;$
 $c2_14R = 7999173.29;$
 $C14R = 0 + (c0_14R * Z14Ra + a1_14R * Q14Ra) + (c1_14R * Z14Rb + a2_14R * Q14Rb) + (c2_14R * Z14Rc + a3_14R * Q14Rc) ;$
 $Q14R = (q0_14R * Z14Ra + Q14Ra) + (q1_14R * Z14Rb + Q14Rb) + (q2_14R * Z14Rc + Q14Rc) ;$
 $@GIN(Z14Ra); @GIN(Z14Rb); @GIN(Z14Rc);$
 $Z14Ra + Z14Rb + Z14Rc <= 1;$
 $Q14Ra <= (q1_14R - q0_14R) * Z14Ra;$
 $Q14Rb <= (q2_14R - q1_14R) * Z14Rb;$
 $Q14Rc <= (q3_14R - q2_14R) * Z14Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q14Rc;$

$!----- Adutora 15R ;$
 $a1_15R = 1459764.11;$
 $a2_15R = 198188.89;$
 $a3_15R = 119451.37;$
 $q0_15R = 0;$
 $q1_15R = 3.65;$
 $q2_15R = 10.62;$
 $q3_15R = 22.64;$
 $c0_15R = 0;$

```

c1_15R = 5331001.41;
c2_15R = 6711746.80;
C15R = 0 + (c0_15R * Z15Ra + a1_15R * Q15Ra) + (c1_15R * Z15Rb + a2_15R * Q15Rb) + (c2_15R * Z15Rc + a3_15R *
Q15Rc);
Q15R = (q0_15R * Z15Ra + Q15Ra) + (q1_15R * Z15Rb + Q15Rb) + (q2_15R * Z15Rc + Q15Rc);
@GIN(Z15Ra); @GIN(Z15Rb); @GIN(Z15Rc);
Z15Ra + Z15Rb + Z15Rc <= 1;
Q15Ra <= (q1_15R - q0_15R) * Z15Ra;
Q15Rb <= (q2_15R - q1_15R) * Z15Rb;
Q15Rc <= (q3_15R - q2_15R) * Z15Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q15Rc;

```

```

!----- Adutora 16R ;
a1_16R = 1538718.49;
a2_16R = 209633.09;
a3_16R = 99492.01;
q0_16R = 0;
q1_16R = 3.38;
q2_16R = 9.85;
q3_16R = 21.01;
c0_16R = 0;
c1_16R = 5215853.75;
c2_16R = 6571462.11;
C16R = 0 + (c0_16R * Z16Ra + a1_16R * Q16Ra) + (c1_16R * Z16Rb + a2_16R * Q16Rb) + (c2_16R * Z16Rc + a3_16R *
Q16Rc);
Q16R = (q0_16R * Z16Ra + Q16Ra) + (q1_16R * Z16Rb + Q16Rb) + (q2_16R * Z16Rc + Q16Rc);
@GIN(Z16Ra); @GIN(Z16Rb); @GIN(Z16Rc);
Z16Ra + Z16Rb + Z16Rc <= 1;
Q16Ra <= (q1_16R - q0_16R) * Z16Ra;
Q16Rb <= (q2_16R - q1_16R) * Z16Rb;
Q16Rc <= (q3_16R - q2_16R) * Z16Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q16Rc;

```

```

!----- Adutora 17R ;
a1_17R = 582176.10;
a2_17R = 75653.38;
a3_17R = 28233.58;
q0_17R = 0;
q1_17R = 3.32;
q2_17R = 20.59;
q3_17R = 59.86;
c0_17R = 0;
c1_17R = 1932710.00;
c2_17R = 3238889.89;
C17R = 0 + (c0_17R * Z17Ra + a1_17R * Q17Ra) + (c1_17R * Z17Rb + a2_17R * Q17Rb) + (c2_17R * Z17Rc + a3_17R *
Q17Rc);
Q17R = (q0_17R * Z17Ra + Q17Ra) + (q1_17R * Z17Rb + Q17Rb) + (q2_17R * Z17Rc + Q17Rc);
@GIN(Z17Ra); @GIN(Z17Rb); @GIN(Z17Rc);
Z17Ra + Z17Rb + Z17Rc <= 1;
Q17Ra <= (q1_17R - q0_17R) * Z17Ra;
Q17Rb <= (q2_17R - q1_17R) * Z17Rb;
Q17Rc <= (q3_17R - q2_17R) * Z17Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q17Rc;

```

```

!----- Adutora 18R ;
a1_18R = 474011.49;
a2_18R = 84702.27;
a3_18R = 43438.89;
q0_18R = 0;
q1_18R = 5.62;
q2_18R = 16.33;
q3_18R = 34.84;
c0_18R = 0;
c1_18R = 2663441.07;
c2_18R = 3571381.71;
C18R = 0 + (c0_18R * Z18Ra + a1_18R * Q18Ra) + (c1_18R * Z18Rb + a2_18R * Q18Rb) + (c2_18R * Z18Rc + a3_18R *
Q18Rc);
Q18R = (q0_18R * Z18Ra + Q18Ra) + (q1_18R * Z18Rb + Q18Rb) + (q2_18R * Z18Rc + Q18Rc);
@GIN(Z18Ra); @GIN(Z18Rb); @GIN(Z18Rc);
Z18Ra + Z18Rb + Z18Rc <= 1;
Q18Ra <= (q1_18R - q0_18R) * Z18Ra;
Q18Rb <= (q2_18R - q1_18R) * Z18Rb;
Q18Rc <= (q3_18R - q2_18R) * Z18Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q18Rc;

```

```

!----- Adutora 19R ;
a1_19R = 269185.30;
a2_19R = 82310.18;
a3_19R = 14005.03;
q0_19R = 0;

```



```

q1_19R = 4.85;
q2_19R = 14.10;
q3_19R = 30.07;
c0_19R = 0;
c1_19R = 1305446.10;
c2_19R = 2066945.10;
C19R = 0 + (c0_19R * Z19Ra + a1_19R * Q19Ra) + (c1_19R * Z19Rb + a2_19R * Q19Rb) + (c2_19R * Z19Rc + a3_19R *
Q19Rc) ;
Q19R = (q0_19R * Z19Ra + Q19Ra) + (q1_19R * Z19Rb + Q19Rb) + (q2_19R * Z19Rc + Q19Rc) ;
@GIN(Z19Ra); @GIN(Z19Rb); @GIN(Z19Rc);
Z19Ra + Z19Rb + Z19Rc <= 1;
Q19Ra <= (q1_19R - q0_19R) * Z19Ra;
Q19Rb <= (q2_19R - q1_19R) * Z19Rb;
Q19Rc <= (q3_19R - q2_19R) * Z19Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q19Rc;

```

```

!----- Adutora 20R ;
a1_20R = 702302.57;
a2_20R = 133748.39;
a3_20R = 76753.87;
q0_20R = 0;
q1_20R = 2.75;
q2_20R = 7.99;
q3_20R = 17.05;
c0_20R = 0;
c1_20R = 1931882.25;
c2_20R = 2633746.53;
C20R = 0 + (c0_20R * Z20Ra + a1_20R * Q20Ra) + (c1_20R * Z20Rb + a2_20R * Q20Rb) + (c2_20R * Z20Rc + a3_20R *
Q20Rc) ;
Q20R = (q0_20R * Z20Ra + Q20Ra) + (q1_20R * Z20Rb + Q20Rb) + (q2_20R * Z20Rc + Q20Rc) ;
@GIN(Z20Ra); @GIN(Z20Rb); @GIN(Z20Rc);
Z20Ra + Z20Rb + Z20Rc <= 1;
Q20Ra <= (q1_20R - q0_20R) * Z20Ra;
Q20Rb <= (q2_20R - q1_20R) * Z20Rb;
Q20Rc <= (q3_20R - q2_20R) * Z20Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q20Rc;

```

```

!----- Adutora 21R ;
a1_21R = 1388820.84;
a2_21R = 145958.95;
a3_21R = 60920.00;
q0_21R = 0;
q1_21R = 2.75;
q2_21R = 17.07;
q3_21R = 30.71;
c0_21R = 0;
c1_21R = 3823471.79;
c2_21R = 5913271.71;
C21R = 0 + (c0_21R * Z21Ra + a1_21R * Q21Ra) + (c1_21R * Z21Rb + a2_21R * Q21Rb) + (c2_21R * Z21Rc + a3_21R *
Q21Rc) ;
Q21R = (q0_21R * Z21Ra + Q21Ra) + (q1_21R * Z21Rb + Q21Rb) + (q2_21R * Z21Rc + Q21Rc) ;
@GIN(Z21Ra); @GIN(Z21Rb); @GIN(Z21Rc);
Z21Ra + Z21Rb + Z21Rc <= 1;
Q21Ra <= (q1_21R - q0_21R) * Z21Ra;
Q21Rb <= (q2_21R - q1_21R) * Z21Rb;
Q21Rc <= (q3_21R - q2_21R) * Z21Rc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q21Rc;

```

```

!----- Adutora 1M ;
a1_1M = 1255313.67;
a2_1M = 68290.02;
q0_1M = 0;
q1_1M = 1.67;
q2_1M = 64.05;
c0_1M = 0;
c1_1M = 2091107.52;
C1M = 0 + (c0_1M * Z1Ma + a1_1M * Q1Ma) + (c1_1M * Z1Mb + a2_1M * Q1Mb) ;
Q1M = (q0_1M * Z1Ma + Q1Ma) + (q1_1M * Z1Mb + Q1Mb) ;
@GIN(Z1Ma); @GIN(Z1Mb);
Z1Ma + Z1Mb <= 1;
Q1Ma <= (q1_1M - q0_1M) * Z1Ma;
Q1Mb <= (q2_1M - q1_1M) * Z1Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q1Mc;

```

```

!----- Adutora 2M ;
a1_2M = 745950.69;
a2_2M = 64439.48;
a3_2M = 39333.74;
q0_2M = 0;
q1_2M = 3.37;

```

```

q2_2M = 20.87;
q3_2M = 60.68;
c0_2M = 0;
c1_2M = 2510357.09;
c2_2M = 3638176.90;
C2M = 0 + (c0_2M * Z2Ma + a1_2M * Q2Ma) + (c1_2M * Z2Mb + a2_2M * Q2Mb) + (c2_2M * Z2Mc + a3_2M * Q2Mc) ;
Q2M = (q0_2M * Z2Ma + Q2Ma) + (q1_2M * Z2Mb + Q2Mb) + (q2_2M * Z2Mc + Q2Mc) ;
@GIN(Z2Ma); @GIN(Z2Mb); @GIN(Z2Mc);
Z2Ma + Z2Mb + Z2Mc <= 1;
Q2Ma <= (q1_2M - q0_2M) * Z2Ma;
Q2Mb <= (q2_2M - q1_2M) * Z2Mb;
Q2Mc <= (q3_2M - q2_2M) * Z2Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q2Mc;

```

```

!----- Adutora 3M ;
a1_3M = 265698.77;
a2_3M = 22261.22;
q0_3M = 0;
q1_3M = 3.37;
q2_3M = 82.56;
c0_3M = 0;
c1_3M = 894159.38;
C3M = 0 + (c0_3M * Z3Ma + a1_3M * Q3Ma) + (c1_3M * Z3Mb + a2_3M * Q3Mb) ;
Q3M = (q0_3M * Z3Ma + Q3Ma) + (q1_3M * Z3Mb + Q3Mb) ;
@GIN(Z3Ma); @GIN(Z3Mb);
Z3Ma + Z3Mb <= 1;
Q3Ma <= (q1_3M - q0_3M) * Z3Ma;
Q3Mb <= (q2_3M - q1_3M) * Z3Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q3Mc;

```

```

!----- Adutora 4M ;
a1_4M = 565046.78;
a2_4M = 49555.22;
a3_4M = 31532.94;
q0_4M = 0;
q1_4M = 3.71;
q2_4M = 23.02;
q3_4M = 66.95;
c0_4M = 0;
c1_4M = 2098144.10;
c2_4M = 3055123.60;
C4M = 0 + (c0_4M * Z4Ma + a1_4M * Q4Ma) + (c1_4M * Z4Mb + a2_4M * Q4Mb) + (c2_4M * Z4Mc + a3_4M * Q4Mc) ;
Q4M = (q0_4M * Z4Ma + Q4Ma) + (q1_4M * Z4Mb + Q4Mb) + (q2_4M * Z4Mc + Q4Mc) ;
@GIN(Z4Ma); @GIN(Z4Mb); @GIN(Z4Mc);
Z4Ma + Z4Mb + Z4Mc <= 1;
Q4Ma <= (q1_4M - q0_4M) * Z4Ma;
Q4Mb <= (q2_4M - q1_4M) * Z4Mb;
Q4Mc <= (q3_4M - q2_4M) * Z4Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q4Mc;

```

```

!----- Adutora 5M ;
a1_5M = 563522.59;
a2_5M = 56266.87;
a3_5M = 26192.53;
q0_5M = 0;
q1_5M = 4.54;
q2_5M = 28.12;
q3_5M = 81.77;
c0_5M = 0;
c1_5M = 2555794.49;
c2_5M = 3882974.14;
C5M = 0 + (c0_5M * Z5Ma + a1_5M * Q5Ma) + (c1_5M * Z5Mb + a2_5M * Q5Mb) + (c2_5M * Z5Mc + a3_5M * Q5Mc) ;
Q5M = (q0_5M * Z5Ma + Q5Ma) + (q1_5M * Z5Mb + Q5Mb) + (q2_5M * Z5Mc + Q5Mc) ;
@GIN(Z5Ma); @GIN(Z5Mb); @GIN(Z5Mc);
Z5Ma + Z5Mb + Z5Mc <= 1;
Q5Ma <= (q1_5M - q0_5M) * Z5Ma;
Q5Mb <= (q2_5M - q1_5M) * Z5Mb;
Q5Mc <= (q3_5M - q2_5M) * Z5Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q5Mc;

```

```

!----- Adutora 6M ;
a1_6M = 135137.35;
a2_6M = 17256.67;
q0_6M = 0;
q1_6M = 6.41;
q2_6M = 71.47;
c0_6M = 0;
c1_6M = 865618.76;
C6M = 0 + (c0_6M * Z6Ma + a1_6M * Q6Ma) + (c1_6M * Z6Mb + a2_6M * Q6Mb) ;
Q6M = (q0_6M * Z6Ma + Q6Ma) + (q1_6M * Z6Mb + Q6Mb) ;

```

```
@GIN(Z6Ma); @GIN(Z6Mb);
Z6Ma + Z6Mb <= 1;
Q6Ma <= (q1_6M - q0_6M) * Z6Ma;
Q6Mb <= (q2_6M - q1_6M) * Z6Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q6Mc;
```

```
!----- Adutora 7M ;
a1_7M = 3148245.37;
a2_7M = 393363.80;
a3_7M = 177021.56;
q0_7M = 0;
q1_7M = 2.06;
q2_7M = 37.2;
q3_7M = 79.33;
c0_7M = 0;
c1_7M = 6495423.92;
c2_7M = 20316483.71;
C7M = 0 + (c0_7M * Z7Ma + a1_7M * Q7Ma) + (c1_7M * Z7Mb + a2_7M * Q7Mb) + (c2_7M * Z7Mc + a3_7M * Q7Mc) ;
Q7M = (q0_7M * Z7Ma + Q7Ma) + (q1_7M * Z7Mb + Q7Mb) + (q2_7M * Z7Mc + Q7Mc) ;
@GIN(Z7Ma); @GIN(Z7Mb); @GIN(Z7Mc);
Z7Ma + Z7Mb + Z7Mc <= 1;
Q7Ma <= (q1_7M - q0_7M) * Z7Ma;
Q7Mb <= (q2_7M - q1_7M) * Z7Mb;
Q7Mc <= (q3_7M - q2_7M) * Z7Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q7Mc;
```

```
!----- Adutora 8M ;
a1_8M = 3341289.50;
a2_8M = 170986.88;
a3_8M = 87208.51;
q0_8M = 0;
q1_8M = 1.41;
q2_8M = 54.09;
q3_8M = 97.33;
c0_8M = 0;
c1_8M = 4700756.02;
c2_8M = 13709282.53;
C8M = 0 + (c0_8M * Z8Ma + a1_8M * Q8Ma) + (c1_8M * Z8Mb + a2_8M * Q8Mb) + (c2_8M * Z8Mc + a3_8M * Q8Mc) ;
Q8M = (q0_8M * Z8Ma + Q8Ma) + (q1_8M * Z8Mb + Q8Mb) + (q2_8M * Z8Mc + Q8Mc) ;
@GIN(Z8Ma); @GIN(Z8Mb); @GIN(Z8Mc);
Z8Ma + Z8Mb + Z8Mc <= 1;
Q8Ma <= (q1_8M - q0_8M) * Z8Ma;
Q8Mb <= (q2_8M - q1_8M) * Z8Mb;
Q8Mc <= (q3_8M - q2_8M) * Z8Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q8Mc;
```

```
!----- Adutora 9M ;
a1_9M = 413740.68;
a2_9M = 34016.47;
a3_9M = 21722.85;
q0_9M = 0;
q1_9M = 6.77;
q2_9M = 41.98;
q3_9M = 75.53;
c0_9M = 0;
c1_9M = 2801082.80;
c2_9M = 3998786.21;
C9M = 0 + (c0_9M * Z9Ma + a1_9M * Q9Ma) + (c1_9M * Z9Mb + a2_9M * Q9Mb) + (c2_9M * Z9Mc + a3_9M * Q9Mc) ;
Q9M = (q0_9M * Z9Ma + Q9Ma) + (q1_9M * Z9Mb + Q9Mb) + (q2_9M * Z9Mc + Q9Mc) ;
@GIN(Z9Ma); @GIN(Z9Mb); @GIN(Z9Mc);
Z9Ma + Z9Mb + Z9Mc <= 1;
Q9Ma <= (q1_9M - q0_9M) * Z9Ma;
Q9Mb <= (q2_9M - q1_9M) * Z9Mb;
Q9Mc <= (q3_9M - q2_9M) * Z9Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q9Mc;
```

```
!----- Adutora 10M ;
a1_10M = 499720.91;
a2_10M = 33814.47;
q0_10M = 0;
q1_10M = 6.77;
q2_10M = 74.65;
c0_10M = 0;
c1_10M = 3383181.12;
C10M = 0 + (c0_10M * Z10Ma + a1_10M * Q10Ma) + (c1_10M * Z10Mb + a2_10M * Q10Mb) ;
Q10M = (q0_10M * Z10Ma + Q10Ma) + (q1_10M * Z10Mb + Q10Mb) ;
@GIN(Z10Ma); @GIN(Z10Mb);
Z10Ma + Z10Mb <= 1;
Q10Ma <= (q1_10M - q0_10M) * Z10Ma;
Q10Mb <= (q2_10M - q1_10M) * Z10Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
```

Q10Mc;

!----- Adutora 11M ;

a1_11M = 859675.57;
a2_11M = 69864.14;
a3_11M = 33155.42;
q0_11M = 0;
q1_11M = 5.22;
q2_11M = 32.36;
q3_11M = 94.08;
c0_11M = 0;
c1_11M = 4485850.82;
c2_11M = 6381800.81;
C11M = 0 + (c0_11M * Z11Ma + a1_11M * Q11Ma) + (c1_11M * Z11Mb + a2_11M * Q11Mb) + (c2_11M * Z11Mc + a3_11M * Q11Mc);
Q11M = (q0_11M * Z11Ma + Q11Ma) + (q1_11M * Z11Mb + Q11Mb) + (q2_11M * Z11Mc + Q11Mc);
@GIN(Z11Ma); @GIN(Z11Mb); @GIN(Z11Mc);
Z11Ma + Z11Mb + Z11Mc <= 1;
Q11Ma <= (q1_11M - q0_11M) * Z11Ma;
Q11Mb <= (q2_11M - q1_11M) * Z11Mb;
Q11Mc <= (q3_11M - q2_11M) * Z11Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q11Mc;

!----- Adutora 12M ;

a1_12M = 1435171.03;
a2_12M = 110080.53;
a3_12M = 70457.38;
q0_12M = 0;
q1_12M = 3.07;
q2_12M = 19.02;
q3_12M = 82.99;
c0_12M = 0;
c1_12M = 4402557.68;
c2_12M = 6158758.61;
C12M = 0 + (c0_12M * Z12Ma + a1_12M * Q12Ma) + (c1_12M * Z12Mb + a2_12M * Q12Mb) + (c2_12M * Z12Mc + a3_12M * Q12Mc);
Q12M = (q0_12M * Z12Ma + Q12Ma) + (q1_12M * Z12Mb + Q12Mb) + (q2_12M * Z12Mc + Q12Mc);
@GIN(Z12Ma); @GIN(Z12Mb); @GIN(Z12Mc);
Z12Ma + Z12Mb + Z12Mc <= 1;
Q12Ma <= (q1_12M - q0_12M) * Z12Ma;
Q12Mb <= (q2_12M - q1_12M) * Z12Mb;
Q12Mc <= (q3_12M - q2_12M) * Z12Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q12Mc;

!----- Adutora 13M ;

a1_13M = 434163.73;
a2_13M = 35769.14;
a3_13M = 17610.48;
q0_13M = 0;
q1_13M = 6.05;
q2_13M = 37.49;
q3_13M = 109.01;
c0_13M = 0;
c1_13M = 2625055.30;
c2_13M = 3749804.69;
C13M = 0 + (c0_13M * Z13Ma + a1_13M * Q13Ma) + (c1_13M * Z13Mb + a2_13M * Q13Mb) + (c2_13M * Z13Mc + a3_13M * Q13Mc);
Q13M = (q0_13M * Z13Ma + Q13Ma) + (q1_13M * Z13Mb + Q13Mb) + (q2_13M * Z13Mc + Q13Mc);
@GIN(Z13Ma); @GIN(Z13Mb); @GIN(Z13Mc);
Z13Ma + Z13Mb + Z13Mc <= 1;
Q13Ma <= (q1_13M - q0_13M) * Z13Ma;
Q13Mb <= (q2_13M - q1_13M) * Z13Mb;
Q13Mc <= (q3_13M - q2_13M) * Z13Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q13Mc;

!----- Adutora 14M ;

a1_14M = 915855.83;
a2_14M = 74461.48;
a3_14M = 35352.17;
q0_14M = 0;
q1_14M = 4.79;
q2_14M = 29.72;
q3_14M = 86.41;
c0_14M = 0;
c1_14M = 4389607.75;
c2_14M = 6245670.12;
C14M = 0 + (c0_14M * Z14Ma + a1_14M * Q14Ma) + (c1_14M * Z14Mb + a2_14M * Q14Mb) + (c2_14M * Z14Mc + a3_14M * Q14Mc);

```

Q14M = (q0_14M * Z14Ma + Q14Ma) + (q1_14M * Z14Mb + Q14Mb) + (q2_14M * Z14Mc + Q14Mc) ;
@GIN(Z14Ma); @GIN(Z14Mb); @GIN(Z14Mc);
Z14Ma + Z14Mb + Z14Mc <= 1;
Q14Ma <= (q1_14M - q0_14M) * Z14Ma;
Q14Mb <= (q2_14M - q1_14M) * Z14Mb;
Q14Mc <= (q3_14M - q2_14M) * Z14Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q14Mc;

```

```

!----- Adutora 15M ;
a1_15M = 474583.47;
a2_15M = 39265.91;
a3_15M = 25731.87;
q0_15M = 0;
q1_15M = 4.89;
q2_15M = 30.34;
q3_15M = 54.6;
c0_15M = 0;
c1_15M = 2322394.05;
c2_15M = 3321706.47;
C15M = 0 + (c0_15M * Z15Ma + a1_15M * Q15Ma) + (c1_15M * Z15Mb + a2_15M * Q15Mb) + (c2_15M * Z15Mc + a3_15M *
Q15Mc) ;
Q15M = (q0_15M * Z15Ma + Q15Ma) + (q1_15M * Z15Mb + Q15Mb) + (q2_15M * Z15Mc + Q15Mc) ;
@GIN(Z15Ma); @GIN(Z15Mb); @GIN(Z15Mc);
Z15Ma + Z15Mb + Z15Mc <= 1;
Q15Ma <= (q1_15M - q0_15M) * Z15Ma;
Q15Mb <= (q2_15M - q1_15M) * Z15Mb;
Q15Mc <= (q3_15M - q2_15M) * Z15Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q15Mc;

```

```

!----- Adutora 16G ;
a1_16M = 359803.25;
a2_16M = 29827.81;
a3_16M = 19701.47;
q0_16M = 0;
q1_16M = 6.13;
q2_16M = 37.99;
q3_16M = 68.36;
c0_16M = 0;
c1_16M = 2204660.91;
c2_16M = 3155179.22;
C16M = 0 + (c0_16M * Z16Ma + a1_16M * Q16Ma) + (c1_16M * Z16Mb + a2_16M * Q16Mb) + (c2_16M * Z16Mc + a3_16M *
Q16Mc) ;
Q16M = (q0_16M * Z16Ma + Q16Ma) + (q1_16M * Z16Mb + Q16Mb) + (q2_16M * Z16Mc + Q16Mc) ;
@GIN(Z16Ma); @GIN(Z16Mb); @GIN(Z16Mc);
Z16Ma + Z16Mb + Z16Mc <= 1;
Q16Ma <= (q1_16M - q0_16M) * Z16Ma;
Q16Mb <= (q2_16M - q1_16M) * Z16Mb;
Q16Mc <= (q3_16M - q2_16M) * Z16Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q16Mc;

```

```

!----- Adutora 17M ;
a1_17M = 748326.65;
a2_17M = 157276.31;
a3_17M = 43778.61;
q0_17M = 0;
q1_17M = 6.77;
q2_17M = 19.69;
q3_17M = 74.65;
c0_17M = 0;
c1_17M = 5066277.08;
c2_17M = 7097554.35;
C17M = 0 + (c0_17M * Z17Ma + a1_17M * Q17Ma) + (c1_17M * Z17Mb + a2_17M * Q17Mb) + (c2_17M * Z17Mc + a3_17M *
Q17Mc) ;
Q17M = (q0_17M * Z17Ma + Q17Ma) + (q1_17M * Z17Mb + Q17Mb) + (q2_17M * Z17Mc + Q17Mc) ;
@GIN(Z17Ma); @GIN(Z17Mb); @GIN(Z17Mc);
Z17Ma + Z17Mb + Z17Mc <= 1;
Q17Ma <= (q1_17M - q0_17M) * Z17Ma;
Q17Mb <= (q2_17M - q1_17M) * Z17Mb;
Q17Mc <= (q3_17M - q2_17M) * Z17Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q17Mc;

```

```

!----- Adutora 18M ;
a1_18M = 87756.27;
a2_18M = 13569.33;
q0_18M = 0;
q1_18M = 6.99;
q2_18M = 77.93;
c0_18M = 0;
c1_18M = 612983.10;
C18M = 0 + (c0_18M * Z18Ma + a1_18M * Q18Ma) + (c1_18M * Z18Mb + a2_18M * Q18Mb) ;

```

```

Q18M = (q0_18M* Z18GMa + Q18Ma) + (q1_18M* Z18Mb + Q18Mb) ;
@GIN(Z18Ma); @GIN(Z18Mb);
Z18Ma + Z18Mb <= 1;
Q18Ma <= (q1_18M - q0_18M) * Z18Ma;
Q18Mb <= (q2_18M - q1_18M) * Z18Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
Q18Mc;

!----- Adutora 19M ;
a1_19M= 423726.66;
a2_19M = 45566.33;
a3_19M = 17701.38;
q0_19M = 0;
q1_19M = 4.37;
q2_19M = 27.07;
q3_19M = 48.72;
c0_19M = 0;
c1_19M = 1850124.84;
c2_19M = 2884842.01;
C19M = 0 + (c0_19M * Z19Ma + a1_19M* Q19Ma) + (c1_19M * Z19Mb + a2_19M* Q19Mb) + (c2_19M * Z19Mc + a3_19M*
Q19Mc) ;
Q19M = (q0_19M * Z19Ma + Q19Ma) + (q1_19M * Z19Mb + Q19Mb) + (q2_19M * Z19Mc + Q19Mc) ;
@GIN(Z19Ma); @GIN(Z19Mb); @GIN(Z19Mc);
Z19Ma + Z19Mb + Z19Mc <= 1;
Q19Ma <= (q1_19M - q0_19M) * Z19Ma;
Q19Mb <= (q2_19M - q1_19M) * Z19Mb;
Q19Mc <= (q3_19M - q2_19M) * Z19Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
Q19Mc;

!----- Adutora 20M;
a1_20M = 571142.90;
a2_20M = 76256.52;
a3_20M = 44462.60;
q0_20M = 0;
q1_20M = 3.42;
q2_20M = 31.79;
q3_20M = 81.3;
c0_20M = 0;
c1_20M = 1951677.33;
c2_20M = 4115553.71;
C20M = 0 + (c0_20M * Z20Ma + a1_20M * Q20Ma) + (c1_20M* Z20Mb + a2_20M * Q20Mb) + (c2_20M* Z20Mc + a3_20M *
Q20Mc) ;
Q20M = (q0_20M * Z20Ma + Q20Ma) + (q1_20M * Z20Mb + Q20Mb) + (q2_20M* Z20Mc + Q20Mc) ;
@GIN(Z20Ma); @GIN(Z20Mb); @GIN(Z20Mc);
Z20Ma + Z20Mb + Z20Mc <= 1;
Q20Ma <= (q1_20M - q0_20M) * Z20Ma;
Q20Mb <= (q2_20M - q1_20M) * Z20Mb;
Q20Mc <= (q3_20M - q2_20M) * Z20Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q20Mc;

!----- Adutora 21M ;
a1_21M = 383235.79;
a2_21M = 51936.52;
a3_21M = 38095.89;
q0_21M = 0;
q1_21M = 4.08;
q2_21M = 11.86;
q3_21M = 25.29;
c0_21M = 0;
c1_21M = 1562957.69;
c2_21M = 1967032.94;
C21M = 0 + (c0_21M * Z21Ma + a1_21M* Q21Ma) + (c1_21M * Z21Mb + a2_21M * Q21Mb) + (c2_21M * Z21Mc + a3_21M *
Q21Mc) ;
Q21M = (q0_21M * Z21Ma + Q21Ma) + (q1_21M * Z21Mb + Q21Mb) + (q2_21M * Z21Mc + Q21Mc) ;
@GIN(Z21Ma); @GIN(Z21Mb); @GIN(Z21Mc);
Z21Ma + Z21Mb + Z21Mc <= 1;
Q21Ma <= (q1_21M - q0_21M) * Z21Ma;
Q21Mb <= (q2_21M - q1_21M) * Z21Mb;
Q21Mc <= (q3_21M - q2_21M) * Z21Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q21Mc;

!----- Adutora 22M ;
a1_22M = 2121698.10;
a2_22M = 259043.82;
a3_22M = 158473.05;
q0_22M = 0;
q1_22M = 2.48;
q2_22M = 23.12;
q3_22M = 59.12;

```

```

c0_22M = 0;
c1_22M = 5272129.78;
c2_22M = 10617378.64;
C22M = 0 + (c0_22M * Z22Ma + a1_22M * Q22Ma) + (c1_22M * Z22Mb + a2_22M * Q22Mb) + (c2_22M * Z22Mc + a3_22M *
Q22Mc);
Q22M = (q0_22M * Z22Ma + Q22Ma) + (q1_22M * Z22Mb + Q22Mb) + (q2_22M * Z22Mc + Q22Mc);
@GIN(Z22Ma); @GIN(Z22Mb); @GIN(Z22Mc);
Z22Ma + Z22Mb + Z22Mc <= 1;
Q22Ma <= (q1_22M - q0_22M) * Z22Ma;
Q22Mb <= (q2_22M - q1_22M) * Z22Mb;
Q22Mc <= (q3_22M - q2_22M) * Z22Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q22Mc;

```

```

!----- Adutora 23M ;
a1_23M = 251719.24;
a2_23M = 25642.62;
q0_23M = 0;
q1_23M = 5.69;
q2_23M = 63.45;
c0_23M = 0;
c1_23M = 1431477.30;
C23M = 0 + (c0_23M * Z23Ma + a1_23M * Q23Ma) + (c1_23M * Z23Mb + a2_23M * Q23Mb);
Q23M = (q0_23M * Z23Ma + Q23Ma) + (q1_23M * Z23Mb + Q23Mb);
@GIN(Z23Ma); @GIN(Z23Mb);
Z23Ma + Z23Mb <= 1;
Q23Ma <= (q1_23M - q0_23M) * Z23Ma;
Q23Mb <= (q2_23M - q1_23M) * Z23Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
Q23Mc;

```

```

!----- Adutora 24M ;
a1_24M = 344596.67;
a2_24M = 36237.51;
q0_24M = 0;
q1_24M = 5.87;
q2_24M = 36.4;
c0_24M = 0;
c1_24M = 2022862.23;
C24M = 0 + (c0_24M * Z24Ma + a1_24M * Q24Ma) + (c1_24M * Z24Mb + a2_24M * Q24Mb);
Q24M = (q0_24M * Z24Ma + Q24Ma) + (q1_24M * Z24Mb + Q24Mb);
@GIN(Z24Ma); @GIN(Z24Mb);
Z24Ma + Z24Mb <= 1;
Q24Ma <= (q1_24M - q0_24M) * Z24Ma;
Q24Mb <= (q2_24M - q1_24M) * Z24Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
Q24Mc;

```

```

!----- Adutora 25M ;
a1_25M = 1023530.92;
a2_25M = 86418.17;
a3_25M = 54449.41;
q0_25M = 0;
q1_25M = 3.46;
q2_25M = 21.48;
q3_25M = 38.64;
c0_25M = 0;
c1_25M = 3545167.00;
c2_25M = 5101860.39;
C25M = 0 + (c0_25M * Z25Ma + a1_25M * Q25Ma) + (c1_25M * Z25Mb + a2_25M * Q25Mb) + (c2_25M * Z25Mc + a3_25M *
Q25Mc);
Q25M = (q0_25M * Z25Ma + Q25Ma) + (q1_25M * Z25Mb + Q25Mb) + (q2_25M * Z25Mc + Q25Mc);
@GIN(Z25Ma); @GIN(Z25Mb); @GIN(Z25Mc);
Z25Ma + Z25Mb + Z25Mc <= 1;
Q25Ma <= (q1_25M - q0_25M) * Z25Ma;
Q25Mb <= (q2_25M - q1_25M) * Z25Mb;
Q25Mc <= (q3_25M - q2_25M) * Z25Mc; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental Q25Mc;

```

```

!----- Adutora 26M ;
a1_26M = 872573.08;
a2_26M = 64159.97;
q0_26M = 0;
q1_26M = 2.48;
q2_26M = 27.72;
c0_26M = 0;
c1_26M = 2167781.63;
C26M = 0 + (c0_26M * Z26Ma + a1_26M * Q26Ma) + (c1_26M * Z26Mb + a2_26M * Q26Mb);
Q26M = (q0_26M * Z26Ma + Q26Ma) + (q1_26M * Z26Mb + Q26Mb);
@GIN(Z26Ma); @GIN(Z26Mb);
Z26Ma + Z26Mb <= 1;

```

```

Q26Ma <= (q1_26M - q0_26M) * Z26Ma;
Q26Mb <= (q2_26M - q1_26M) * Z26Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
Q26Mc;

!----- Adutora 27M ;
a1_27M = 1289465.88;
a2_27M = 104444.94;
q0_27M = 0;
q1_27M = 2.61;
q2_27M = 16.16;
c0_27M = 0;
c1_27M = 3361313.80;
C27M = 0 + (c0_27M * Z27Ma + a1_27M * Q27Ma) + (c1_27M * Z27Mb + a2_27M * Q27Mb) ;
Q27M= (q0_27M * Z27Ma + Q27Ma) + (q1_27M * Z27Mb + Q27Mb) ;
@GIN(Z27Ma); @GIN(Z27Mb);
Z27Ma + Z27Mb <= 1;
Q27Ma <= (q1_27M - q0_27M) * Z27Ma;
Q27Mb <= (q2_27M - q1_27M) * Z27Mb; ! se nao colocar este. deixa o ultimo segmento sem limite para a vazao incremental
Q27Mc;
!
!
! Pontos de Produção - Limitante: capacidade produtiva do manancial (em litros/segundo);
Q1R + Q2R + Q3R + Q4R + Q5R + Q6R <= 19.8; ! PP1T;
Q1M + Q2M + Q3M + Q7R + Q8R + Q9R <= 58.33; ! PP2T;
Q4M + Q5M + Q6M + Q7M + Q8M + Q10R <= 58.33; ! PP3T;
Q11R + Q12R + Q13R + Q14R + Q15R + Q16R <= 20; ! PP4T;
Q9M + Q10M + Q11M + Q12M + Q13M + Q14M <= 68.89; ! PP1Q;
Q15M + Q16M + Q17M + Q17R + Q18M + Q19M <= 44; ! PP2Q;
Q20M + Q21M + Q22M + Q18R + Q19R + Q20R <= 11; ! PP3Q;
Q23M + Q24M + Q25M + Q21R + Q26M + Q27M <= 11.75; ! PP4Q;
!
!
! Pontos de Demanda - Limite inferior: demanda a ser suprida (em litros/segundo);
Q1R + Q1M + Q4M + Q11R + Q9M + Q15M + Q20M + Q23M >= 47.98; ! UD1T;
Q2R + Q2M + Q5M + Q12R + Q10M + Q16M + Q21M + Q24M >= 15.09; ! UD2T;
Q3R + Q3M + Q6M + Q13R + Q11M + Q17M + Q22M + Q25M >= 36.69; ! UD3T;
Q4R + Q7R + Q10R + Q14R + Q12M + Q17R + Q18R + Q21R >= 22.04; ! UD1Q;
Q5R + Q8R + Q7M + Q15R + Q13M + Q18M + Q19R + Q26M >= 20.89; ! UD2Q;
Q6R + Q9R + Q8M + Q16R + Q14M + Q19M + Q20R + Q27M >= 6.23; ! UD3Q;

```


Tabela G1 - Variáveis e resultados do Programa Lingo- adutoras de Recalque

		Variable	Value	Reduced Cost
1R a 21R	CR	C1R	0,00	0,00
		C2R	0,00	0,00
		C3R	0,00	0,00
		C4R	0,00	0,00
		C5R	0,00	0,00
		C6R	0,00	0,00
		C7R	24.071.740,00	0,00
		C8R	0,00	0,00
		C9R	0,00	0,00
		C10R	0,00	0,00
		C11R	0,00	0,00
		C12R	16.683.060,00	0,00
		C13R	0,00	0,00
		C14R	0,00	0,00
		C15R	0,00	0,00
		C16R	0,00	0,00
		C17R	3.279.829,00	0,00
		C18R	0,00	0,00
		C19R	0,00	0,00
		C20R	2.397.327,00	0,00
		C21R	0,00	0,00
1M a 21M	CM	C1M	0,00	0,00
		C2M	0,00	0,00
		C3M	0,00	0,00
		C4M	1.816.938,00	0,00
		C5M	3.149.410,00	0,00
		C6M	1.388.151,00	0,00
		C7M	0,00	0,00
		C8M	0,00	0,00
		C9M	4.129.123,00	0,00
		C10M	0,00	0,00
		C11M	0,00	0,00
		C12M	0,00	0,00
		C13M	0,00	0,00
		C14M	0,00	0,00
		C15M	0,00	0,00
		C16M	0,00	0,00
		C17M	0,00	0,00
		C18M	801.596,80	0,00
		C19M	0,00	0,00
		C20M	0,00	0,00
		C21M	0,00	0,00
		C22M	0,00	0,00
		C23M	0,00	0,00
		C24M	0,00	0,00
		C25M	0,00	0,00
		C26M	0,00	0,00
		C27M	0,00	0,00

1R	ai	a1-1R	1.051.844,00	0,00
		a2-1R	107.211,10	0,00
		a3-1R	59.281,00	0,00
	Qi	Q0-1R	0,00	0,00
		Q1-1R	3,62	0,00
		Q2-1R	22,47	0,00
		Q3-1R	65,33	0,00
		CO-1R	0,00	0,00
		C1-1R	3.811.059,00	0,00
	Ci	C2-1R	5.831.267,00	0,00
		Z1Ra	1,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q1Ra	0,00	0,00
			-	
		Z1Rb	0,00	17.802.960,00
		Q1Rb	0,00	0,00
			-	
		Z1Rc	0,00	60.344.940,00
		Q1Rc	0,00	0,00
	Qi	Q1R	0,00	1.030.122,00
2R	ai	a1-2R	424.545,10	0,00
		a2-2R	1.286.774,00	0,00
		a3-2R	339.545,50	0,00
		Q0-2R	0,00	0,00
		Q1-2R	9,72	0,00
	Qi	Q2-2R	11,44	0,00
		Q3-2R	14,08	0,00
		CO-2R	0,00	0,00
	Ci	C1-2R	4.126.578,00	0,00
		C2-2R	6.339.830,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z2Ra	1,00	0,00
		Q2Ra	0,00	0,00
			-	
		Z2Rb	0,00	60.369.860,00
		Q2Rb	0,00	0,00
			-	
		Z2Rc	0,00	74.868.000,00
		Q2Rc	0,00	0,00
	Q	Q2R	0,00	5.775.000,00
3R	ai	a1-3R	197.048,00	0,00
		a2-3R	34.273,40	0,00
		a3-3R	13.849,86	0,00
		Q0-3R	0,00	0,00
		Q1-3R	7,56	0,00
	Qi	Q2-3R	21,97	0,00
		Q3-3R	46,86	0,00
		CO-3R	0,00	0,00
	Ci	C1-3R	1.489.683,00	0,00
		C2-3R	1.983.563,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z3Ra	1,00	0,00
		Q3Ra	0,00	0,00
		Z3Rb	0,00	-2.345.583,00
		Q3Rb	0,00	0,00
		Z3Rc	0,00	-6.905.386,00
		Q3Rc	0,00	0,00
	Q	Q3R	0,00	179.791,40
4R	a	a1-4R	1.971.355,00	0,00
		a2-4R	162.297,90	0,00
		Q0-4R	0,00	0,00
		Q1-4R	4,02	0,00
	Q	Q2-4R	24,91	0,00
		CO-4R	0,00	0,00
	C	C1-4R	7.920.452,00	0,00
		Z4Ra	1,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Q4Ra	0,00	0,00
			-	
		Z4Rb	0,00	37.795.610,00
		Q4Rb	0,00	0,00
	Q	Q4R	0,00	1.943.122,00

5R	A	a1-5R	1.913.490,00	0,00
		a2-5R	180.237,10	0,00
		a3-5R	95.272,42	0,00
	Q	Q0-5R	0,00	0,00
		Q1-5R	3,41	0,00
		Q2-5R	21,14	0,00
		Q3-5R	61,48	0,00
		CO-5R	0,00	0,00
		C1-5R	6.524.948,00	0,00
	C	C2-5R	9.721.319,00	0,00
		Z5Ra	1,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q5Ra	0,00	0,00
		Z5Rb	0,00	-30.730.640,00
		Q5Rb	0,00	0,00
			-	
		Z5Rc	0,00	104.076.800,00
		Q5Rc	0,00	0,00
	Q	Q5R	0,00	189.921,00
6R	A	a1-6R	2.050.316,00	0,00
		a2-6R	135.881,60	0,00
		Q0-6R	0,00	0,00
		Q1-6R	3,16	0,00
	Q	Q2-6R	85,54	0,00
		CO-6R	0,00	0,00
	C	C1-6R	6.483.220,00	0,00
		Z6Ra	1,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Q6Ra	0,00	0,00
			-	
		Z6Rb	0,00	157.706.900,00
		Q6Rb	0,00	0,00
	Q	Q4R	0,00	1.916.568,00
7R	a	a1-7R	1.806.825,00	0,00
		a2-7R	172.410,70	0,00
		a3-7R	80.138,35	0,00
		Q0-7R	0,00	0,00
		Q1-7R	3,33	0,00
	Q	Q2-7R	20,64	0,00
		Q3-7R	60,02	0,00
		CO-7R	0,00	0,00
	C	C1-7R	6.015.164,00	0,00
		C2-7R	9.000.257,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z7Ra	1,00	0,00
		Q7Ra	0,00	0,00
		Z7Rb	0,00	-28.293.270,00
		Q7Rb	0,00	0,00
		Z7Rc	0,00	-96.289.520,00
		Q7Rc	0,00	0,00
	Q	Q7R	0,00	1.778.591,00
8R	a	a1-8R	2.274.794,00	0,00
		a2-8R	169.616,70	0,00
		a3-8R	104.183,30	0,00
		Q0-8R	0,00	0,00
		Q1-8R	2,04	0,00
	Q	Q2-8R	22,73	0,00
		Q3-8R	78,34	0,00
		CO-8R	0,00	0,00
		C1-8R	4.634.701,00	0,00
	C	C2-8R	8.144.778,00	0,00
		Z8Ra	1,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q8Ra	0,00	0,00
		Z8Rb	0,00	-43.562.000,00
		Q8Rb	0,00	0,00
			-	
		Z8Rc	0,00	164.269.000,00
		Q8Rc	0,00	0,00
	Q	Q8R	0,00	22.612.265,00

9R	a	a1-9R	3.244.301,00	0,00
		a2-9R	190.552,60	0,00
		a3-9R	98.446,89	0,00
	Q	Q0-9R	0,00	0,00
		Q1-9R	1,43	0,00
		Q2-9R	38,78	0,00
		Q3-9R	99,16	0,00
	C	C0-9R	0,00	0,00
		C1-9R	4.650.167,00	0,00
		C2-9R	11.766.030,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z9Ra	1,00	0,00
		Q9Ra	0,00	0,00
		Z9Rb	0,00	114.046.700,00
		Q9Rb	0,00	0,00
		Z9Rc	0,00	303.994.600,00
		Q9Rc	0,00	0,00
		Q9R	0,00	3.110.552,00
10R	a	a1-10R	2.180.162,00	0,00
		a2-10R	165.682,40	0,00
	Q	Q0-10R	0,00	0,00
		Q1-10R	2,66	0,00
		Q2-10R	29,66	0,00
		C0-10R	0,00	0,00
	C	C1-10R	5.795.528,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Z10Ra	1,00	0,00
		Q10Ra	0,00	0,00
		Z10Rb	0,00	-54.394.650,00
		Q10Rb	0,00	0,00
	Q	Q10R	0,00	2.151.928,00
11R	a	a1-11R	631.446,90	0,00
		a2-11R	71.110,48	0,00
		a3-11R	42.020,98	0,00
	Q	Q0-11R	0,00	0,00
		Q1-11R	4,10	0,00
		Q2-11R	25,40	0,00
		Q3-11R	73,85	0,00
	C	C0-11R	0,00	0,00
		C1-11R	2.586.539,00	0,00
		C2-11R	4.101.418,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z11Ra	1,00	0,00
		Q11Ra	0,00	0,00
		Z11Rb	0,00	-11.937.560,00
		Q11Rb	0,00	0,00
		Z11Rc	0,00	-40.492.020,00
		Q11Rc	0,00	0,00
12R	Q	Q11R	0,00	609.724,00
	a	a1-12R	1.130.297,00	0,00
		a2-12R	136.460,60	0,00
		a3-12R	56.070,03	0,00
	Q	Q0-12R	0,00	0,00
		Q1-12R	2,47	0,00
		Q2-12R	15,33	0,00
		Q3-12R	27,59	0,00
	C	C0-12R	0,00	0,00
		C1-12R	2.794.620,00	0,00
		C2-12R	4.549.309,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z12Ra	1,00	0,00
		Q12Ra	0,00	0,00
		Z12Rb	0,00	-12.777.940,00
		Q12Rb	0,00	0,00
		Z12Rc	0,00	-68.165.260,00
		Q12Rc	0,00	0,00
	Q	Q12R	0,00	1.074.030,00

13R	a	a1-13R	127.513,70	0,00
		a2-13R	36.622,09	0,00
		a3-13R	17.402,85	0,00
	Q	Q0-13R	0,00	0,00
		Q1-13R	8,18	0,00
		Q2-13R	23,78	0,00
		Q3-13R	50,71	0,00
	C	C0-13R	0,00	0,00
		C1-13R	1.042.851,00	0,00
		C2-13R	1.614.221,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z13Ra	1,00	0,00
		Q13Ra	0,00	0,00
		Z13Rb	0,00	-1.418.120,00
		Q13Rb	0,00	0,00
		Z13Rc	0,00	-4.383.339,00
		Q13Rc	0,00	0,00
14R	a	Q13R	0,00	110.257,00
		a1-14R	1.538.585,00	0,00
		a2-14R	162.416,80	0,00
	Q	a3-14R	123.721,00	0,00
		Q0-14R	0,00	0,00
		Q1-14R	4,33	0,00
		Q2-14R	12,58	0,00
		Q3-14R	26,83	0,00
	C	C0-14R	0,00	0,00
		C1-14R	6.658.317,00	0,00
		C2-14R	7.999.173,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z14Ra	1,00	0,00
		Q14Ra	0,00	0,00
		Z14Rb	0,00	11.357.140,00
		Q14Rb	0,00	0,00
		Z14Rc	0,00	31.518.040,00
		Q14Rc	0,00	0,00
15R	Q	Q14R	0,00	1.510.352,00
	a	a1-15R	1.459.764,00	0,00
		a2-15R	198.188,90	0,00
		a3-15R	119.451,40	0,00
	Q	Q0-15R	0,00	0,00
		Q1-15R	3,65	0,00
		Q2-15R	10,62	0,00
		Q3-15R	22,64	0,00
	C	C0-15R	0,00	0,00
		C1-15R	5.331.001,00	0,00
		C2-15R	6.711.747,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z15Ra	1,00	0,00
		Q15Ra	0,00	0,00
		Z15Rb	0,00	-8.790.317,00
		Q15Rb	0,00	0,00
		Z15Rc	0,00	24.901.510,00
		Q15Rc	0,00	0,00
16R	Q	Q15R	0,00	1.446.195,00
	a	a1-16R	1.538.718,00	0,00
		a2-16R	209.633,10	0,00
		a3-16R	99.492,01	0,00
	Q	Q0-16R	0,00	0,00
		Q1-16R	3,38	0,00
		Q2-16R	9,85	0,00
		Q3-16R	21,01	0,00
	C	C0-16R	0,00	0,00
		C1-16R	5.215.854,00	0,00
		C2-16R	6.571.462,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb , Qc	Z16Ra	1,00	0,00
		Q16Ra	0,00	0,00
		Z16Rb	0,00	-8.584.197,00
		Q16Rb	0,00	0,00
		Z16Rc	0,00	24.646.680,00
		Q16Rc	0,00	0,00
	Q	Q16R	0,00	1.404.970,00

17R	a	a1-17R	582.176,10	0,00
		a2-17R	75.653,38	0,00
		a3-17R	28.233,58	0,00
		Q0-17R	0,00	0,00
	Q	Q1-17R	3,32	0,00
		Q2-17R	20,59	0,00
		Q3-17R	59,86	0,00
		C0-17R	0,00	0,00
	C	C1-17R	1.932.710,00	0,00
		C2-17R	3.238.890,00	0,00
		Z17Ra	0,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q17Ra	0,00	553.942,50
		Z17Rb	0,00	1.838.975,00
		Q17Rb	0,00	47.419,80
		Z17Rc	1,00	2.657.560,00
		Q17Rc	1,45	0,00
		Q17R	22,04	0,00
18R	a	a1-18R	474.011,50	0,00
		a218R	84.702,27	0,00
		a3-18R	43.438,89	0,00
		Q0-18R	0,00	0,00
	Q	Q1-18R	5,62	0,00
		Q2-18R	16,33	0,00
		Q3-18R	34,84	0,00
		C0-18R	0,00	0,00
	C	C1-18R	2.663.441,00	0,00
		C2-18R	3.571.382,00	0,00
		Z18Ra	1,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q18Ra	0,00	0,00
		Z18Rb	0,00	-4.170.005,00
		Q18Rb	0,00	0,00
				-
		Z18Rc	0,00	12.139.120,00
		Q18Rc	0,00	0,00
		Q18R	0,00	445.777,90

19R	a	a1-19R	269.185,30	0,00
		a2-19R	82.310,18	0,00
		a3-19R	14.005,03	0,00
		Q0-19R	0,00	0,00
	Q	Q1-19R	4,85	0,00
		Q2-19R	14,10	0,00
		Q3-19R	30,07	0,00
		C0-19R	0,00	0,00
	C	C1-19R	1.305.446,00	0,00
		C2-19R	2.066.945,00	0,00
		Z19Ra	1,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q19Ra	0,00	0,00
		Z19Rb	0,00	-1.728.697,00
		Q19Rb	0,00	0,00
		Z19Rc	0,00	-5.803.797,00
		Q19Rc	0,00	0,00
		Q19R	0,00	255.616,00
20R	a	a1-20R	702.302,60	0,00
		a2-20R	133.748,40	0,00
		a3-20R	76.753,87	0,00
		Q0-20R	0,00	0,00
	Q	Q1-20R	2,75	0,00
		Q2-20R	7,99	0,00
		Q3-20R	17,05	0,00
		C0-20R	0,00	0,00
	C	C1-20R	1.931.882,00	0,00
		C2-20R	2.633.747,00	0,00
		Z20Ra	0,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q20Ra	0,00	568.554,20
		Z20Rb	1,00	1.564.074,00
		Q20Rb	3,48	0,00
		Z20Rc	0,00	1.048.727,00
		Q20Rc	0,00	0,00
		Q20R	6,23	0,00
21R	a	a1-21R	1.388.821,00	0,00
		a2-21R	145.959,00	0,00
		a3-21R	60.920,00	0,00
		Q0-21R	0,00	0,00
	Q	Q1-21R	2,75	0,00
		Q2-21R	17,07	0,00
		Q3-21R	30,71	0,00
		C0-21R	0,00	0,00
	C	C1-21R	3.823.472,00	0,00
		C2-21R	5.913.272,00	0,00
		Z21Ra	1,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q21Ra	0,00	0,00
				-
		Z21Rb	0,00	17.793.570,00
		Q21Rb	0,00	0,00
				-
		Z21Rc	0,00	35.906.470,00
		Q21Rc	0,00	0,00
		Q21R	0,00	1.360.587,00

*Tabela G2 - resultados do Programa
Lingo - adutoras Mistas*

1M	a	a1-1M	1.255.314,00	0,00
		a2-1M	68.290,02	0,00
		Q0-1M	0,00	0,00
	Q	Q1-1M	1,67	0,00
		Q2-1M	64,05	0,00
		C0-1M	0,00	0,00
	C	C1-1M	2.091.108,00	0,00
	Za , Zb , Qa , Qb	Z1Ma	1,00	0,00
		Q1Ma	0,00	0,00
		Z1Mb	0,00	-74.051.800,00
		Q1Mb	0,00	0,00
2M	Q	Q1M	0,00	1.233.591,00
	a	a1-2M	745.950,70	0,00
		a2-2M	64.439,48	0,00
		a3-2M	39.333,74	0,00
		Q0-2M	0,00	0,00
	Q	Q1-2M	3,37	0,00
		Q2-2M	20,87	0,00
		Q3-2M	60,68	0,00
	C	C0-2M	0,00	0,00
		C1-2M	2.510.357,00	0,00
3M	C	C2-2M	3.638.177,00	0,00
		Z2Ma	1,00	0,00
		Q2Ma	0,00	0,00
		Z2Mb	0,00	-11.929.940,00
	Za , Zb , Zc , Qa , Qb , Qc	Q2Mb	0,00	0,00
		Z2Mb	0,00	-40.060.230,00
		Q2Mc	0,00	0,00
		Q2M	0,00	689.683,80
	a	a1-3M	265.698,80	0,00
		a2-3M	22.261,22	0,00
		Q0-3M	0,00	0,00
4M	Q	Q1-3M	3,37	0,00
		Q2-3M	82,56	0,00
		C0-3M	0,00	0,00
	C	C1-3M	894.159,40	0,00
	Za , Zb , Qa , Qb	Z3Ma	1,00	0,00
		Q3Ma	0,00	0,00
		Z3Mb	0,00	-19.279.070,00
		Q3Mb	0,00	0,00
	Q	Q3M	0,00	248.442,10
	a	a1-4M	565.046,80	0,00
		a2-4M	49.555,22	0,00
		a3-4M	31.532,94	0,00
		Q0-4M	0,00	0,00
5M	Q	Q1-4M	3,71	0,00
		Q2-4M	23,02	0,00
		Q3-4M	66,95	0,00
	C	C0-4M	0,00	0,00
		C1-4M	2.098.144,00	0,00
	Za , Zb , Zc , Qa , Qb , Qc	C2-4M	3.055.124,00	0,00
		Z4Ma	1,00	0,00
		Q4Ma	0,00	0,00
		Z4Mb	0,00	-9.952.321,00
		Q4Mb	0,00	0,00
		Z4Mb	0,00	-33.389.520,00
		Q4Mc	0,00	0,00
	Q	Q4M	0,00	543.323,90

5M	a	a1-5M	563.522,60	0,00
		a2-5M	56.266,87	0,00
		a3-5M	26.192,53	0,00
	Q	Q0-5M	0,00	0,00
		Q1-5M	4,54	0,00
		Q2-5M	28,12	0,00
		Q3-5M	81,77	0,00
	C	C0-5M	0,00	0,00
		C1-5M	2.555.794,00	0,00
		C2-5M	3.882.974,00	0,00
6M	Za , Zb , Zc , Qa , Qb , Qc	Z5Ma	0,00	0,00
		Q5Ma	0,00	507.255,70
		Z5Mb	1,00	2.300.343,00
		Q5Mb		0,00
		Z5Mb	0,00	687.261,40
		Q5Mc	0,00	0,00
	Q	Q5M	15,09	0,00
	a	a1-6M	135.137,40	0,00
		a2-6M	17.256,67	0,00
		Q0-6M	0,00	0,00
7M	Q	Q1-6M	6,41	0,00
		Q2-6M	71,47	0,00
		C0-6M	0,00	0,00
	C	C1-6M	865.618,80	0,00
	Za , Zb , Qa , Qb	Z6Ma		0,00
		Q6Ma		117.880,70
		Z6Mb	1,00	755.003,50
		Q6Mb	30,28	0,00
	Q	Q6M	36,69	0,00
	a	a1-7M	3.148.245,00	0,00
		a2-7M	393.363,80	0,00
		a3-7M	177.021,60	0,00
		Q0-7M	0,00	0,00
8M	Q	Q1-7M	2,06	0,00
		Q2-7M	37,20	0,00
		Q3-7M	79,33	0,00
	C	C0-7M	0,00	0,00
		C1-7M	6.495.424,00	0,00
	Za , Zb , Zc , Qa , Qb , Qc	C2-7M	20.316.480,00	0,00
		Z7Ma	1,00	0,00
		Q7Ma	0,00	0,00
		Z7Mb	0,00	-96.796.500,00
		Q7Mb	0,00	0,00
		Z7Mb	0,00	221.975.900,00
		Q7Mc	0,00	0,00
	Q	Q7M	0,00	3.134.676,00
9M	a	a1-8M	3.341.290,00	0,00
		a2-8M	170.986,90	0,00
		a3-8M	87.208,51	0,00
	Q	Q0-8M	0,00	0,00
		Q1-8M	1,41	0,00
		Q2-8M	54,09	0,00
		Q3-8M	97,33	0,00
	C	C0-8M	0,00	0,00
		C1-8M	4.700.756,00	0,00
		C2-8M	13.709.280,00	0,00
10M	Za , Zb , Zc , Qa , Qb , Qc	Z8Ma	1,00	0,00
		Q8Ma	0,00	0,00
		Z8Mb	0,00	167.022.000,00
		Q8Mb	0,00	0,00
		Z8Mb	0,00	307.727.500,00
		Q8Mc	0,00	0,00
	Q	Q8M	0,00	3.207.541,00

9M	a	a1-9M	413.740,70	0,00
		a2-9M	34.016,47	0,00
		a3-9M	21.722,85	0,00
		Q0-9M	0,00	0,00
	Q	Q1-9M	6,77	0,00
		Q2-9M	41,98	0,00
		Q3-9M	75,53	0,00
		C0-9M	0,00	0,00
	C	C1-9M	2.801.083,00	0,00
		C2-9M	3.998.786,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z9Ma	0,00	0,00
		Q9Ma	0,00	392.017,80
		Z9Mb	0,00	2.654.019,00
		Q9Mb	0,00	12.293,62
		Z9Mb	1,00	3.086.861,00
		Q9Mc	6,00	0,00
	Q	Q9M	47,98	0,00
10M	a	a1-10M	499.720,90	0,00
		a2-10M	33.814,47	0,00
		Q0-10M	0,00	0,00
	Q	Q1-10M	6,77	0,00
		Q2-10M	74,65	0,00
		C0-10M	0,00	0,00
	C	C1-10M	3.383.181,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Z10Ma	1,00	0,00
		Q10Ma	0,00	0,00
		Z10Mb	0,00	-31.625.660,00
		Q10Mb	0,00	0,00
	Q	Q10M	0,00	443.454,00
11M	a	a1-11M	859.675,60	0,00
		a2-11M	69.864,14	0,00
		a3-11M	33.155,42	0,00
		Q0-11M	0,00	0,00
	Q	Q1-11M	5,22	0,00
		Q2-11M	32,36	0,00
		Q3-11M	94,08	0,00
		C0-11M	0,00	0,00
	C	C1-11M	4.485.851,00	0,00
		C2-11M	6.381.801,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z11Ma	1,00	0,00
		Q11Ma	0,00	0,00
		Z11Mb	0,00	-21.437.140,00
		Q11Mb	0,00	0,00
		Z11Mb	0,00	-72.450.120,00
		Q11Mc	0,00	0,00
	Q	Q11M	0,00	842.418,90
12M	a	a1-12M	1.435.171,00	0,00
		a2-12M	110.080,50	0,00
		a3-12M	70.457,38	0,00
		Q0-12M	0,00	0,00
	Q	Q1-12M	3,07	0,00
		Q2-12M	19,02	0,00
		Q3-12M	82,99	0,00
		C0-12M	0,00	0,00
	C	C1-12M	4.402.558,00	0,00
		C2-12M	6.158.759,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z12Ma	1,00	0,00
		Q12Ma	0,00	0,00
		Z12Mb	0,00	-21.138.610,00
		Q12Mb	0,00	0,00
		Z12Mb	0,00	-
		Q12Mc	0,00	108.438.900,00
	Q	Q12M	0,00	1.406.937,00

13M	a	a1-13M	434.163,70	0,00
		a2-13M	35.769,14	0,00
		a3-13M	17.610,48	0,00
		Q0-13M	0,00	0,00
	Q	Q1-13M	6,05	0,00
		Q2-13M	37,49	0,00
		Q3-13M	109,01	0,00
		C0-13M	0,00	0,00
	C	C1-13M	2.625.055,00	0,00
		C2-13M	3.749.805,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z13Ma	1,00	0,00
		Q13Ma	0,00	0,00
		Z13Mb	0,00	-12.527.160,00
		Q13Mb	0,00	0,00
		Z13Mb	0,00	-42.318.880,00
		Q13Mc	0,00	0,00
	Q	Q13M	0,00	420.594,40
14M	a	a1-14M	915.855,80	0,00
		a2-14M	74.461,48	0,00
		a3-14M	35.352,17	0,00
		Q0-14M	0,00	0,00
	Q	Q1-14M	4,79	0,00
		Q2-14M	29,72	0,00
		Q3-14M	86,41	0,00
		C0-14M	0,00	0,00
	C	C1-14M	4.389.608,00	0,00
		C2-14M	6.245.670,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z14Ma	1,00	0,00
		Q14Ma	0,00	0,00
		Z14Mb	0,00	-20.973.300,00
		Q14Mb	0,00	0,00
		Z14Mb	0,00	-70.889.320,00
	Q	Q14M	0,00	782.107,40
15M	a	a1-15M	474.583,50	0,00
		a2-15M	39.265,91	0,00
		a3-15M	25.731,87	0,00
		Q0-15M	0,00	0,00
	Q	Q1-15M	4,89	0,00
		Q2-15M	30,34	0,00
		Q3-15M	54,60	0,00
		C0-15M	0,00	0,00
	C	C1-15M	2.322.394,00	0,00
		C2-15M	3.321.706,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z15Ma	1,00	0,00
		Q15Ma	0,00	0,00
		Z15Mb	0,00	-11.077.150,00
		Q15Mb	0,00	0,00
		Z15Mb	0,00	-21.966.300,00
	Q	Q15M	0,00	452.860,60
16M	a	a1-16M	359.803,20	0,00
		a2-16M	29.827,81	0,00
		a3-16M	19.701,47	0,00
		Q0-16M	0,00	0,00
	Q	Q1-16M	6,13	0,00
		Q2-16M	37,99	0,00
		Q3-16M	68,36	0,00
		C0-16M	0,00	0,00
	C	C1-16M	2.204.661,00	0,00
		C2-16M	3.155.179,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z16Ma	1,00	0,00
		Q16Ma	0,00	0,00
		Z16Mb	0,00	-10.513.950,00
		Q16Mb	0,00	0,00
		Z16Mb	0,00	-20.842.640,00
		Q16Mc	0,00	0,00
	Q	Q16M	0,00	303.536,40

17M	a	a1-17M	748.326,70	0,00
		a2-17M	157.276,30	0,00
		a3-17M	43.778,61	0,00
	Q	Q0-17M	0,00	0,00
		Q1-17M	6,77	0,00
		Q2-17M	19,69	0,00
		Q3-17M	74,65	0,00
	C	C0-17M	0,00	0,00
		C1-17M	5.066.277,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	C2-17M	7.097.554,00	0,00
		Z17Ma	1,00	0,00
		Q17Ma	0,00	0,00
		Z17Mb	0,00	-7.636.225,00
		Q17Mb	0,00	0,00
			-	
			463.558.960,0	0
		Z17Mb	0,00	0,00
	Q	Q17Mc	0,00	731.070,00
18M	a	Q17M	0,00	
		a1-18M	87.756,27	0,00
		a2-18M	13.569,33	0,00
	Q	Q0-18M	0,00	0,00
		Q1-18M	6,99	0,00
		Q2-18M	77,93	0,00
		C0-18M	0,00	0,00
	C	C1-18M	612.983,10	0,00
		Z18Ma	0,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Q18Ma	0,00	74.186,94
		Z18Mb	1,00	518.133,50
		Q18Mb	13,90	0,00
19M	Q	Q18M	20,89	0,00
	a	a1-19M	423.726,70	0,00
		a2-19M	45.566,33	0,00
		a3-19M	17.701,38	0,00
	Q	Q0-19M	0,00	0,00
		Q1-19M	4,37	0,00
		Q2-19M	27,07	0,00
		Q3-19M	48,72	0,00
	C	C0-19M	0,00	0,00
		C1-19M	1.850.125,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	C2-19M	2.884.842,00	0,00
		Z19Ma	1,00	0,00
		Q19Ma	0,00	0,00
		Z19Mb	0,00	-8.585.800,00
		Q19Mb	0,00	0,00
			-	
		Z19Mb	0,00	17.375.890,00
		Q19Mc	0,00	0,00
20M	Q	Q19M	0,00	289.978,30
	a	a1-20M	571.142,90	0,00
		a2-20M	76.256,52	0,00
		a3-20M	44.462,60	0,00
	Q	Q0-20M	0,00	0,00
		Q1-20M	3,42	0,00
		Q2-20M	31,79	0,00
		Q3-20M	81,30	0,00
	C	C0-20M	0,00	0,00
		C1-20M	1.951.677,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	C2-20M	4.115.554,00	0,00
		Z20Ma	1,00	0,00
		Q20Ma	0,00	0,00
			-	
		Z20Mb	0,00	14.041.560,00
		Q20Mb	0,00	0,00
			-	
		Z20Mb	0,00	40.117.020,00
	Q	Q20Mc	0,00	0,00
	Q	Q20M	0,00	549.420,10

21M	a	a1-21M	383.235,80	0,00
		a2-21M	51.936,52	0,00
		a3-21M	38.095,89	0,00
	Q	Q0-21M	0,00	0,00
		Q1-21M	4,08	0,00
		Q2-21M	11,86	0,00
		Q3-21M	25,29	0,00
	C	C0-21M	0,00	0,00
		C1-21M	1.562.958,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	C2-21M	1.967.033,00	0,00
		Z21Ma	1,00	0,00
		Q21Ma	0,00	0,00
		Z21Mb	0,00	-2.578.153,00
		Q21Mb	0,00	0,00
		Z21Mb	0,00	-7.213.372,00
22M	a	Q21Mc	0,00	0,00
		Q	Q21M	0,00
			326.968,90	
	Q	a1-22M	2.121.698,00	0,00
		a2-22M	259.043,80	0,00
		a3-22M	158.473,00	0,00
		Q0-22M	0,00	0,00
	C	Q1-22M	2,48	0,00
		Q2-22M	23,12	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Q3-22M	59,12	0,00
		C0-22M	0,00	0,00
		C1-22M	5.272.130,00	0,00
		C2-22M	10.617.380,00	0,00
22M (Cont.)	a	Z22Ma	1,00	0,00
		Q22Ma	0,00	0,00
			-	
	Q	Z22Mb	0,00	38.434.870,00
		Q22Mb	0,00	0,00
	C	Z22Mb	0,00	109.112.400,0
		Q22Mc	0,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Q	Q22M	0,00
			2.104.441,00	
23M	a	a1-23M	251.719,20	0,00
		a2-23M	25.642,62	0,00
		Q0-23M	0,00	0,00
	Q	Q1-23M	5,69	0,00
		Q2-23M	63,45	0,00
	C	C0-23M	0,00	0,00
		C1-23M	1.431.477,00	0,00
		Z23Ma	1,00	0,00
		Q23Ma	0,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb		-	
		Z23Mb	0,00	13.058.990,00
24M	a	Q23Mb	0,00	0,00
		Q	Q23M	0,00
			229.996,40	
	Q	a1-24M	344.596,70	0,00
		a2-24M	36.237,51	0,00
		Q0-24M	0,00	0,00
		Q1-24M	5,87	0,00
	C	Q2-24M	36,40	0,00
		C0-24M	0,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	C1-24M	2.022.862,00	0,00
		Z24Ma	1,00	0,00
		Q24Ma	0,00	0,00
		Z24Mb	0,00	-9.414.125,00
	Q	Q24Mb	0,00	0,00
		Q24M	0,00	288.329,80

25M	a	a1-25M	1.023.531,00	0,00
		a2-25M	86.418,17	0,00
		a3-25M	54.449,41	0,00
		Q0-25M	0,00	0,00
	Q	Q1-25M	3,46	0,00
		Q2-25M	21,48	0,00
		Q3-25M	38,64	0,00
		C0-25M	0,00	0,00
	C	C1-25M	3.545.167,00	0,00
		C2-25M	5.101.860,00	0,00
	Za , Zb , Zc Qa , Qb ,Qc	Z2Ma	0,00	0,00
		Q2Ma	0,00	-
		Z2Mb	0,00	16.883.020,00
		Q2Mb	0,00	0,00
		Z2Mb	0,00	33.513.020,00
		Q2Mc	0,00	0,00
	Q	Q25M	0,00	1.006.274,00
26M	a	a1-26M	872.573,10	0,00
		a2-26M	64.159,97	0,00
		Q0-26M	0,00	0,00
	Q	Q1-26M	2,48	0,00
		Q2-26M	27,72	0,00
		C0-26M	0,00	0,00
	C	C1-26M	2.167.782,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Z1Ma	1,00	0,00
		Q1Ma	0,00	0,00
		Z1Mb	0,00	20.400.550,00
		Q1Mb	0,00	0,00
	Q	Q1M	0,00	859.003,80
27M	a	a1-27M	1.289.466,00	0,00
		a2-27M	104.444,90	0,00
		Q0-27M	0,00	0,00
	Q	Q1-27M	2,61	0,00
		Q2-27M	16,16	0,00
		C0-27M	0,00	0,00
	C	C1-27M	3.361.314,00	0,00
	Za , Zb Qa , Qb	Z1Ma	1,00	0,00
		Q1Ma	0,00	0,00
		Z1Mb	0,00	16.061.230,00
		Q1Mb	0,00	0,00
	Q	Q1M	0,00	1.155.717,00

ANEXO AN

**RELAÇÃO DE POVOADOS E POPULAÇÕES DAS PREFEITURAS DE
QUIJINGUE E TUCANO**

Ouadro ANI- Relação de Povoados e populações da Prefeitura Municipal de Quijingue

**PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIJINGUE SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE - DEP. DA ATENÇÃO BÁSICA
LOCALIDADES E POPULAÇÃO POR AGENTE COMUNITÁRIO DE SAÚDE**

AGENTES	MICRO-ÁREA	QUANT.	LOCALIDADES	Nº DE FAMÍLIAS	POPULAÇÃO
Maria Serrata	3	1	sede	150	
Fabiano Andrade Neto	4	2	faz.sobara	38	
		3	faz. Lavarinto	16	
Kelli Cristina Batista Siqueira	5	4	sede	169	
Sonia da Costa Oliveira	8	5	lagoa da caraiba	98	
		6	lagoa da serrinha	12	
Cleuci Soares De Santana	13	8	lagoa do fechado	59	
		9	lagoa do copim	49	
		10	faz.salgado	6	
		11	faz.picada	1	
Nonato Francisco da Costa		12	bebedouro	4	
		13	faz.curral salgado	1	
Angela Matos Silva	1	14	Sede	136	
		15	Faz.Lagoa do Malhado	5	
Rosineide de Almeida Cavalcante		16	Faz.Velha	6	
		17	Faz.Jurema I	11	
Sergio dos Santos Batista		19	Faz.Boqueirão	7	
Geny Alves dos Santos	9	20	Poço da Pedra	68	
Getulio Alves da Silva	15	21	Sede	90	
		22	Jurema	85	
Maria Izabel De Almeida	24	23	Lagoa da Ema	67	
Elizangela Reis Dos Santos	32	24	Serra Branca	91	
		25	Lagoa Do Mato	23	
SEDE III		26			
Maria Aroeira da Silva	2	27	Boa Vista do Zézé	98	
		28	Poço da Caraiba	3	
Rita de Cassia de Jesus Dantas	3	29	Sede	132	
Maria Senhora Santos Reis	4	30	Sede	110	
Geisa Oliveira Damascena	5	31	Sede	144	
Graziela Maria de Andrade Ferreira	6	32	Sede	113	
Gabriela Maria Evangelista	7	33	Sede	138	
Antonaide Marques da Silva	16	34	Lagoinhas das Pedras	104	
		35	Faz.Rio da Onça	18	
		36	Faz.L.da Gameleira	9	
Uilson Costa Souza	1	37	Pov. Algodoes	139	
		38	Pov.Queimadas	100	
Maria do Carmo Almeida de Costa	2	39	Gameleira	6	
		40	Salgadinho I	19	
Leide Abreu de Araujo		41	Pov. Algodoes	139	
Veranilde Freitas da Silva	16	42	Pov. Tatu	116	
		43	Faz.L.agoa Funda	13	
		44	Faz. Alto Vermelho	3	
Albeiza Ferreira Lima	19	45	Terra Branca	95	
Cleito Mota de Santana	25	46	Terra Branca	88	
Roseli Reis de Santana	30	47	Pov. Algodoes	130	
Maria Rosa Batista Santana	1	48	Baixa da Luva	119	
		49	Faz. Maria Preta	9	
Rosival Santos Damascena	3	50	Pascoal	145	
Maria Ilza Carvalho dos Santos	4	51	Pov.Capim Grosso	64	
		52	Faz.Poço da Umburana	3	
Maria do Carmo Pereira C. Mota	5	53	Faz.Pocozó	2	
		54	Faz. Boa Vista	22	
		55	Pov.Rio Vermelho	22	
		56	Pov. Rio Grande	99	
Jose Fabio Rodrigues dos Santos	9	57	Algodões	69	
Jose Railton Cerqueira	10	58	Algodões	73	
		59	Faz.L.do Triguei	7	
		60	Faz.L. da Pedra	9	
Edvanda Santana Reis		61	Lagoa da Serra	44	
Lucineide Matos de Jesus	33	62	Algodões	112	
Denilza Costa Ferreira		63	Lagoa da Prata	10	
Jose Carlos Pereira de Araujo		64	Faz.Baixa da Serrada	2	
Ana Lucia Pereira de Araujo	8	65	Pov. Macete	127	
Maria Santana da Costa		66	Pov. S. Rita	50	
		67	Faz. L. do Poço	8	
Antonio Jose Luna Cavalcante	29	68	Faz. Pedra Rasa	7	
Raimunda Martinsde Santana		69	Faz. Bebedouro	1	
		70	Pov. Macete	104	
Mario Santana Mota		71	Macete	117	

Continuação Quadro ANI- Relação de Povoados e populações da Prefeitura Municipal de Quijingue

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIJINGUE

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE

DEPARTAMENTO DA ATENÇÃO BÁSICA

LOCALIDADES E POPULAÇÃO POR AGENTE COMUNITÁRIO DE SAÚDE

LOCALIDADE: SÍTIO

AGENTES	MICRO-ÁREA		LOCALIDADES	Nº DE FAMÍLIAS	TOTAL
Elivaldo Gonçalves	5	72	Pov. Lagoa da Barra	63	
		73	Faz. Posso da Cruz	8	
Manoel dos Santos Souza	6	74	Pau de Colher	13	
		75	Pedra d' Agua	26	
Maricleide dos Santos		76	Faz. Gameleira	6	
		77	Faz.L.do. Salvador	1	
		78	Faz. L. do Brás	3	
		79	Pov. Alto	49	
Elaete Carneiro	10	80	Pov. Monte Cruzeiro	63	
Silva Dias dos Santos	12	81	Ouricuri	90	
Givaldo Soares de Matos Pereira	15	82	Faz. Boa Vista	21	
		83	Pov. Sítio	70	
		84	Faz.L.do Gonçalves	7	
		85	Faz. L.da Pedra	22	
		86	Faz. Sítio	10	
Joselia Andrade Ferreira	17	87	Faz. Pintada	17	
		88	Faz.Barra	13	
Lea Santos dos Reis Silva		89	Lagoa do Tigre	17	
		90	Pedroza	20	
		91	Faz. Mandacaru	14	
Miguel Silva Santana	6	92	Lagoa do Junco I	97	
		93	Faz. Maria Preta	6	
Manoel Macedo Araujo de Almeida	11	94	Faz. Serrote do Meio	88	
		95	Faz. Moureira	7	
		96	Faz. Sanbanbaia	2	
Renato Cavalcante de Matos	17	97	Faz. Lagoa dos Cágados	76	
Mauro Ferreira da Silva		98	Faz. Mandacarú	26	
Valdemir Mota dos Santos	26	99	Pov. Ouricuri	87	
		100	Faz. Pau de Rato	60	
		101	Faz. Curral Queimados	10	
		102	Faz. Baixas das Cabaças	7	
Rubens Cavalcante	35	103	Faz. Lagoa do Junco	116	
Waldir Antonio de Santana Costa		104	Pov. Lagoa do Mato	72	
Raimunda de Souza Moraes		105	Pov. II	20	
Ana Rita Viana de Andrade	22	106	Faz. Lagoa da Pedra	44	
Valdi Celio Souza Almeida	31	107	Pov. Serrinha	38	
	TOTAL	107		5.423	24.404

Fonte: Prefeitura Municipal de Quijingue (PSF), Secretaria de Saúde

Quadro AN2 – Relação de Povoados e populações da Prefeitura Municipal de Tucano



SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE



Áreas cobertas pelo programa de Agentes Comunitários de Saúde e Estratégia de Saúde da Família

LOCALIDADES	QUANTIDADES DE FAMÍLIAS	POPULAÇÃO
Sede	3061	13774,5
Caldas do Jorro	1298	5841
Gameleira	46	207
Faz. Cacimba	94	423
Marizá	91	409,5
Ovó 2	64	288
Tiririca	124	558
Faz. Boqueirão do Flexa	55	247,5
Raspador	41	184,5
Creguenhem	268	1206
Porteiras	106	477
Faz. Pedras	38	171
Jorinho	274	1233
Faz. Olhos D'água da Serra	42	189
Faz. Caimpé	40	180
Faz. Juá e Cinco Umbuzeiro	97	436,5
Faz. Sacão	35	157,5
Lagoa dos Quatis	149	670,5
Faz. Covoão	82	369
Faz. Salgado	76	342
Faz. Paus Brancos	98	441
Faz. Magote	36	162
Faz. Massapê	70	315
Faz. São Felix	55	247,5
Faz. Bananeiras	50	225
Mandassáia	239	1075,5
Faz. Cauanga	44	198
Faz. Algodões / Bela Vista	50	225
Faz. Iupú	91	409,5
Faz. Varzinha	41	184,5
Quixaba (Sta. Rita)	209	940,5
Faz. Pera Grande do Curtume	104	468
Faz. Alto do Maxixe	104	468
Faz. Riacho do Peixe	63	283,5
Faz. coité	47	211,5
Faz. Quipé	92	414
Bizamun	57	256,5
Faz. Panzú	53	238,5
Faz. Serrote / Carnaíba de Cima	53	238,5
Baixa do Cabrito	58	261
Cajueiro / Mangueira	198	891
Mandacarú	165	742,5
Faz. Serrador	42	189
Faz. Lagoa do Miguel	47	211,5
Quererá	88	396
Assentamento Gravatá	73	328,5
Quixaba do Mandacarú / Faz. Urubú	102	459



SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE



Áreas cobertas pelo programa de Agentes Comunitários de Saúde e Estratégia de Saúde da Família

Faz. Morumbí	101	454,5
Faz. Lagoa de Dentro	93	418,5
Assentamento Murití	80	360
Faz. Riacho do Boi	80	360
Riacho do Cararicé	25	112,5
Faz. Cova da Árvore	80	360
Baixa da Quixaba	60	270
Campinho de Cima (Campinhos)	160	720
Faz. Imbuzeiro (Baixa do Imbuzeiro)	27	121,5
Banana (Bananeiras)	160	720
Roçadinho	35	157,5
Passagem	35	157,5
Brejo do Silva	50	225
Mato Verde	20	90
Cunhaim	18	81
Cachoeira	100	450
Cipó de Leite	10	45
Casa Nova	49	220,5
Madalena	1	4,5
TOTAL	9.637	43.367

ANEXO B

RELAÇÃO DOS POÇOS DOS MUNICÍPIOS DE QUIJINGUE E TUCANO

Tabela B1 - Relação de todos os Poços existentes no município de Quijingue, com marcação dos selecionados, próximos da Região Piloto

VIÁVEIS	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	VAZAO(m³/h)	CLORETO	DUREZA	ROCHA	RESULTADO DA PERFURAÇÃO
	QUIJINGUE	ALGODOES	8,31	186,6	238,36	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	ALGODOES	2,3	1759,35	1710,28		VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	ALTO BONITO	0,39	1584,4	1280		VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	ASSENTAMENTO PARAISO	36	94,4	127	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	BAIXA DA LUVÁ	1,26				VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	BAIXA DO CORREGO	1,2			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	BOA VISTA	2,91	2525,1	2740,33	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	CAZAMBU	21,99	57,91	80,77	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	CRU - PROJETO TUCANO	248,25	3	64	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	CRU - PROJETO TUCANO				SEDIMENTAR	POÇO PIEZOMÉTRICO
	QUIJINGUE	FAZ. JUREMA	3,24	2365,49	2580,3	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	FAZ. LAGOA DO MATO (JOÃO) *	4			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	GARROTE	14,4	4713,2	5150		VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOA CARAÍBA G I				CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOA DA BARRA	0,43	705,95	883,67	CRISTALINO	VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	LAGOA DA EMA	0,18	3542	3245,19	CRISTALINO	VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	LAGOA DAS PEDRAS	34,41	22	88,98	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOA DO JUNCO	11,12	2626,01	3208,61	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOA DO JUNCO	3,6			CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOA DO MATO	3,56	408,63	438		VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOA VERMELHA	0,43	2620,52	3080,3	CRISTALINO	VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	LAGOINHA DAS PEDRAS	3,63	1934,51	1752,45	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	LAGOINHA DOS CAGADOS	6,08	5920,25	6459,37	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	MACETÉ	3	2850	2200	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	MACETÉ	12,16	59,85	122,4	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	MALHADINHA DE CARIACÁ				CRISTALINO	VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	MONTE CRUZEIRO	0,55	1939,74	2330,86	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	OITEIRINHOS	0			CRISTALINO	SECO
	QUIJINGUE	PAU DE COLHER DO MOSQUITO					VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	PEDRENTO (FAZ.)	4,06	7107	6879	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	POÇO DA CRUZ	6,08	1987,01			VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	POCO DA PEDRA	0			CRISTALINO	SECO
	QUIJINGUE	POÇO DOS CAVALOS	1,8	12127	13609	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	QUEIMADAS	3,27	5065,55	5707,24	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	RIO GRANDE	5,4			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SACO DO CEDRO	18,39	84,46	177	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SACO DO CEDRO	0			SEDIMENTAR	SECO
	QUIJINGUE	SACO DOS BRAVOS	2,45			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SALGADINHO	0			CRISTALINO	SECO
	QUIJINGUE	SANTA RITA	39,6	74	146	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SANTA RITA	5,25	4060,03	3977,96	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SEDE	0,79	5460,91	6534,55	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SEDE	2,84	3288,67	3504,91	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SEDE	6,12	7950	8900	CALCÁRIO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SERROTE DO MEIO	11,3	6264,09	6161,68		VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SÍTIO	3,52	5669,77	5175,07	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	SÍTIO	3,63	6612,1	5159,78	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	TABUA	20,3	63,68	96,67	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	TANQUE DO RUMO	16,12	40,99	60,18	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	QUIJINGUE	TANQUE DO RUMO				SEDIMENTAR	VAZÃO INSUFICIENTE
	QUIJINGUE	TERRA BRANCA	158,4	49,44	54	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL

FONTE: CERB

Tabela B2 - Relação de todos os Poços existentes no município de Tucano, com marcação dos selecionados, próximos da Região Piloto

VIÁVEIS	MUNICÍPIO	LOCALIDADE	VAZAO(m³/h)	CLORETO	DUREZA	ROCHA	RESULTADO DA PERFURAÇÃO
	TUCANO	ANGICO DOIS	1,29	397,6	555,08	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	ANGICO UM					ABANDONADO
	TUCANO	ARAPUA	5,68	960	1100	SEDIMENTAR	POSTERIORMENTE
	TUCANO	ARAPUA	5				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	ARAPUA				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	ASSENTAMENTO MURITY	36	235	404	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	ASSENTAMENTO MURITY	10				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	ASSENTAMENTO MURITY	10				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	ASSENTAMENTO SÃO JOSÉ DO MARIMBÁ	31,68	145	126	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	BARRA DO MACETÉ	16,16	37	61,3	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	BARRA DO MACETÉ				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	BOQUEIRAO OU BOQUEIRAO DO SACO	27,28	32,01		SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CABRITO OU BAIXA DO CABRITO	31,68	197,69	41,42	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CABRITO OU BAIXA DO CABRITO	0			SEDIMENTAR	SECO
	TUCANO	CAJUEIRO	31,68			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CAJUEIRO				SEDIMENTAR	SUBSTITUÍDO
	TUCANO	CALDAS DO JORRO	18	40	120	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CALDAS DO JORRO	131,97	27,85	139,27	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CALDAS DO JORRO	99			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CANABRAVA DOIS					VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CANABRAVA UM	25,52	87,87		SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CANABRAVA UM	2				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	CINCO UMBUZEIRO				SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	COITE	8,06	43,77	105,88		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. BIZAMUN	3,78	5461,27	5432,9	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. BIZAMUN	1,22	640,5	63,95		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. CAMPINHOS - AGROVILA	25,54	45	73,5	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. CAMPINHOS - AGROVILA				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	FAZ. CAMPINHOS - PROJETO DE IRRIGAÇÃO		108	71,8	SEDIMENTAR	POÇO PIEZOMÉTRICO
	TUCANO	FAZ. CAMPINHOS - PROJETO DE IRRIGAÇÃO	210	43,9	84,9	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. CAMPINHOS - PROJETO DE IRRIGAÇÃO	210	14	58,7	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. CAMPINHOS - PROJETO DE IRRIGAÇÃO				SEDIMENTAR	POÇO PIEZOMÉTRICO
	TUCANO	FAZ. GRAVATA	49,5	37,03	88,04	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. GRAVATA				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	FAZ. PAI MIGUEL (THIAGO) *	19,8				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. PAI MIGUEL - PROJETO NORTE DE ARACI	263,98	57,9	41,2	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. PAU DE RATOS	23,97	61,86	107,79	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	FAZ. UMBURANAS - PROJETO NORTE DE ARACI	287,02	88,1	73,8	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	GRENGUENHEM	58,6	21,63	93	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	GRENGUENHEM				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	IPUPU	34,41	90,74	111,37	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL

FONTE: CERB

Continuação Tabela B2 - Relação de todos os Poços existentes no município de Tucano, com marcação dos selecionados, próximos da Região Piloto

	TUCANO	JORRINHO					VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	JORRINHO	31,68	20	43,9	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	LAGOA CAVADA	0			SEDIMENTAR	SECO
	TUCANO	LAGOA DE DENTRO	11,3	2876,44	2050,24	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	LAGOA DO ALTO	1,8	510,15	416,7		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	LAGOA DOS QUATIS				CRISTALINO	VAZÃO INSUFICIENTE
	TUCANO	LAGOA DOS QUATIS	0			CRISTALINO	SECO
	TUCANO	MACETE	2,26	636,74	1466,55	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	MANDACARU	18,86	7141,89	8386,72	CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	MANDACARU				CRISTALINO	OBSTRUÍDO
	TUCANO	MANDASSAIA				SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	MARIZA	12,96	515,55	556,22		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	OLHOS D'ÁGUA	43,99	124	192	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	OLHOS D'ÁGUA	12,5	150	675	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	OLHOS D'ÁGUA	27,28	387,51	438,81		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	OLHOS D'ÁGUA					ÁGUA COM PROBLEMA
	TUCANO	OLHOS D'ÁGUA DA SERRA DOIS					VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PARQUE BALNEÁRIO (CALDAS DO JORRO)	113,11	15,92	103,11	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PE DE SERRA	6,6	27,96		SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PE DE SERRA	36			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PEDRA GRANDE UM	43,92	135,28	186,24	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PEDRA GRANDE UM				SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PEDRAS	0			SEDIMENTAR	SECO
	TUCANO	PINHAO	20				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	POCAO	52,8	33	61,5	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	PORTEIRAS	7,45	73,17	78,34		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	POUSADA CALDAS DO JORRO	12,34	744,27	998,42	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	QUEIMADA DA ABOBORA	0			CRISTALINO	SECO
	TUCANO	RASPADOR	4,93	129	83,7		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	REFLORESTAMENTO	3			CRISTALINO	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	RIACHO DOS BOIS	0,9	1600,24	2085,8		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	RIO VERMELHO	1,2				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	RUA NOVA	20,84	46	56,9	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	RUA NOVA				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	RUA NOVA				SEDIMENTAR	SUBSTITUÍDO
	TUCANO	RUA NOVA				SEDIMENTAR	ABANDONADO
	TUCANO	SEDE	4				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	SEDE	21			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	SEDE	39,6			SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	SERROTE	2,26	66,23	95,28		VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	SÍTIO DA CARNAIBA	0,1				VAZÃO INSUFICIENTE
	TUCANO	TABUA	2				VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	TIRIRICA	72	49,74	74,08	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	TUCANO DE FORA OU BURACO DO VENTO	12,16	91,21	106,9	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	UMBURANINHA				SEDIMENTAR	POÇO COM PROBLEMA
	TUCANO	VISTA BELA	21,38	43,77	57,6	SEDIMENTAR	VAZÃO APROVEITÁVEL
	TUCANO	VISTA BELA				SEDIMENTAR	OBSTRUÍDO

FONTE: CERB

ANEXO C

QUADROS DE ALÍQUOTAS DE CONSUMO DE ENERGIA DA COELBA

Quadro C1 – Alíquotas referenciais de tarifas da COELBA

DESCRIÇÃO		TARIFA	ALÍQUOTAS		PREÇO FINAL MAIO/08
			ICMS	PIS/COFINS	
A4 - RESIDENCIAL (até 149,99 kWh)	kWh / kVArh	0,12813	25%	6,99%	0,18839
	kW / kVAr	45,28000	25%	6,99%	66,57844
	kW ULT	135,84000	25%	6,99%	199,73533
A4 - RESIDENCIAL (igual ou superior a 150 kWh)	kWh / kVArh	0,12813	27%	6,99%	0,19410
	kW / kVAr	45,28000	27%	6,99%	68,59566
	kW ULT	135,84000	27%	6,99%	205,78700
A4 - COMERCIAL	kWh / kVArh	0,13436	27%	6,99%	0,20354
	kW / kVAr	47,48000	27%	6,99%	71,92849
	kW ULT	142,44000	27%	6,99%	215,78548
A4 - COMERCIAL (Hotéis, Pousadas e Hospitais)	kWh / kVArh	0,13436	12,96%	6,99%	0,16784
	kW / kVAr	47,48000	12,96%	6,99%	59,31292
	kW ULT	142,44000	12,96%	6,99%	177,93878
A4 - INDUSTRIAL	kWh / kVArh	0,13436	12,96%	6,99%	0,16784
	kW / kVAr	47,48000	12,96%	6,99%	59,31292
	kW ULT	142,44000	12,96%	6,99%	177,93878
A4 - RURAL (0 a 100 kWh) (acima de 100 kWh)	kVArh	0,11531	ISENTO	6,99%	0,12397
	kW	0,12813	ISENTO	6,99%	0,13775
	kVAr	40,75200	ISENTO	6,99%	43,81464
	kW ULT	45,28000	ISENTO	6,99%	48,68293
	kW ULT	135,84000	ISENTO	6,99%	146,04881
	kWh	0,11531	12,96%	6,99%	0,14404
	kVArh	0,12813	12,96%	6,99%	0,16006
	kW	40,75200	12,96%	6,99%	50,90818
	kVAr	45,28000	12,96%	6,99%	56,56464
	kW ULT	135,84000	12,96%	6,99%	169,69394
	kWh	0,11531	ISENTO	6,99%	0,12397
	kVArh	0,12813	ISENTO	6,99%	0,13775
A4 - RURAL COM BENEFÍCIO DA RES. 207/06 RURAL IRRIGAÇÃO	kWh RES	0,01281	ISENTO	6,99%	0,01377
	kVArh RES	0,12813	ISENTO	6,99%	0,13775
	kW	40,75200	ISENTO	6,99%	43,81464
	kVAr	45,28000	ISENTO	6,99%	48,68293
	kW ULT	135,84000	ISENTO	6,99%	146,04881
	kWh	0,11531	ISENTO	6,99%	0,12397
A4 - RURAL COM BENEFÍCIO DA RES. 207/06 RURAL AQUICULTURA (0 a 100 kWh) (acima de 100 kWh)	kVArh	0,12813	ISENTO	6,99%	0,13775
	kWh RES	0,01281	ISENTO	6,99%	0,01377
	kVArh RES	0,12813	ISENTO	6,99%	0,13775
	kW	40,75200	ISENTO	6,99%	43,81464
	kVAr	45,28000	ISENTO	6,99%	48,68293
	kW ULT	135,84000	ISENTO	6,99%	146,04881
	kWh	0,11531	12,96%	6,99%	0,14404
	kVArh	0,12813	12,96%	6,99%	0,16006
	kWh RES	0,01281	12,96%	6,99%	0,01600
	kVArh RES	0,12813	12,96%	6,99%	0,16006
	kW	40,75200	12,96%	6,99%	50,90818
	kVAr	45,28000	12,96%	6,99%	56,56464
	kW ULT	135,84000	12,96%	6,99%	169,69394
A4 - SERV.PUB.AGUA ESGOTO	kWh	0,11420	18,36%	6,99%	0,15298
	kVArh	0,13436	18,36%	6,99%	0,17998
	kW	40,35800	18,36%	6,99%	54,06296
	kVAr	47,48000	18,36%	6,99%	63,60348
	kW ULT	142,44000	18,36%	6,99%	190,81044
A4 - DEMAIS CLASSES (Poder Público Federal e Uso Próprio)	kWh / kVArh	0,13436	18,36%	6,99%	0,17998
	kW / kVAr	47,48000	18,36%	6,99%	63,60348
	kW ULT	142,44000	18,36%	6,99%	190,81044
A4 - DEMAIS CLASSES (Poder Público Estadual e Municipal)	kWh / kVArh	0,13436	ISENTO	6,99%	0,14445
	kW / kVAr	47,48000	ISENTO	6,99%	51,04827
	kW ULT	142,44000	ISENTO	6,99%	153,14482

Fonte: COELBA

Continuação do Quadro C1 - Alíquotas referenciais de tarifas da COELBA

DESCRIÇÃO	TARIFA	ALÍQUOTA		PREÇO FINAL MAIO/08
		ICMS	PIS/COFINS	
B1 - RESIDENCIAL - BAIXA RENDA (até 50,00 kWh)				
0 a 30 kWh	0,10646	ISENTO	6,99%	0,11446
31 a 50 kWh	0,18420	ISENTO	6,99%	0,19804
B1 - RESIDENCIAL - BAIXA RENDA (até 149,99 kWh)				
0 a 30 kWh	0,10646	25%	6,99%	0,15653
31 a 80 kWh	0,18420	25%	6,99%	0,27084
81 a 100 kWh	0,18560	25%	6,99%	0,27290
101 a 140 kWh	0,27838	25%	6,99%	0,40932
141 a 149,99 kWh	0,30931	25%	6,99%	0,45480
B1 - RESIDENCIAL - BAIXA RENDA (igual ou superior a 150 kWh)				
0 a 30 kWh	0,10646	27%	6,99%	0,16127
31 a 80 kWh	0,18420	27%	6,99%	0,27904
81 a 100 kWh	0,18560	27%	6,99%	0,28116
101 a 140 kWh	0,27838	27%	6,99%	0,42172
acima de 141 kWh	0,30931	27%	6,99%	0,46858
B1 - RESIDENCIAL até 149,99 kWh kWh / kVarh	0,31828	25%	6,99%	0,46799
B1 - RESIDENCIAL igual ou superior a 150 kWh kWh / kVarh	0,31828	27%	6,99%	0,49216
B2 - RURAL				
0 a 100 kWh / kVarh	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
acima de 100 kWh / kVarh	0,19914	12,96%	6,99%	0,24876
B2 - RURAL COM BENEFÍCIO DA RES. 207/06 - IRRIGAÇÃO				
kWh	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
kVarh	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
kWh RES	0,05376	ISENTO	6,99%	0,05780
kVarh RES	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
B2 - RURAL COM BENEFÍCIO DA RES. 207/06 - AQUICULTURA				
0 a 100 kWh	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
0 a 100 kVarh	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
acima de 100 kWh	0,19914	12,96%	6,99%	0,24876
acima de 100 kVarh	0,19914	12,96%	6,99%	0,24876
RESERVADO 0 a : kWh	0,05376	ISENTO	6,99%	0,05780
0 a 100 kVarh	0,19914	ISENTO	6,99%	0,21410
acima de 100 kWh	0,05376	12,96%	6,99%	0,06715
acima de 100 kVarh	0,19914	12,96%	6,99%	0,24876
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO kWh / kVarh	0,18316	ISENTO	6,99%	0,19692
B2 - SERV. PUB. IRRIGAÇÃO COM BENEFÍCIO DA RES. 207/06				
RURAL IRRIGAÇÃO kWh	0,18316	ISENTO	6,99%	0,19692
kVarh	0,18316	ISENTO	6,99%	0,19692
kWh RES	0,04945	ISENTO	6,99%	0,05316
kVarh RES	0,18316	ISENTO	6,99%	0,19692
B2 - RURAL AGROPECUÁRIA RESIDENCIAL				
até 149,99 kWh / kVarh	0,19914	25%	6,99%	0,29280
igual ou superior a 150 kWh / kVarh	0,19914	27%	6,99%	0,30168
B3 - COMERCIAL kWh / kVarh	0,33312	27%	6,99%	0,50465
B3 - COMERCIAL (Hotéis, Pousadas e Hospitais) kWh / kVarh	0,33312	12,96%	6,99%	0,41613
B3 - COMERCIAL - Consulado kWh / kVarh	0,33312	ISENTO	6,99%	0,35815
B3 - INDUSTRIAL kWh / kVarh	0,33312	12,96%	6,99%	0,41613
B3 - SERVIÇO PÚBLICO DE ÁGUA E ESGOTO kWh	0,28315	18,36%	6,99%	0,37930
kVarh	0,33312	18,36%	6,99%	0,44624
B3 - PODER PÚBLICO ESTADUAL E MUNICIPAL kWh / kVarh	0,33312	ISENTO	6,99%	0,35815
B3 - DEMAIS CLASSES (PP Federal e Uso Próprio) kWh / kVarh	0,33312	18,36%	6,99%	0,44624
B4a - REDE DE DISTRIBUIÇÃO kWh	0,16367	ISENTO	6,99%	0,17597

Fonte: COELBA

ANEXO D

TABELAS DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS (EMBASA)

Tabela D4 - Custos de manutenção de Estações Elevatórias- Poços artesianos

Posição	Posição Aglutinadora	Valor	Unidade	Média Anual (R\$)
Bomba-02		150	CV	
Bomba-03		150	CV	
				5.047,18
Bomba-02		150	CV	
Bomba-03		150	CV	
				5.047,18
Bomba 01		125	CV	
Bomba 02		125	CV	
				2.391,10
Bomba - 01	Captação - Casa de Bombas	125	CV	
Bomba - 02	Captação - Casa de Bombas	125	CV	
				5.809,04
Bomba 01		20	CV	
Bomba 02		20	CV	
Bomba 01		125	CV	
Bomba 02		125	CV	
				2.391,10
Bomba - 01	Captação - Casa de Bombas	125	CV	
Bomba - 02	Captação - Casa de Bombas	125	CV	
				5.809,04
Bomba 01		20	CV	
Bomba 02		20	CV	
Bomba-01		7,5	CV	
Bomba-02		7,5	CV	
				3.324,37
Bomba-03	Abastece / Malembá	200	CV	
Bomba-04	Abastece / Malembá	200	CV	
				8.467,83
Bomba-01	Sistema Recalque Novo	25	CV	
Bomba-02	Sistema Recalque Novo	25	CV	
				6.084,96
Bomba-01		150	CV	
Bomba-02		150	CV	
				2.734,99
Bomba-01		12,5	CV	
Bomba-02		12,5	CV	
				3.277,06
Bomba-01		3	CV	
Bomba-02		3	CV	
				1.059,69
Bomba-02		50	CV	
Bomba-03		50	CV	
				5.076,09
Bomba-01		200	CV	
Bomba-02		200	CV	
				6.592,07
Bomba 01	Jordão/Praia do Forte	150	CV	
Bomba 02	Jordão/Praia do Forte	150	CV	
				12.634,15
Bomba 01		7,5	CV	
Bomba 02		7,5	CV	
				1.907,25
Bomba-01		250	CV	
Bomba-02		250	CV	
Bomba-03		250	CV	
				37.889,73
Bomba-01		40	CV	
Bomba-02		40	CV	
				879,35
Bomba-01		50	CV	

Fonte: Controle de custos de manutenção de equipamentos – EMBASA (Superintendencia de Operação)

Continuação Tabela D4 - Custos de manutenção de Estações Elevatórias- Poços Artesianos

Posição	Posição Aglutinadora	Valor	Unidade	Média Anual (R\$)
Bomba-02		50	CV	
				4.096,11
Bomba 01 - B.de Pojuca / Praia do Forte		40	CV	
Bomba 02 - B.de Pojuca / Praia do Forte		40	CV	
Bomba 03 - B.de Pojuca / Praia do Forte		40	CV	
				679,48
Bomba 01	Praia do Forte/Mirantes	20	CV	
Bomba 02	Praia do Forte/Mirantes	20	CV	
Bomba 03	Praia do Forte/Mirantes	20	CV	
				1.794,59
Bomba 01		15	CV	
Bomba 02		15	CV	
Bomba 03		15	CV	
				899,58
Bomba 01		4	CV	
Bomba 02		4	CV	
				1.682,04
Bomba 01		15	CV	
Bomba 02		15	CV	
				2.397,63
Bomba - 01 p/ Lavagem dos Filtros		10	CV	
Bomba - 02 p/ Lavagem dos Filtros		10	CV	
				3.650,91
Bomba 01	Transferência de Água Tratada	100	CV	
Bomba 02	Transferência de Água Tratada	100	CV	
				9.347,05
Bomba-01		150	CV	
				3.817,73
Bomba		150	CV	
				14.696,83
Bomba		4	CV	
				285,82
Bomba 01		75	CV	
				355,30
Bomba 01		25	CV	
				7.785,46
Bomba-01		50	CV	
				255,48
Bomba		50	CV	
				1.509,75
Bomba 01		50	CV	
				354,36
Bomba		26	CV	
				490,55
Bomba-01		20	CV	
				509,82
Bomba-01		8	CV	
				1.501,95
Bomba-01		150	CV	
				62.899,03
Bomba 01		75	CV	
				3.365,51
Bomba-01		25	CV	
				22.136,83
Bomba-01		150	CV	
				9.926,49
Bomba		75	CV	
				37.122,69
Bomba - 01		150	CV	

Fonte: Controle de custos de manutenção de equipamentos – EMBASA (Superintendencia de Operação)

Continuação Tabela D4 - Custos de manutenção de Estações Elevatórias- Poços Artesianos

Posição	Posição Aglutinadora	Valor	Unidade	Média Anual (R\$)
Bomba		30	CV	28.736,18
Bomba-01		25	CV	612,21
Bomba		150	CV	9.173,95
Bomba-01		20	CV	18.505,02
Bomba 01		150	CV	179,71
Bomba-01		55	CV	91.289,52
Bomba		150	CV	111,92
Bomba		90	CV	6.367,17
Bomba-01		80	CV	7.012,10
Bomba 01		150	CV	12.927,92
Bomba 01		65	CV	5.746,74
Bomba-01		35	CV	39.071,87
Bomba 01		150	CV	111,92
Bomba 01		30	CV	7.725,13
Bomba		65	CV	3.180,70
Bomba		7,5	CV	3.238,51
Bomba		80	CV	903,94
Bomba		90	CV	2.002,67
Bomba		3	CV	1.517,15
Bomba - P-1		60	CV	993,83
Bomba - P-2		60	CV	
Bomba - P-3		60	CV	
Bomba - 01		175	CV	6.820,10
Bomba - 02		175	CV	
Bomba - 03		175	CV	
Bomba - 04		175	CV	
Bomba-01 Transferência p/ Torre		300	CV	8.666,28
Bomba-02 Transferência p/ Torre		200	CV	
Bomba-04 Transferência p/ Torre		300	CV	
Bomba-01 Transferência p/ Torre		250	CV	6.168,84
Bomba-02 Transferência p/ Torre		350	CV	
Bomba-03 Transferência p/ Torre		250	CV	
Bomba-04 Transferência p/ Torre		250	CV	
Bomba-04 Transferência p/ Torre		60	CV	16.992,88

Fonte: Controle de custos de manutenção de equipamentos – EMBASA (Superintendencia de Operação)

Continuação Tabela D4 - Custos de manutenção de Estações Elevatórias- Poços Artesianos

Posição	Posição Aglutinadora	Valor	Unidade	Média Anual (R\$)
Bomba-05 Transferência p/ Torre		60	CV	
				11.181,64
Bomba 01		60	CV	
Bomba 02		60	CV	
				9.125,67

Fonte: Controle de custos de manutenção de equipamentos – EMBASA (Superintendencia de Operação)