

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO CARDOSO NETO

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO NA ENTREGA DE BENS
PERMANENTES NO PODER JUDICIÁRIO DO PARANÁ

CURITIBA
2013

JOÃO CARDOSO NETO

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO NA ENTREGA DE BENS
PERMANENTES NO PODER JUDICIÁRIO DO PARANÁ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Arinei Carlos Lindbeck da Silva.

CURITIBA
2013

C268p

Cardoso Neto, João

Proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes no poder judiciário do Paraná. [manuscrito] / João Cardoso Neto. – Curitiba, 2013.

152f. : il. [algumas color.] ; 30 cm.

Impresso.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção, 2013.

Orientador : Arinei Carlos Lindbeck da Silva .

1. Engenharia da Produção. 2. Administração Pública. I. Universidade Federal do Paraná. II. Silva, Arinei Carlos Lindbeck da. III. Título.

CDD: 658.56

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO CARDOSO NETO

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO NA ENTREGA DE BENS PERMANENTES NO PODER JUDICIÁRIO DO PARANÁ

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Arinei Carlos Lindbeck da Silva
Departamento de Engenharia de Produção, UFPR

Prof. Dr. Cassius Tadeu Scarpin
Departamento de Engenharia de Produção, UFPR

Prof^a. Dr^a. Angela Olandoski Barboza
Departamento de Matemática, UTFPR

Prof^a. Dr^a. Tânia Cordeiro Lindbeck da Silva
Departamento de Matemática, IFPR

Curitiba, 27 de Março de 2013.

À Sandra, minha noiva.
À minha mãe Delma e ao meu avô João.
Ao meu irmão Saulo.
Por todo o apoio e compreensão, por
tornar possível e serem peças-chave
nesta conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e sabedoria para que pudesse superar os muitos momentos de cansaço.

A minha mãe, Delma, pela educação dada, assim como pelo incentivo para que continuasse atrás dos meus objetivos.

A minha noiva, Sandra, pelo apoio, auxílio, companheirismo e compreensão pelos momentos em que me fiz ausente por força dos meus estudos.

Ao meu irmão, Saulo, pelo companheirismo e confiança.

Ao meu orientador, professor Arinei, pelo apoio, confiança, ensinamentos, incentivo e, principalmente, pela amizade durante todo o tempo em que trabalhamos juntos.

Aos professores Anselmo, Alexandre, Deise, Helena, Izabel, Maria do Carmo, Maria Terezinha e Ricardo pelo dom de ensinar, pela dedicação aos alunos do curso e, sobretudo, pelos conhecimentos que pude adquirir em suas aulas.

Ao professor Cassius, pelo apoio e auxílio durante a elaboração desta Dissertação.

Aos amigos Giovani e Samuel pelo apoio e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas Cleibson e Nivaldo que me proporcionaram bons momentos ao longo deste curso.

A todos os colegas de curso, pelo incentivo e compartilhamento de conhecimento, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que de qualquer maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Os que se encantam com a prática sem a ciência são como timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

Leonardo da Vinci

RESUMO

Os bens permanentes adquiridos pelo Poder Judiciário estadual ficam centralizados em Curitiba, este Poder possui o total de 160 (cento e sessenta) Comarcas espalhadas espacialmente por todo o território paranaense. Para tanto, considerando que os serviços prestados pela administração pública devem ser norteados pelo princípio da eficiência, no qual está inserido o uso racional do serviço público e do dinheiro público, a entrega destes bens permanentes às Comarcas do estado deve ser feita de forma otimizada. Para tanto, esta Dissertação de Mestrado apresenta uma proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes no Poder Judiciário do Paraná. A fim de atingir o objetivo a que se propõe, mensalmente são determinadas medianas, considerando as Comarcas que necessitam de entrega de bens permanentes, para a determinação destas medianas é utilizado o algoritmo de Teitz e Bart. Com a definição de quais são as medianas, estas servem de semente para o agrupamento das Comarcas demandantes, o que é feito com a aplicação do algoritmo de Gillet e Johnson modificado. Com as Comarcas já agrupadas, é traçado o roteiro ótimo para a entrega dos bens permanentes, utilizando o método exato, que consiste na aplicação da formulação matemática do problema do caixeiro viajante, bem como o método heurístico, especificamente o algoritmo de inserção mais econômica, seguido do algoritmo de melhoria de rota *2-opt* e *3-opt*. Os resultados obtidos, quando confrontados com a situação atual do serviço de entrega de bens permanentes, se mostraram satisfatórios, viabilizando, portanto, a aplicação da proposta desenvolvida neste estudo.

Palavras-chave: Administração Pública. Problema das *P*-Medianas. Problema de Designação. Problema de Roteirização de Veículos.

ABSTRACT

The permanent goods purchased by the Paraná Judiciary Ruling are centered in Curitiba, this institution has a total of 160 (one hundred and sixty) Counties spatially spreaded throughout the territory of Paraná. Therefore, considering that the provided services by government may be guided by the efficiency principle, which strives the rational usage of public service and money, the delivery of these goods to the Counties must be done in an optimally way. Thus, this Master Thesis proposes an optimization and a systematic delivery of permanent goods for Paraná Judiciary Ruling. In order to achieve the prime aim purposed, the p -medians are monthly determined considering the Counties which have previously requested any permanent goods, the Teitz and Bart algorithm is applied to determine these p -medians. The p -medians defined will be the seeds for the grouping of Counties' request, which is done by implementing the Gillet and Johnson modified algorithm. With the Counties already grouped, the vehicle routing is draw for the permanent goods delivery, for such routing is used the exact method, which involves the application of a mathematical formulation of the Traveling Salesman Problem, also is used the heuristic method, specifically the most economic insertion algorithm, followed by route's improvement over 2-opt and 3-opt algorithm. The results, comparing to the current situation of the permanent goods delivery service, proved satisfactory, enabling thence the implementation of the proposal developed in this study.

Keywords: Government. P -Medians Problem. Assignment Problem. Vehicle Routing Problem.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – TAXONOMIA PARA O PROBLEMA DE FLUXO EM REDES	28
FIGURA 2 – PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES.....	29
FIGURA 3 – ALGORITMO DE TEITZ E BART.....	33
FIGURA 4 – ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON	36
FIGURA 5 – ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO	37
FIGURA 6 – EXEMPLO DO PROBLEMA DE TRANSPORTE	38
FIGURA 7 – EXEMPLO DA FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA DE TRANSPORTE.....	39
FIGURA 8 – EXEMPLO DO PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS.....	40
FIGURA 9 – ESTRATÉGIAS DE RESOLUÇÃO DO PRV	44
FIGURA 10 – MELHORIA DE ROTA <i>2-opt</i>	50
FIGURA 11 – MELHORIA DE ROTA <i>3-opt</i>	51
FIGURA 12 – EXPRESSÃO DO MODELO	55
FIGURA 13 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS NA SITUAÇÃO ATUAL	63
FIGURA 14 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM JANEIRO	68
FIGURA 15 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM FEVEREIRO.....	71
FIGURA 16 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM MARÇO	73
FIGURA 17 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM ABRIL	75
FIGURA 18 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM MAIO	77
FIGURA 19 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM JUNHO	80
FIGURA 20 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM JULHO.....	82
FIGURA 21 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM AGOSTO	84
FIGURA 22 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM SETEMBRO	86
FIGURA 23 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM OUTUBRO.....	89
FIGURA 24 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM NOVEMBRO.....	91
FIGURA 25 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM DEZEMBRO	93

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – GRUPOS DE ATENDIMENTO	62
QUADRO 2 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JANEIRO DE 2011	69
QUADRO 3 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011	71
QUADRO 4 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE MARÇO DE 2011.....	74
QUADRO 5 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE ABRIL DE 2011.....	76
QUADRO 6 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE MAIO DE 2011.....	78
QUADRO 7 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JUNHO DE 2011.....	80
QUADRO 8 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JULHO DE 2011	83
QUADRO 9 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE AGOSTO DE 2011.....	85
QUADRO 10 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011	87
QUADRO 11 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011	89
QUADRO 12 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011	92
QUADRO 13 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2011.....	94
QUADRO 14 – COMARCAS DEMANDANTES POR MÊS DE 2011	126

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESBOÇO DA MATRIZ DE DISTÂNCIAS.....	57
TABELA 2 – QUANTITATIVO DE COMARCAS DEMANDANTES	57
TABELA 3 – DISTÂNCIAS PARA ATENDIMENTO DOS GRUPOS DE ATENDIMENTO	64
TABELA 4 – RESULTADOS DO MÊS DE JANEIRO DE 2011	65
TABELA 5 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011	70
TABELA 6 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE MARÇO DE 2011	72
TABELA 7 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE ABRIL DE 2011	74
TABELA 8 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE MAIO DE 2011	77
TABELA 9 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE JUNHO DE 2011	79
TABELA 10 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE JULHO DE 2011	81
TABELA 11 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE AGOSTO DE 2011	83
TABELA 12 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011.....	86
TABELA 13 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011.....	88
TABELA 14 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011.....	90
TABELA 15 – RESULTADOS DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2011	93
TABELA 16 – COMPARATIVO DA DISTÂNCIA TOTAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO	95
TABELA 17 – COMPARATIVO DO TEMPO COMPUTACIONAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO	97
TABELA 18 – COMPARATIVO DA DISTÂNCIA PARA ATENDIMENTO NA SITUAÇÃO ATUAL E NA PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO	100
TABELA 19 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE TEITZ E BART	111
TABELA 20 – MATRIZ DE DEMANDAS, DISTÂNCIAS E OFERTAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO	115
TABELA 21 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO	115
TABELA 22 – MATRIZ DE DIFERENÇAS – 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	116
TABELA 23 – 1ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	116
TABELA 24 – 2ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	116
TABELA 25 – 3ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	117
TABELA 26 – 4ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	117
TABELA 27 – 5ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	118
TABELA 28 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – 2ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	118
TABELA 29 – MATRIZ DE DIFERENÇAS – 2ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	118
TABELA 30 – 1ª DESIGNAÇÃO DA 2ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	119

TABELA 31 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	119
TABELA 32 – MATRIZ DE DIFERENÇAS – 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	120
TABELA 33 – 1ª DESIGNAÇÃO DA 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	120
TABELA 34 – 2ª DESIGNAÇÃO DA 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	120
TABELA 35 – 3ª DESIGNAÇÃO DA 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO.....	121
TABELA 36 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DA INSERÇÃO MAIS ECONÔMICA.....	122
TABELA 37 – RESULTADOS DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011.....	130
TABELA 38 – RESULTADOS DO MÊS DE MARÇO DE 2011.....	132
TABELA 39 – RESULTADOS DO MÊS DE ABRIL DE 2011.....	134
TABELA 40 – RESULTADOS DO MÊS DE MAIO DE 2011.....	136
TABELA 41 – RESULTADOS DO MÊS DE JUNHO DE 2011.....	138
TABELA 42 – RESULTADOS DO MÊS DE JULHO DE 2011.....	140
TABELA 43 – RESULTADOS DO MÊS DE AGOSTO DE 2011.....	142
TABELA 44 – RESULTADOS DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011.....	144
TABELA 45 – RESULTADOS DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011.....	146
TABELA 46 – RESULTADOS DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011.....	148
TABELA 47 – RESULTADOS DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2011.....	150

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Objetivo Geral.....	20
1.2.2 Objetivos Específicos.....	20
1.3 JUSTIFICATIVA.....	21
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	23
2. REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 PESQUISA OPERACIONAL.....	24
2.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	25
2.3 OTIMIZAÇÃO EM REDES.....	27
2.3.1 Taxonomia para Problemas de Fluxo em Redes.....	27
2.4 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO.....	28
2.4.1 Problema de <i>P</i> -Medianas.....	29
2.4.1.1 Aplicações do Problema de <i>P</i> -Medianas.....	30
2.4.1.2 Algoritmo de Teitz e Bart para <i>P</i> -Medianas.....	32
2.5 PROBLEMAS DE DESIGNAÇÃO.....	33
2.5.1 Aplicações do Problema de Designação.....	34
2.5.2 Algoritmo de Gillet e Johnson.....	35
2.5.3 Algoritmo de Gillet e Johnson Modificado.....	36
2.6 PROBLEMA DE TRANSPORTE.....	38
2.6.1 Formulação Matemática do Problema de Transporte.....	39
2.7 PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS (PRV).....	40
2.7.1 Taxonomias do Problema de Roteirização de Veículos.....	41
2.7.2 Tipos de Problemas de Roteirização de Veículos.....	42
2.7.3 Estratégias para Formulação do Problema de Roteirização de Veículos.....	43
2.7.4 Estratégias para Resolução do Problema de Roteirização de Veículos.....	44
2.7.5 Aplicações do Problema de Roteamento de Veículos.....	44
2.8 PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE.....	46
2.8.1 Formulação Matemática para o Problema do Caixeiro Viajante.....	47
2.9 ALGORITMO DE INSERÇÃO MAIS ECONÔMICA.....	48
2.9.1 Aplicações do Algoritmo de Inserção Mais Econômica.....	48
2.9.2 Algoritmos de Melhoria de Rotas <i>2-opt</i> e <i>3-opt</i>	50
3. METODOLOGIA	52
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	52
3.2 MÉTODO DA PESQUISA.....	53
3.2.1 Método Observacional.....	53
3.2.2 Técnicas Metodológicas.....	54
3.2.2.1 Pesquisa Bibliográfica.....	54
3.2.2.2 Modelagem.....	55
3.3 COLETA DE DADOS.....	55
3.3.1 População.....	56
3.3.2 Fonte dos Dados.....	56
3.3.3 Base de Dados.....	56
3.4 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE.....	58
3.4.1 Sistematização.....	58

3.4.2 Análise dos Resultados	59
3.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	59
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4.1 SITUAÇÃO ATUAL	62
4.2 SITUAÇÃO PROPOSTA – JANEIRO	64
4.3 SITUAÇÃO PROPOSTA – FEVEREIRO	70
4.4 SITUAÇÃO PROPOSTA – MARÇO	72
4.5 SITUAÇÃO PROPOSTA – ABRIL	74
4.6 SITUAÇÃO PROPOSTA – MAIO.....	76
4.7 SITUAÇÃO PROPOSTA – JUNHO	79
4.8 SITUAÇÃO PROPOSTA – JULHO	81
4.9 SITUAÇÃO PROPOSTA – AGOSTO	83
4.10 SITUAÇÃO PROPOSTA – SETEMBRO.....	86
4.11 SITUAÇÃO PROPOSTA – OUTUBRO.....	88
4.12 SITUAÇÃO PROPOSTA – NOVEMBRO.....	90
4.13 SITUAÇÃO PROPOSTA – DEZEMBRO	92
4.14 COMPARATIVO ENTRE MÉTODO EXATO E O MÉTODO HEURÍSTICO NA ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS	94
4.15 COMPARATIVO DA SITUAÇÃO ATUAL E A PROPOSTA	99
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
5.1 CONCLUSÕES.....	101
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 104	
REFERÊNCIAS.....	105
APÊNDICES	111

1. INTRODUÇÃO

A história do Tribunal de Justiça do Paraná remonta ainda à época em que o Brasil era colônia de Portugal. No dia 22 de junho de 1700, Dom Pedro criou a Ouvidoria Geral para as Capitanias do Sul, localizada no município de Paranaguá. Com a Independência do Brasil, no ano de 1822, criou-se uma nova organização judiciária no Estado, sendo tal Ouvidoria transferida para Curitiba.

Após a proclamação da República Federativa do Brasil, especificamente em 24 de fevereiro de 1891, foi promulgada a Constituição Federal e, nela, as então Províncias passaram a ser denominadas de Estados, sendo conferida a tais Estados a competência de legislar sobre o direito processual e organizar suas novas estruturas judiciárias. No Paraná, o Tribunal de Justiça Estadual foi criado pela Lei nº 3, de 12 de junho de 1891 e recebeu nesta época a denominação de Tribunal de Appellação.

A denominação de Tribunal de Justiça do Estado do Paraná adveio com o Artigo 47 da Constituição Estadual, promulgada em 30 de março de 1927. Tal denominação é a que vigora desde então.

Já a Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988, cita em seu Artigo 2º, que este País é formado pela união indissolúvel dos Estados, Municípios e do Distrito Federal. Segundo o Artigo 4º da aludida Carta Magna, são considerados como Poderes da União, independentes e harmônicos entre si, o Legislativo, o Executivo e o Judiciário.

Especificamente sobre a organização do Poder Judiciário, cabe destacar o exposto no Artigo 92 da Constituição Federal, conforme segue:

São órgãos do Poder Judiciário:
I – O Supremo Tribunal Federal;
I – a – O Conselho Nacional de Justiça;
II – O Superior Tribunal de Justiça;
III – Os Tribunais Regionais Federais e Juízes Federais;
IV – Os Tribunais e Juízes do Trabalho;
V – Os Tribunais e Juízes Eleitorais;
VI – Os Tribunais e Juízes Militares;
VII – Os Tribunais e Juízes dos Estados e do Distrito Federal e Territórios (BRASIL, 1988).

Percebe-se, portanto, que o Estado do Paraná, conta, atualmente, em seu âmbito territorial, com o Tribunal de Justiça do Estado do Paraná.

Este Tribunal de Justiça Estadual, com circunscrição e competência judiciária em todo o território paranaense, tem como missão principal garantir à sociedade a prestação jurisdicional acessível, efetiva e célere, de forma transparente e ética, buscando a solução de conflitos e promoção da pacificação social (PARANÁ, 2012).

Tal instituição possui ainda como visão de futuro, ser referência de qualidade na prestação de serviços públicos judiciários, reconhecida pela sociedade e pelos seus colaboradores como instituição da qual, todos, tenham orgulho (PARANÁ, 2012). Já os valores institucionais, segundo Paraná (2012), que norteiam todas as atividades e relações existentes na organização, são os seguintes:

- a) justiça: Procurar dar o fator de efetividade ao serviço jurisdicional, além da celeridade e eficiência, almejando o alcance da paz social;
- b) acessibilidade: Ter procedimentos de fácil alcance na obtenção dos serviços públicos judiciários, auxiliado por uma comunicação institucional facilitadora da compreensão dos atos do Poder Judiciário paranaense;
- c) ética: Valores praticados pelos servidores, claramente perceptíveis nas ações da instituição, que são dirigidos ao bem de todos;
- d) transparência: Ter a precaução de desenvolver serviços, cuja prestação não demonstre dúvidas sob nenhum aspecto;
- e) inovação: Busca de novos e melhores modos na prática de serviços públicos, com o objetivo de realizar melhor com menor custo;
- f) responsabilidade social e ambiental: Promover ações sociais e ambientais, além daquelas decorrentes da função constitucional da distribuição de justiça, que contribuam para um efetivo equilíbrio socioambiental;
- g) celeridade: Adotar procedimentos ágeis, para a obtenção de serviços eficientes e eficazes, no menor tempo possível.

Atualmente, o Tribunal de Justiça do Estado do Paraná está organizado e estruturado de tal forma, que pode ser subdividido em 2 grandes estruturas. A primeira delas é chamada de Secretaria do Tribunal de Justiça, enquanto que a segunda é denominada Foro Judicial.

A Secretaria do Tribunal de Justiça, conforme o Decreto Judiciário nº 391, de 19 de maio de 1995, é composta por diversos Departamentos, Núcleos e Centros que são responsáveis pelos serviços administrativos internos do Judiciário paranaense. Suas atividades podem ser definidas como de suporte para o funcionamento adequado do Poder Judiciário estadual, não sendo tal Secretaria

responsável pela direta prestação jurisdicional aos cidadãos paranaenses. Dentre os diversos Departamentos que compõem a estrutura de tal Secretaria, destacam-se: O Departamento Administrativo, responsável pela gestão de pessoas; o Departamento Econômico e Financeiro, que gere e executa todo o orçamento destinado ao Judiciário estadual; o Departamento de Administração e Serviços Gerais, que zela pelas condições e o adequado funcionamento de toda a estrutura física da instituição; o Departamento de Engenharia e Arquitetura, responsável pela construção, reforma e vistorias dos edifícios utilizados pelo Poder Judiciário; e o Departamento do Patrimônio, cuja missão é a de fornecer os bens materiais necessários para que todo o Poder Judiciário estadual possa desempenhar a sua missão institucional. Há de se destacar que a estrutura da Secretaria do Tribunal de Justiça esta localizada no município de Curitiba, capital do Estado do Paraná.

Já o Foro Judicial, conforme consta na Lei Estadual nº 14.277, de 30 de dezembro de 2003, é a estrutura que detém a responsabilidade direta pela prestação do serviço jurisdicional. Atualmente, é composto por 160 Comarcas, as quais estão espalhadas por todo o território paranaense.

Estas 160 Comarcas, de acordo com sua abrangência, atendimento populacional e demanda processual, são classificadas em 3 (três) tipos de Entrância. Portanto, uma determinada Comarca pode ser classificada como de Entrância Inicial, Intermediária e Final. Assim sendo, a quantidade de Comarcas é inferior ao número de Municípios do Estado, ou seja, uma Comarca pode atender mais do que 1 (um) Município Paranaense, como é o caso, por exemplo, da Comarca de Cascavel, a qual, além do atendimento dos cidadãos cascavelenses, é responsável por atender a população dos Municípios de Santa Tereza do Oeste e Lindoeste (PARANÁ, 2012).

Percebe-se, portanto, que o Poder Judiciário estadual conta com uma grande estrutura física a nível estadual, para que consiga fazer frente às demandas populacionais referentes aos serviços jurisdicionais. Além disso, segundo informações do Portal da Transparência de tal Instituição, no mês de dezembro de 2012, o Judiciário estadual contava em sua estrutura de pessoal com 9.309 (nove mil, trezentos e nove) servidores, além de 1.519 (um mil, quinhentos e dezenove) colaboradores contratados junto a empresas terceirizadas (PARANÁ, 2012).

Para que a estrutura física acima descrita, em especial do Foro Judicial, assim como a estrutura de pessoal, consiga funcionar de maneira a atender a

missão institucional do Poder Judiciário, a administração pública deve fornecer, sempre que demandada, de maneira rápida e adequada, os bens materiais necessários para a prestação jurisdicional.

Estes bens materiais são fornecidos, conforme o Decreto Judiciário nº 567, de 26 de julho de 2010, pelo Departamento do Patrimônio, especificamente pela Divisão de Controle Patrimonial pertencente a tal Departamento, a qual se localiza na Rua Flávio Dalegrave, nº 6.161, Bairro Ahú, Município de Curitiba, Estado do Paraná.

O Departamento do Patrimônio, através da Divisão de Controle Patrimonial, é responsável por receber todas as demandas de bens oriundas das diversas Unidades Judiciais do estado e fornecer os mesmos para que estas Unidades tenham condições de atender a população paranaense.

Assim sendo, existe a necessidade de que o Poder Judiciário tenha condições de fornecer e, conseqüentemente, transportar todos os bens materiais que são solicitados pelas Unidades que compõem o Judiciário Estadual. Cabe salientar que além de fornecer estes bens materiais, é necessário que o Poder Judiciário disponha de veículos adequados para o transporte destes bens, assim como é necessária a designação precisa do trajeto e roteiro que cada um destes veículos fará, com o intuito de atender as diferentes Comarcas que estão espalhadas, geograficamente, por todo o Estado do Paraná.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A oferta e o conseqüente fornecimento de bens permanentes¹ pelo Departamento do Patrimônio do Judiciário Paranaense constituem-se em uma importante ferramenta de suporte para que as Comarcas possam garantir a prestação jurisdicional à população de todo o Estado do Paraná.

Sendo assim, percebe-se que, devido à grande dispersão das Comarcas, somado ao fato de que os bens permanentes que estão à disposição do Poder

¹ Bens permanentes consistem nos bens patrimoniais móveis de uma organização que, embora ainda tenham uma depreciação rápida, têm uma durabilidade e vida útil superior a 2 anos. Exemplos: móveis de escritório, livros, computadores, etc (PARANÁ, 2012).

Judiciário paranaense ficam localizados na Capital do Estado, a forma como ocorre a entrega e a distribuição destes bens por todas as Unidades Judiciais deve ser uma preocupação constante para os administradores públicos vinculados ao Judiciário Estadual.

Há de se destacar o exposto no Decreto Judiciário nº 391, de 19 de maio de 1995, chamado de Regulamento da Secretaria do Tribunal de Justiça do Paraná, em especial o Artigo 2º:

A Secretaria é constituída de:

- I – Gabinete do Secretário;
- II – Gabinete do Subsecretário;
- III – Departamento Judiciário;
- IV – Departamento Administrativo;
- V – Departamento Econômico e Financeiro;
- VI – Departamento do Patrimônio;
- VII – Departamento de Administração e Serviços Gerais
- VIII – Departamento de Engenharia e Arquitetura (PARANÁ, 1995).

Quanto às atribuições impostas ao Departamento do Patrimônio, tal Decreto, em seu Artigo 66, dispõe, entre outros que:

À Diretoria do Departamento do Patrimônio, além das atribuições gerais compete:

...

III – Autorizar a distribuição de bens de consumo e permanentes, representados por materiais de expediente, de limpeza, de conservação, móveis, equipamentos e eletrodomésticos (PARANÁ, 1995).

Em âmbito interno do Departamento do Patrimônio, algumas das responsabilidades atinentes à Divisão de Controle Patrimonial são descritas no Artigo 71 do já citado Regulamento da Secretaria, em consonância com as alterações impostas a tal Regulamento, de acordo com o Decreto Judiciário nº 567, de 26 de julho de 2012, conforme segue:

À Divisão de Controle Patrimonial compete:

...

a) Através da Seção de Tombamento e seus serviços:

...

VI – Efetuar viagens ao interior do Estado para vistoria, recebimento e identificação patrimonial de bens adquiridos pelo Poder Judiciário.

...

d) Através da Seção de Controle Físico de Bens em estoque e seus serviços:

I – Entregar os bens permanentes aos setores requisitantes, após a devida autorização, conferindo-os no embarque.

...

VIII – Programar rotas para entregas e recolhimento de bens na região metropolitana de Curitiba e no interior do Estado.

...
e) Através da Seção de Solicitação de bens:

...
VII – Gerenciar a entrega de bens a todas as Unidades Administrativas e Judiciárias do Estado (PARANÁ, 2012).

Importante enaltecer que, em geral, o recolhimento de bens permanentes não é efetuado, pois estes ao passar do tempo são doados a outras instituições públicas carentes de tais bens, ou então em caso de inservibilidade, o detentor do bem lavra o termo de inservibilidade.

Além da previsão legal exposta na Regulamentação Interna do Poder Judiciário estadual, a Constituição da República Federativa do Brasil, através do Artigo 37, determina que:

A administração pública direta e indireta de qualquer dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios obedecerá aos princípios de legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência (BRASIL, 1988).

Ou seja, além de fornecer os bens permanentes as Unidades Judiciais do Estado do Paraná, a administração pública, neste caso, representada pela Divisão de Controle Patrimonial do Departamento do Patrimônio deve, entre outros princípios, seguir o princípio da eficiência.

Por eficiência entende-se, entre outros, o uso racional do serviço público. No caso em tela, este princípio pode ser representado pela necessidade da administração pública otimizar a entrega dos bens permanentes às Comarcas que compõem o Judiciário Estadual.

Portanto, é necessário que a administração, ao receber os pedidos de bens oriundos das Unidades requisitantes, consiga determinar a quantidade de veículos necessários para fazer a entrega dos bens solicitados, assim como quais Comarcas serão atendidas por cada um destes veículos, bem como a forma como estes veículos serão carregados com os bens que serão transportados e a rota a ser efetuada pelos referidos veículos.

Deste modo, este trabalho tem como questão principal apresentar uma proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes no Poder Judiciário do Paraná.

1.2 OBJETIVOS

A realização deste trabalho tem o propósito de atender alguns objetivos previamente definidos. Estes objetivos são divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar uma proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes às Comarcas que compõem a estrutura organizacional do Poder Judiciário do Estado do Paraná.

1.2.2 Objetivos Específicos

Este estudo, de forma a atender o seu objetivo geral, também pretende atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) determinar as p -medianas, de acordo com a quantidade de veículos disponíveis para entrega de bens permanentes e as Comarcas demandantes destes bens;
- b) agrupar as Comarcas demandantes, tendo por base as p -medianas obtidas;
- c) roteirizar a entrega dos bens permanentes às Comarcas que compõem o Foro Judicial do judiciário estadual.

1.3 JUSTIFICATIVA

Como se pode observar na Seção 1.1 deste trabalho, a oferta e o conseqüentemente fornecimento de bens permanentes para as Unidades Judiciais que compõem o Judiciário Estadual é uma obrigação legal imposta ao Departamento do Patrimônio, em especial a Divisão de Controle Patrimonial (PARANÁ, 2012).

Vale destacar que dentre os diversos valores cultuados pelo Judiciário estadual, estão a Responsabilidade Social e Ambiental e a Celeridade (PARANÁ, 2012). O primeiro compreende ações que contribuam para um efetivo equilíbrio social, enquanto a celeridade tem relação com a adoção de procedimentos com o fulcro de proporcionar serviços eficientes e eficazes, no menor tempo possível.

Cabe enaltecer ainda que a Constituição Federal da República determina, através do Artigo 37, que a administração pública siga o princípio da eficiência em suas ações.

De acordo com o exposto até o momento nesta Seção, percebe-se a importância desta Dissertação de Mestrado para a Administração Pública, em especial ao Tribunal de Justiça do Estado do Paraná, pois o objetivo deste trabalho coaduna com os valores cultuados por tal Instituição, além de se alinhar à determinação constitucional de eficiência, bem como está relacionado diretamente às competências funcionais do Departamento do Patrimônio, em especial da Divisão de Controle Patrimonial, de tal órgão público.

Importante salientar, que ao se otimizar a entrega de bens permanentes às Unidades Judiciais, existe uma tendência a se utilizar de maneira mais racional tanto os recursos humanos de tal Instituição, como os recursos materiais, neste caso, em especial, os veículos que são utilizados para realizar tais entregas.

Desta forma, percebe-se que com este estudo a sociedade, de forma geral, também será beneficiada, pois é sabido que os recursos financeiros utilizados pela administração pública são oriundos dos próprios cidadãos, por meio do pagamento de impostos e diversos tipos de taxas. Assim, com o atingimento dos objetivos a que este estudo se propõe percebe-se uma maior racionalidade no uso do dinheiro público.

Outro ganho indireto da otimização deste serviço, executado no âmbito do Judiciário estadual, é a redução do impacto ambiental pela utilização de veículos automotores, pois, ao se otimizar as rotas a serem percorridas pelos veículos de entrega de bens, reduz-se a emissão de gases poluentes.

É importante também destacar a competência da Engenharia de Produção na visão da Associação Brasileira de Engenharia de Produção:

Compete à Engenharia de Produção o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção de sistemas produtivos integrados de bens e serviços, envolvendo homens, materiais, tecnologia, informação e energia. Compete ainda especificar, prever e avaliar os resultados obtidos destes sistemas para a sociedade e o meio ambiente, recorrendo a conhecimentos especializados da Matemática, Física, Ciências Humanas e Sociais, conjuntamente com os princípios e métodos de análise e projeto da engenharia (ABEPRO, 2012).

Segundo Cunha (2002), um dos focos das atenções da Engenharia de Produção é a gestão dos sistemas de produção, os quais são definidos como todo o conjunto de recursos organizados a fim de se obter produtos ou serviços de modo sistemático. A gestão dos sistemas de produção é realizada via utilização de métodos e técnicas que visam otimizar o emprego dos recursos existentes no próprio sistema de produção.

Especificamente, o Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná conta com 2 (duas) grandes áreas de concentração: Tecnologia e Inovação, e Pesquisa Operacional. Sobre a segunda, cabe destacar sua descrição segundo o referido Programa:

A Pesquisa Operacional é uma grande área de estudos que objetiva a resolução de problemas práticos reais que envolvem, em geral, situações de tomada de decisão. Devido ao caráter multidisciplinar, a Pesquisa Operacional pode fornecer contribuições em, praticamente, todos os domínios da atividade humana, mas com ligações particularmente fortes com a Engenharia de Produção, pois lida com a concepção, projeto e implantação de sistemas produtivos de bens e serviços, caracterizados pela integração entre homens, materiais, equipamentos e o meio ambiente. Como área de conhecimento, a Pesquisa Operacional, fundamenta-se nas Ciências Matemáticas, Físicas, Estatísticas e Sociais, assim como em métodos da Engenharia e da Computação (UFPR. 2012).

A área de concentração da Pesquisa Operacional se divide em 2 (duas) linhas de pesquisa: Métodos da Pesquisa Operacional e Métodos Estatísticos Aplicados à Engenharia. Sobre a linha de pesquisa Métodos da Pesquisa Operacional, tal Programa de Pós Graduação afirma que:

Nesta linha de pesquisa objetiva-se abordar diversos problemas de otimização, através de técnicas de otimização clássicas, heurísticas, metaheurísticas e outras, na resolução de problemas reais diversos, oferecendo ao interessado uma visão abrangente das diversas metodologias existentes na área de Pesquisa Operacional. É dada atenção especial à prática da modelagem de problemas (UFPR, 2012).

Desta feita, resta evidenciado que este estudo encontra-se plenamente alinhado com a missão da Engenharia de Produção, em especial, no tocante ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná, área de concentração Pesquisa Operacional, linha de pesquisa Métodos da Pesquisa Operacional.

Além do exposto até o momento, este Mestrando possui grande interesse em aprofundar seus conhecimentos na área da Pesquisa Operacional, em especial em problemas de localização de facilidades, designação e roteirização de veículos, bem como na aplicação e uso dos métodos heurísticos.

O fato de este estudo estar voltado à melhoria dos serviços prestados pela administração pública, vai de encontro ao interesse deste Mestrando no estudo, pois o mesmo é servidor público estadual.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado e estruturado de tal forma que no segundo capítulo é apresentado um breve referencial teórico sobre Pesquisa Operacional, abordando ainda os problemas de localização, designação e roteirização de veículos que são os abrangidos por este estudo. No terceiro capítulo é descrita a metodologia adotada neste trabalho, além da fonte dos dados e como estes foram coletados, bem como as delimitações adotadas neste estudo. Já no quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos e uma discussão acerca destes resultados. O capítulo quinto apresenta as conclusões obtidas e algumas considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste Capítulo, será realizado um breve referencial teórico sobre o problema de pesquisa. A fim de possibilitar uma melhor compreensão do tema e do problema de pesquisa, serão abordados inicialmente conceitos fundamentais que envolvem o estudo desta Dissertação, ou seja, num momento inicial será abordado o conceito de Pesquisa Operacional e de Programação Linear. Em seguida, será feito um breve referencial sobre otimização em redes, quando serão detalhados os problemas de localização, problemas de designação e problemas de transporte.

2.1 PESQUISA OPERACIONAL

O termo Pesquisa Operacional começou com aplicações restritas às áreas militares, na Grã-Bretanha, por volta de 1938, com a finalidade de designar o estudo sistemático de problemas estratégicos e táticos decorrentes de operações militares. Um dos exemplos clássicos de aplicação da Pesquisa Operacional, por volta de 1940, é a de que um grupo multidisciplinar, composto por engenheiros, físicos e matemáticos, foi designado para que realizasse a avaliação e o eventual reposicionamento dos radares que compunham o sistema de defesa aérea da Grã-Bretanha, isto antes e durante a 2ª Guerra Mundial. Em outros casos, ainda restritamente militares, foi feito o uso da Pesquisa Operacional para o planejamento de operações de comboios de veículos, bombardeios etc (TAHA, 2008).

Com o advento do final da 2ª Guerra Mundial, em 1945, alguns dos especialistas que trabalharam com Pesquisa Operacional no planejamento de operações de caráter militar, resolveram dar continuidade as suas pesquisas nesta área do conhecimento, porém visando também a aplicação de técnicas de Pesquisa Operacional para situações “civis”, cotidianas do dia-a-dia dos cidadãos e não somente àquelas situações militares (ARENALES *et al.*, 2007).

Desde a década de 1950, até os dias atuais, vários setores comerciais e industriais passaram a se beneficiar das técnicas de Pesquisa Operacional. São exemplos destes setores: indústrias de agronegócios, setor farmacêutico, empresas

de aviação comercial, indústria naval, setor petrolífero etc. Uma pesquisa entre as empresas listadas pela *Fortune 500*² concluiu que 85% das empresas constantes de tal lista fazem uso de técnicas de Pesquisa Operacional. No território brasileiro inúmeras empresas fazem uso de tais técnicas, entre estas, os Correios, a Eletrobrás, a Petrobrás e a Sadia (COLIN, 2007).

Pesquisa Operacional pode ser entendida como a aplicação de métodos científicos a problemas complexos para auxiliar no processo de tomada de decisão, dentre estes, destaca-se, projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos (ARENALES *et al.*, 2007).

Como ciência, a Pesquisa Operacional aplica-se a pessoas, máquinas e ao movimento. Para as pessoas, estão a aplicação em organizações e no sistema gerencial da organização, bem como nas relações de trabalho, economias proporcionadas pela sua aplicação, apoio a tomada de decisão, pesquisas de mercado etc. Já com relação às máquinas, proporciona ferramentas para controle de eficiência e produtividade, organização de fluxos de fábrica, métodos de controle de qualidade etc. Finalmente, tem aplicação ao movimento, sendo que como movimento, podem-se entender as aplicações no sistema de transporte, estoque, distribuição, localização de facilidades etc (MIRSHAWKA, 1981).

2.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Entre as diversas técnicas de gerência existentes e disponíveis na atualidade, a Programação Linear se destaca. Certos ramos de negócio, como as indústrias petrolíferas e de aviação, perceberam o potencial das técnicas englobadas pela Programação Linear para a geração de lucros e, sobretudo, para a sobrevivência empresarial em longo prazo (COLIN, 2007).

Segundo Colin (2007), as técnicas de Programação Linear possuem uma grande diversidade de locais em que podem ser aplicadas e o seu uso prático já gerou grandes economias para os usuários destas, com algumas economias chegando à casa dos bilhões de dólares.

² Fortune 500 é uma publicação da Revista Fortune que lista as 500 maiores empresas mundiais. Fonte: Fortune (2012).

Pode-se definir como Programação Linear, os problemas de otimização em que a função objetivo e as restrições do problema, a ser resolvido por tal modelagem, são todas lineares. Portanto, conforme Goldbarb e Luna (2005), os modelos de Programação Linear se constituem num tipo especial e específico de modelos de otimização. Para que um determinado sistema ou problema possa ser representado e, conseqüentemente, resolvido pela Programação Linear, algumas características devem ser observadas:

- a) proporcionalidade: A quantidade de recursos a serem consumidos por certa atividade deve ser proporcional ao nível desta atividade na solução final a ser obtida no problema. Ademais, o custo relacionado a cada uma das atividades deve ser proporcional ao nível de operação da atividade;
- b) não negatividade: As atividades devem ser realizadas em níveis não negativos e qualquer proporção de um dado recurso deve poder ser utilizada;
- c) aditividade: O custo total é a soma das parcelas relativas a cada uma das atividades;
- d) separabilidade: Quando desejado, deve ser possível a análise apartada do custo, ou o consumo de recursos, específicos das operações de cada uma das atividades envolvidas no problema.

Segundo Arenales *et al.* (2007), a formulação para um problema de Programação Linear é a exposta:

$$\text{Minimizar } f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \quad (2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \quad (3)$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \quad (4)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0. \quad (5)$$

A função linear $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, a ser minimizada, é chamada de função objetivo e o sistema de equações lineares define as restrições do problema, que incluem condições de não negatividade expostas na última linha do modelo acima.

2.3 OTIMIZAÇÃO EM REDES

Modelos de rede srelevantes, tanto do ponto de vista teórico, como do ponto de vista computacional. As redes são estruturas que podem ser consideradas relativamente simples para o seu entendimento e ainda possuem propriedades que podem ser modeladas para problemas reais de uma maneira relativamente fácil. Há de se destacar que modelos em rede são utilizados em uma gama muito abrangente de problemas reais. Isto se deve ao fato de que combinam a simplicidade estrutural com o poderio em se obter uma solução ótima. Estas duas características fazem com que as redes sejam um importante campo de aplicação e estudo dentro da Programação Matemática (COLIN, 2007).

Para Goldberg e Luna (2005) os modelos de rede, também chamados de problemas de fluxo, se referem ao processo de otimização das distribuições de produtos com origem em certos pontos de oferta e que devem ser entregues, aos consumidores, em determinados locais de demanda, isto dentro de uma rede com diversas interligações possíveis entre os pontos. Normalmente, tais problemas ocorrem e envolvem plantas industriais, sistemas de comunicação, de transporte, de distribuição de produtos etc.

2.3.1 Taxonomia para Problemas de Fluxo em Redes

Conforme os Goldberg e Luna (2005), os problemas em rede podem ser classificados, de um modo geral, dentro da hierarquia apresentada na FIGURA 1.

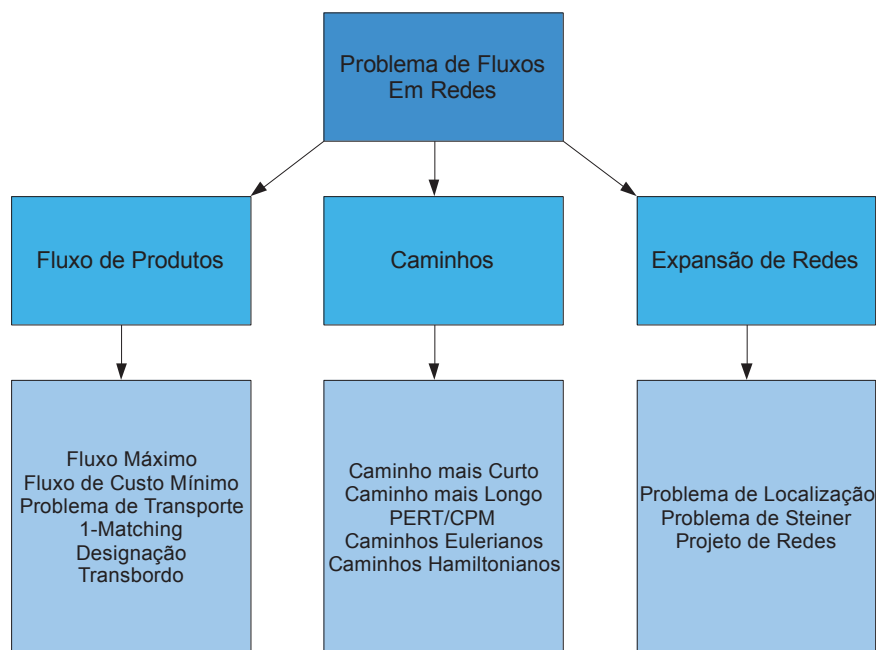


FIGURA 1 – TAXONOMIA PARA O PROBLEMA DE FLUXO EM REDES
 FONTE: Goldberg e Luna (2005)

2.4 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

A localização de facilidades é um aspecto crítico do planejamento estratégico de empresas privadas e públicas. Alguns exemplos de localização de facilidades no setor público são os problemas que envolvem a decisão sobre onde devem se localizar centros de saúde, escolas e estações de bombeiros. Enquanto que no setor privado têm-se como exemplo a necessidade de instalação de fábricas, armazéns, depósitos e centros de distribuição (ARENALES *et al.*, 2007).

Estes problemas, de maneira geral, têm o objetivo de selecionar a melhor localização em uma determinada região para a facilidade (instalação) de serviços (RODRIGUES, 2007).

Os problemas de localização de facilidades, conforme Pires (2002), podem ser classificados em 2 grandes grupos: O problema de medianas e o problema de centros podem ser classificados como nos mostra a FIGURA 2:

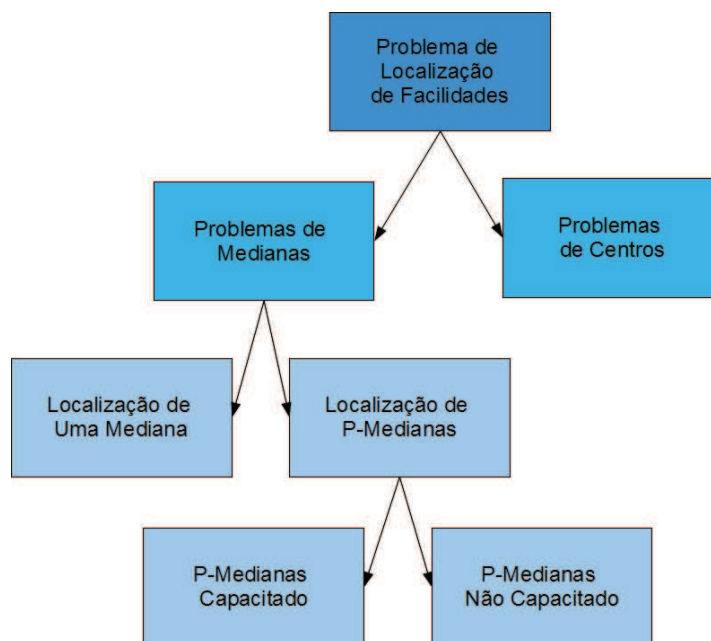


FIGURA 2 – PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES
 FONTE: Pires (2002)

2.4.1 Problema de P -Medianas

O problema das p -medianas, também conhecido como “*Minsum*”, consiste na definição quanto ao local em que devem ser instaladas “ p ” facilidades, para a posterior designação de clientes às facilidades definidas, de modo a minimizar a soma das distâncias entre os clientes e as facilidades designadas (ARENALES *et al.*, 2007).

Em alguns casos, as “ p ” medianas obtidas servem de sementes (localizações fictícias) para a formação de agrupamentos de clientes e posterior definição de roteirização a ser realizada para atender cada um destes agrupamentos formados através destas sementes (SMIDERLE, STEINER e CARNIERI, 2003).

Segundo Hakimi (1965), o problema das p -medianas é considerado de alta complexidade, o que dificulta a sua resolução por algoritmos exatos. Diante disso, várias heurísticas foram desenvolvidas para fornecerem soluções de boa qualidade, sub-ótimas ou ótimas locais. Dentre estas, destaca-se o Algoritmo de Teitz e Bart, o qual será utilizado neste trabalho.

2.4.1.1 Aplicações do Problema de P -Medianas

Senne e Lorena (2003) discutem a eficiência da utilização da relaxação lagrangeana/*surrogate* em combinação com métodos de otimização por subgradientes e com métodos de geração de colunas para a resolução do problema das p -medianas. A fim de verificarem a eficiência destes algoritmos propostos, foram realizados alguns testes computacionais, nos quais os algoritmos apresentaram resultados de boa qualidade e de forma rápida.

Smiderle, Dal Piva e Tiber (2005) fazem uso do Algoritmo de Teitz e Bart e o Algoritmo Genético para resolver o problema das p -medianas, objetivando minimizar a distância média de deslocamento da população de Pato Branco às farmácias do Município. Neste estudo, os autores puderam constatar que as farmácias estavam localizadas, em demasia, na área central da cidade, o que aumentava a distância média de deslocamento da população a tal facilidade. Através dos algoritmos utilizados, verificou-se a possibilidade de reduzir em 81,38% a distância média de deslocamento às farmácias com a realocação das mesmas pelo município de Pato Branco.

Pizzolato *et al.* (2004) fazem proposta metodológica para a localização de escolas públicas em áreas urbanas. Para tanto, é realizada uma avaliação da atual localização destas escolas e uma proposta de realocação, tendo por base os resultados obtidos através da formulação do problema das p -medianas. O estudo usa como referência os municípios de Nova Iguaçu, Nilópolis, Niterói, Ilha do Governados e Fortaleza. Cabe destacar que o presente artigo destaca ainda a importância de emprego de *softwares* que trabalham com sistemas de informação geográficas para estudos desta natureza.

Detofeno e Steiner (2009), apresentam uma metodologia para a obtenção de uma solução ótima do problema de geração de rotas para a coleta de resíduos urbanos. Dentre as técnicas de pesquisa operacional utilizada em tal metodologia, os autores fazem o uso do Algoritmo de Teitz e Bart para a obtenção das p -medianas, com as quais foi possível a montagem dos grupos de pontos a serem designados para cada uma das p -medianas obtida.

Barcelos, Pizzolato e Lorena (2004), analisam a situação da localização das escolas públicas da cidade de Vitória. O estudo se divide em três partes. Num

primeiro momento a atual localização das escolas é avaliada, através de dados fornecidos pelo IBGE. Após isso, é feita uma proposta de realocação destas escolas através do modelo de resolução do problema das p -medianas não capacitado. Já a última parte do estudo é a realocação destas escolas pela resolução do problema das p -medianas capacitado.

Amaral, Almeida e Morabito (2012) se baseiam no problema de p -medianas para proporem um modelo de fluxos e localização de terminais intermodais, com o objetivo de apoiar decisões de investimentos em infraestrutura e de roteirização. Para verificar os resultados e demonstrar o potencial de análise do modelo foram realizados testes com dados sobre a exportação da soja produzida no Brasil.

Rosário, Carnieri e Steiner (2002) propuseram uma metodologia para a distribuição espacial das Unidades de Saúde 24 Horas do município de Curitiba. O objetivo do estudo foi o de minimizar a distância média de deslocamento dos usuários desde o bairro em que residem até o local onde se localiza a Unidade de Saúde 24 Horas mais próxima. As técnicas de pesquisa operacional utilizadas neste estudo foram o Algoritmo de Teitz e Bart, o Algoritmo Genético e o Diagrama de Voronoi.

Mapa e Lima (2012) objetivam a integração entre o problema das p -medianas e os sistemas de informações geográficas (SIG), com o intuito de encontrar a localização de p -facilidades, de tal forma que a distância total entre os centros de demanda e oferta seja minimizada e, simultaneamente, sejam alocados fluxos entre as facilidades e os clientes.

Andrade e Silva (2011), apresentam um método quantitativo, que se baseia no problema das p -medianas, para a escolha das sedes de realização do vestibular da Universidade Federal de Ouro Preto. A solução para esta questão foi obtida através da aplicação do algoritmo de *branch and bound*, o qual se mostrou eficaz.

Costa (2005) faz a utilização de técnicas de Pesquisa Operacional com o intuito de diminuir o tempo de execução dos serviços solicitados por clientes às agências da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), localizadas no município de Curitiba. Para tanto, este estudo teve como propósito melhorar a distribuição de tarefas entre as equipes de serviço disponíveis por tal empresa. No desenvolvimento de tal estudo foi utilizado o problema das p -medianas capacitado, então, através da resposta obtida em tal problema, foi possível a designação das equipes de trabalho aos clientes demandantes de serviços da COPEL.

Horner (2009) realizou a comparação entre o Algoritmo de Teitz e Bart, a Busca Tabu e o Algoritmo Genético aplicado ao problema das p -medianas não capacitado. Para comparação, foram utilizados 115 (cento e quinze) problemas. Dentre os resultados apresentados, o autor destaca que em problemas de pequeno porte, o Algoritmo Genético e a Busca Tabu apresentaram desempenho adequado. Porém, conforme a magnitude dos problemas aumentou, percebeu-se que o Algoritmo de Teitz e Bart foi o que apresentou as melhores soluções, bem como o menor tempo de demanda computacional.

2.4.1.2 Algoritmo de Teitz e Bart para P -Medianas

O método de resolução heurística para o problema das p -medianas, conhecido como algoritmo de Teitz e Bart para p -medianas, consiste em uma substituição dos vértices dos locais existentes em determinado problema. Com base numa solução inicial, é realizada uma substituição entre os diversos vértices do problema, com o objetivo de melhorar o valor da função objetivo à medida que são realizadas as iterações de tal algoritmo. Este é finalizado quando o critério de parada pré-estabelecido para o algoritmo é obtido (TEITZ; BART, 1968).

Em que pese este algoritmo ser relativamente antigo, considerando que sua criação ocorreu no ano de 1968, o mesmo continua sendo muito utilizado, pois fornece soluções de boa qualidade e em baixo tempo computacional. Prova disso é o trabalho de Horner (2009), que comparou tal algoritmo a algumas metaheurísticas mais recentes, as quais, porém, apresentaram resultados de qualidade inferior a apresentada pelo algoritmo de Teitz e Bart.

Tal algoritmo pode estruturado conforme o fluxograma da FIGURA 3, na qual a função objetivo é a distância total entre as medianas e os nós do problema:

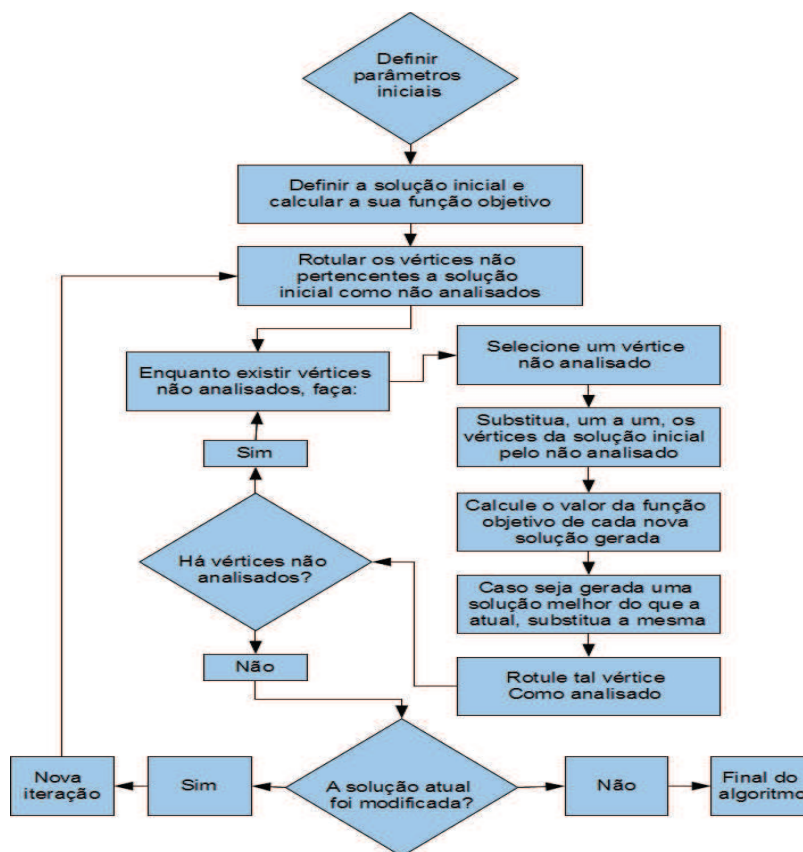


FIGURA 3 – ALGORITMO DE TEITZ E BART
 FONTE: O autor (2012)

O Apêndice A – Funcionamento do Algoritmo de Teitz e Bart para P-Mediana apresenta um exemplo didático em que este algoritmo é aplicado. Em tal Apêndice é feita a resolução passo a passo do problema descrito no exemplo, objetivando demonstrar o funcionamento do citado algoritmo.

2.5 PROBLEMAS DE DESIGNAÇÃO

Os problemas de designação, também conhecidos como problemas de atribuição ou problemas de alocação, consistem em designar pontos de ofertas aos pontos de demanda, na base de um a um. Ou seja, cada demanda é alocada a um único ponto de oferta (COLIN, 2007).

Para Rodrigues (2007), o problema de designação consiste em designar origens aos destinos, de maneira ótima, formando assim *cluster* para atendimento, que será feito através de uma otimização do problema de roteirização.

Conforme Arenales *et al.* (2007), um dos tipos de problemas de designação é o generalizado, em que tem-se “m” agentes e “n” tarefas, com “m” menor que “n”, onde cada tarefa deve ser executada por um único agente. Pode ocorrer de um agente vir a executar mais de uma tarefa. O objetivo deste tipo de problema é a minimização do custo total de designação de tarefas a agentes.

2.5.1 Aplicações do Problema de Designação

Campos *et al.* (2012) utilizam a formulação do problema de designação para resolver a questão de alocar turmas de alunos para as salas de aulas disponíveis nos oito horários diários de aula. O problema tratou de 1.254 turmas de alunos que deveriam ser dispostos em 43 horários de aula no decorrer das semanas, nos períodos matutino, vespertino e noturno. Existiam na PUV Goiás, 81 salas de aulas disponíveis em 6 distintos blocos de sala.

Constantino *et al.* (2009), resolvem a questão de geração de escalas de trabalhos para enfermeiros, considerando a preferência dos mesmos pelos turnos de trabalho, através da aplicação do problema de atribuição. Para tanto, os autores construíram o algoritmo para resolução do problema considerando dois momentos: no primeiro momento é construída uma solução inicial, a qual é submetida, no segundo momento, a dois procedimentos de melhoramento, o que caracteriza o segundo momento do algoritmo.

Araújo e Souza (2011) fazem utilização do problema de designação para otimizar o planejamento operacional de lavra em minas a céu aberto. Através do problema de designação foi possível, após a determinação do número de viagens que cada caminhão deveria fazer a cada frente de lavra, decidir em quais frentes de lavra alocar as carregadeiras, com fulcro de atender as metas de produção e qualidade, fazendo o melhor aproveitamento da frota de veículos disponível.

Smiderle, Steiner e Carnieri (2003), fazem uso do Algoritmo de Gillet e Johnson para formar os clusters (grupos) de atendimento para cada um dos trabalhadores que fazem a leitura dos medidores de contas de água de clientes de uma empresa de saneamento básico localizada no município de Pato Branco.

Barata *et al.* (2010) fazem uso da modelagem do problema de designação para automatizar a geração das grades de horário de aulas para os professores do curso de Ciência da Computação, do Centro Universitário Serra dos Órgãos. Para a resolução desta questão, os autores utilizam algoritmos metaheurísticos como GRASP, Algoritmo Genético e Busca Tabu, obtendo resultados satisfatórios e rápidos, quando tais algoritmos foram implementados computacionalmente com o auxílio do software FET.

Barboza *et al.* (2003) propõem uma solução para a elaboração e a designação de jornadas de trabalho em uma central telefônica de atendimento 24 horas. A proposta de solução para o problema descrito é tratada pelos autores em 3 (três) fases distintas. Primeiramente determina-se a quantidade de atendentes necessárias a cada meia hora, então, é determinado o conjunto de jornadas de trabalho que atendem a demanda de chamadas. Na última fase, são designados os atendentes aos horários de acordo com as suas preferências.

Kripka, Kripka e Da Silva (2011), resolvem o problema de alocação de salas de aula da Universidade de Passo Fundo, com objetivo de se minimizar os deslocamentos dos alunos pela Universidade, através do método metaheurístico *Simulated Annealing*. Os resultados obtidos pelos autores se mostraram satisfatórios e denotaram a importância do emprego de técnicas de Pesquisa Operacional para otimizar este tipo de questão.

Rosa (2011), realizou um comparativo entre a atual distribuição dos colégios estaduais do Paraná atendidos pelas equipes/viaturas do Batalhão de Patrulha Escolar Comunitária (BPEC) da Polícia Militar do Paraná (PMPR) e a distribuição otimizada destes colégios. Para tanto, após a aplicação do problema das p -medianas, o autor fez a designação de equipes/viaturas para darem atendimento aos colégios estaduais, tendo por base a capacidade de atendimento de cada equipe na razão de alunos/viatura.

2.5.2 Algoritmo de Gillet e Johnson

O Algoritmo de Gillet e Johnson, conforme Bodin *et al.* (1983), consiste no cálculo da distância entre todos os pontos de um problema às medianas do mesmo.

Através destas distâncias é verificado qual dos pontos, ainda não designados a uma mediana, deve ser designado. São realizadas iterações deste algoritmo até o momento em que todos os nós estejam designados. Tal algoritmo é descrito no fluxograma exposto na FIGURA 4:

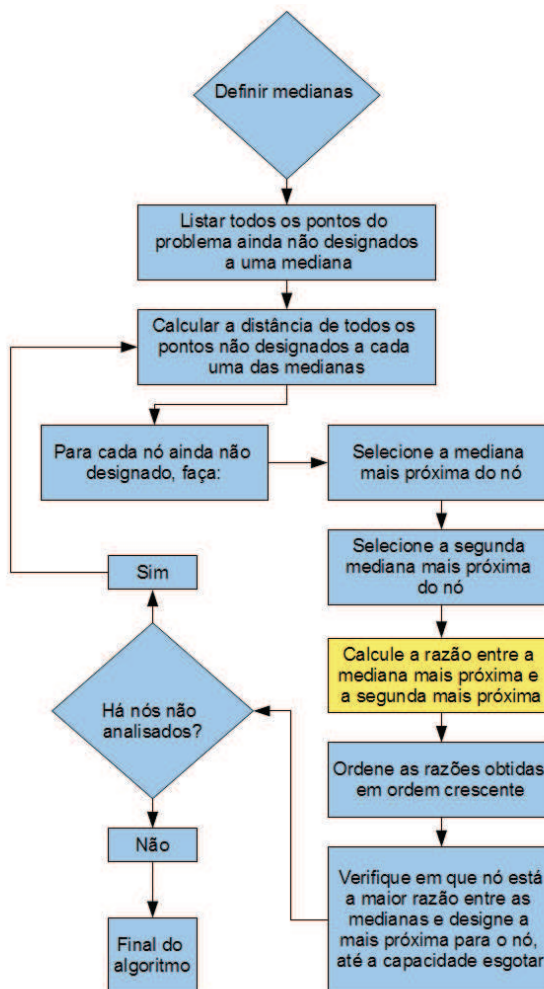


FIGURA 4 – ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON
FONTE: O autor (2012)

2.5.3 Algoritmo de Gillet e Johnson Modificado

A diferença entre o Algoritmo de Gillet e Johnson e o Algoritmo de Gillet e Johnson modificado, segundo destaca o trabalho de Côrrea (2000), consiste na forma da obtenção da lista de prioridade para designação dos pontos ainda não

designados às medianas de um problema. Enquanto no Algoritmo de Gillet e Johnson a lista de prioridades se baseia no teste da razão, no Algoritmo de Gillet e Johnson modificado é utilizado o teste das diferenças, conforme se vislumbra no fluxograma apresentado na FIGURA 5:

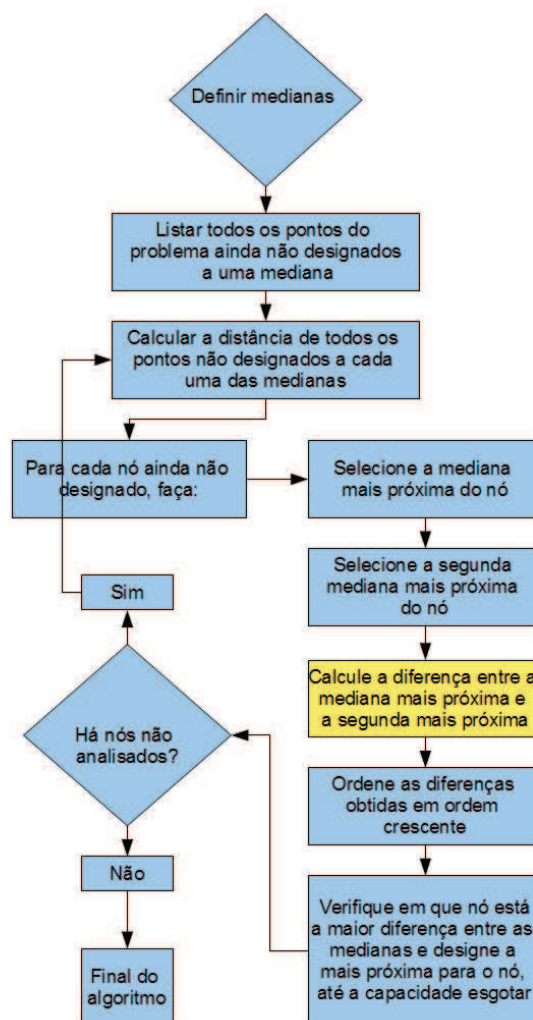


FIGURA 5 – ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO
FONTE: O autor (2012)

No Apêndice B – Funcionamento do Algoritmo de Gillet e Johnson modificado é exposto um exemplo didático para a aplicação de tal algoritmo, bem como é apresentada a resolução detalhada do problema descrito no referido exemplo com a utilização do aludido algoritmo.

2.6 PROBLEMA DE TRANSPORTE

Conforme Taha (2008), o problema de transporte é uma classe especial dentro dos problemas de programação linear. O problema do transporte trata do envio de alguma mercadoria, dos pontos de origem para os pontos de destinos. O objetivo central do problema de transporte é o de determinar uma forma de resolução em que se minimize o custo do transporte deste material, logicamente, respeitando todos os limites de capacidade das origens e demanda dos destinos.

Portanto, o problema de transportes, nada mais é, do que um problema de fluxo num grafo bipartido, de modo que não existem nós intermediários para realizarem o transbordo ou a transição para o fluxo (GOLDBARG; LUNA, 2005).

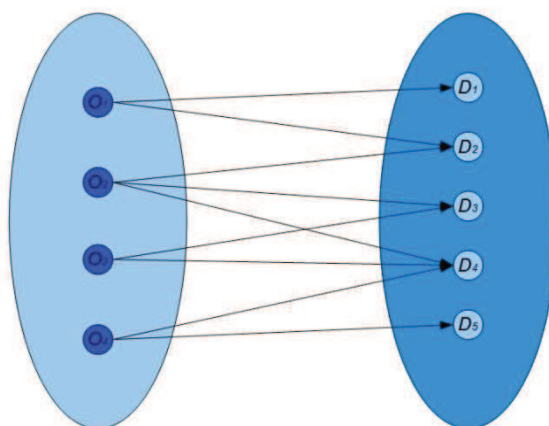


FIGURA 6 – EXEMPLO DO PROBLEMA DE TRANSPORTE
FONTE: Goldbarg e Luna (2005)

Para Arenales *et al.* (2007) os problemas de transporte referem-se, por exemplo, a entrega de produtos oriundos de centros de distribuição aos mercados consumidores. Estes produtos podem ser dos mais variados tipos possíveis, por exemplo: petróleo, equipamentos, máquinas, energia elétrica, água, funcionários, alunos, produção agrícola etc.

2.6.1 Formulação Matemática do Problema de Transporte

Segundo Goldberg e Luna (2005) a formulação clássica do problema de transporte, considera apenas as restrições de ofertas e demandas, desconsiderando, portanto, outras restrições com características especiais e específicas para determinados tipos de problemas. Um exemplo desta formulação é a apresentada abaixo, assim como o exposto na FIGURA 7:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} * x_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = o_i \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j \quad (8)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (9)$$

Onde, o_i diz respeito à restrição de oferta, enquanto d_j se refere a restrição de demanda. Já c_{ij} é o custo associado para o transporte entre os nós i e j e x_{ij} é a quantidade a ser transportada entre tais nós. A FIGURA 7 apresenta um exemplo do Problema de Transporte com 2 origens e 3 destinos.

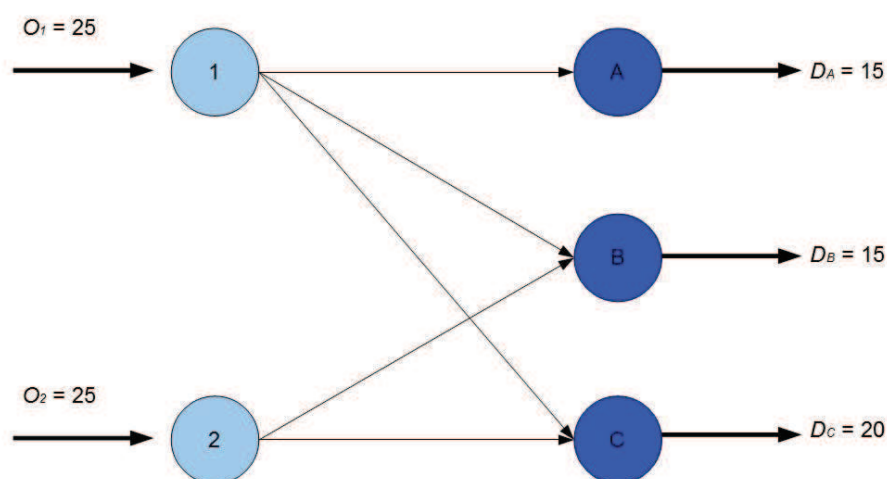


FIGURA 7 – EXEMPLO DA FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA DE TRANSPORTE
 FONTE: Goldberg e Luna (2005)

2.7 PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS (PRV)

Os problemas de roteirização de veículos, também chamados de problemas de roteamento de veículos, abordam situações em que é necessária a determinação da sequência de visitas a serem realizadas objetivando atender a uma determinada necessidade. Estas visitas podem estar associadas a dois elementos distintos, a primeira situação seria a de visitação aos arcos de determinado problema, já a segunda situação se refere às visitas aos nós do grafo (GOLDBARG; LUNA, 2005).

Os problemas de roteirização de veículos estão entre os mais complexos da grande área de pesquisa operacional. Isto se deve a diversos fatores, principalmente ao grande número de variáveis envolvidas nestes problemas e a diversidade das restrições que podem englobar uma determinada roteirização.

Para Christofides (1985), o problema “básico” de roteirização de veículos é um problema de distribuição, no qual veículos, localizados em um depósito central, estacionamento ou centro de distribuição, são programados e roteirizados para visitarem pontos ou clientes que estão geograficamente dispersos no terreno, de modo que tais veículos venham a atender as demandas previamente conhecidas.

Na FIGURA 8, pode-se perceber que 3 caminhões partem de um depósito central para então realizarem entregas com trajetos pré-definidos.

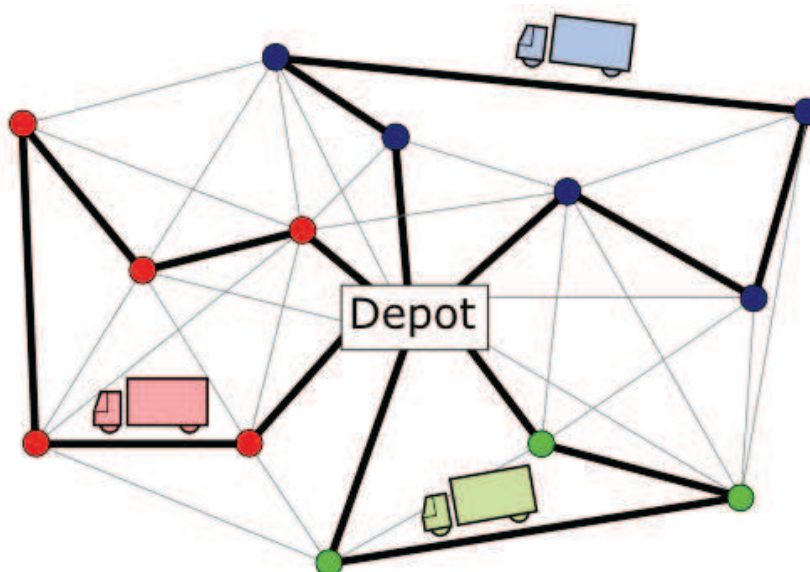


FIGURA 8 – EXEMPLO DO PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS
FONTE: CodePlex (2012)

2.7.1 Taxonomias do Problema de Roteirização de Veículos

A fim de se resolver um determinado tipo de problema de roteirização de veículos é necessário um exame da taxonomia do referido problema, objetivando a adoção do melhor método para solução de tal questão. Bodin e Golden (1981), apresentaram uma das taxonomias consideradas clássicas para o problema de roteirização de veículos. Segundo tais autores, estes problemas podem ser classificados da seguinte maneira:

a) tempo para servir um determinado nó ou arco:

- janela de tempo;
- tempo prefixado e especificado;

b) número de domicílios:

- um domicílio;
- mais de um domicílio;

c) tamanho da frota de veículos:

- um veículo;
- mais de um veículo;

d) tipo de frota disponível:

- homogênea;
- heterogênea;

e) localização da demanda:

- nos nós;
- nos arcos;

f) tipo de Grafo:

- direcionado;
- não direcionado;
- misto;

g) natureza da demanda e parâmetros:

- determinística;
- estocástica;

h) restrições quanto à capacidade dos veículos:

- veículos sujeitos às mesmas restrições;
- veículos sujeitos a restrições distintas;

- i) tempo de roteirização:
 - igual para todos os veículos;
 - distintos para os veículos;
 - sem tempo de roteirização;
- j) custos:
 - variáveis, dependendo da rota escolhida;
 - fixos;
- k) operação a ser realizada:
 - de entrega;
 - de recolhimento;
 - ambas;
- l) objetivo da roteirização:
 - minimizar os custos fixos;
 - minimizar custos de operação na rota;
 - minimizar o número de veículos;
- m) restrições na capacidade dos arcos:
 - imposta a todos os arcos;
 - imposta a um subconjunto de arcos;
 - sem restrições.

2.7.2 Tipos de Problemas de Roteirização de Veículos

Devido às características do problema de roteirização de veículos e a sua grande gama de aplicações práticas, a metodologia para resolução deste tipo de questão já foi utilizada para a resolução dos mais diversos tipos de problemas, cada um com suas respectivas peculiaridades. Goldberg e Luna (2005) citam vários tipos de problemas que já foram solucionados com tal metodologia, dentre estes, destaca-se os seguintes:

- a) distribuição de jornais;
- b) transporte escolar;
- c) recolhimento de lixo;
- d) entrega de correspondência;

- e) leitura de medidores elétricos;
- f) roteamento de helicópteros;
- g) sistemas de transporte coletivos urbanos;
- h) patrulhamento policial e de segurança;
- i) roteamento de navios de longo curso (petroleiros);
- j) roteamento de fluxos de comunicações em redes de telecomunicações.

2.7.3 Estratégias para Formulação do Problema de Roteirização de Veículos

Dentre os problemas de otimização, os problemas de roteirização de veículos têm a sua formulação como um tema extremamente relevante para que seja possível a obtenção de soluções para estes tipos peculiares de problemas. Isto se deve ao fato de que problemas de roteirização são considerados casos complexos e, em virtude desta complexidade, a formulação do problema terá impacto direto no desempenho de algoritmos de solução (GOLDBARG; LUNA, 2005).

Cook (1971) desenvolveu um estudo, o qual tinha como objetivo central a classificação dos problemas de otimização de acordo com o nível de complexidade. O autor relata e classifica os problemas com complexidade de tempo polinomial como pertencentes à classe P, enquanto aqueles com tempo não polinomial são classificados como sendo pertencentes à classe NP.

Segundo Viana (1998), tal classificação pode ter outra conotação, em que os problemas de decisão que admitem algoritmos determinísticos polinomiais formam a classe P, enquanto que os algoritmos não determinísticos polinomiais formam a classe NP. Cabe ressaltar que os algoritmos determinísticos são aqueles em que para um respectivo problema apresenta-se, geralmente, uma solução única.

Conforme Goldberg e Luna (2005), como os problemas de roteirização de veículos apresentam características que os classificam como sendo pertencentes à classe NP, a formulação ideal de problemas deste tipo é de grande magnitude e pode ser inalcançável em termos práticos. Cabe destacar ainda que problemas de otimização, como é o caso dos de roteirização de veículos, podem admitir diversas formulações e estas interferem fortemente no processo de solução do problema.

2.7.4 Estratégias para Resolução do Problema de Roteirização de Veículos

Segundo Goldberg e Luna (2005), os problemas em que as variáveis envolvidas assumem valores inteiros ou que possuem funções objetivos com descontinuidade não podem, em regras gerais, serem solucionados da maneira direta pelo algoritmo simplex. Os problemas de roteirização se enquadram neste rol de problemas, para tanto, existem algumas estratégias para a resolução destes problemas, as estão apresentadas na FIGURA 9, abaixo:

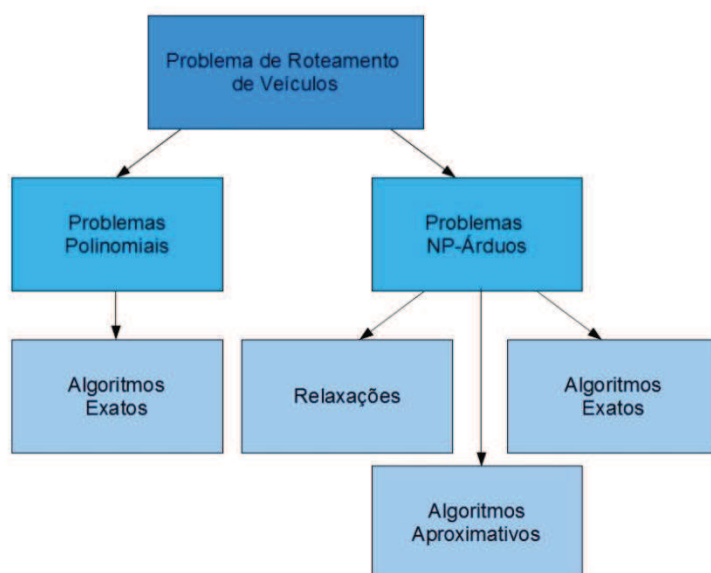


FIGURA 9 – ESTRATÉGIAS DE RESOLUÇÃO DO PRV
 FONTE: Goldberg e Luna (2005)

2.7.5 Aplicações do Problema de Roteamento de Veículos

Lazarin (2008) analisa o impacto da incorporação de métodos de roteamento dinâmico de veículos em ambientes de prestação de serviço onde o prazo de atendimento é o objetivo prioritário. Para testar o impacto deste roteamento foi utilizado o algoritmo WEF, o qual foi aplicado na logística de operação de uma empresa de produção e distribuição de bebidas, a qual tinha um planejamento de

rotas feito de forma manual e estática. Em suas conclusões, o autor cita ganhos significativos em relação à quantidade de clientes atendidos por tal empresa e o nível de serviço fornecido, ou seja, foi verificada uma melhora do serviço executado com a aplicação do roteamento dinâmico de veículos.

Ferreira (2010) aborda o problema de roteamento de veículos com a necessidade de designação de entregadores extras, objetivando a geração de rotas em que o número de clientes não atendidos em determinada jornada de trabalho de uma empresa do setor de bebidas seja minimizado. Para cumprir tal objetivo, a autora propõe e utiliza em seu estudo uma extensão da heurística de Clarke e Wright. Foram testados vários cenários para o problema e a autora conclui que a extensão da heurística Clarke e Wright apresentou ganhos relativos na maioria dos cenários testados.

Valle (2009) utiliza uma variante do problema de roteamento de veículos não capacitado para definir rotas de sorvedouros móveis a fim de permitir que os mesmos coletem informações sensoriadas de uma rede sem fio. Segundo o autor, que utilizou heurísticas construtivas e a metaheurística Grasp para a resolução do problema, a abordagem do mesmo, como um problema de roteirização de veículos não capacitado, possibilitou consideráveis melhoras em termos de atraso na entrega de mensagens, assim como foram obtidos ganhos de tempo de vida útil da rede e taxas de cobertura.

Hallal (2004) resolve o problema de roteamento de veículos periódicos, em que cada cliente requer que as visitas aconteçam em uma combinação predefinida de dias, através da metaheurística busca tabu. A autora, para resolver tal problema, utiliza duas metodologias, chamadas de versão 1 e 2, da Busca Tabu. A versão que apresentou melhores resultados foi aquela que considerou os clientes como um todo, sem particioná-los para a obtenção das rotas, partição esta que foi realizada na outra versão, a qual apresentou resultados inferiores.

Mortati (2005) faz utilização da Busca Tabu para resolver problemas de roteamento periódico de veículos, os quais se definem como aqueles em que os clientes, caracterizados como nós, devem ser visitados em determinados dias. A autora, durante o desenvolvimento da Busca Tabu incluiu restrições quanto ao tempo de duração das rotas e a capacidade dos veículos, em ambos os casos, os resultados apresentados por tal metaheurística foram satisfatórios.

Malaquias (2006), realiza a otimização de rotas de distribuição de medicamentos oriundos de centrais de distribuição para seus clientes diretos, as farmácias. Tais entregas devem ser feitas, atendendo ao pedido completo e nos prazos combinados. Para tal otimização o autor fez uso dos Algoritmos Genéticos, os quais foram hibridizados com um método de busca local aplicada a cada geração de indivíduos, objetivando a obtenção de melhores resultados. O autor cita em suas conclusões que o método proposto pode ser melhorado com a aplicação de diferentes operadores de busca.

Costa *et al.* (2001) fazem uso de métodos heurísticos, entre estes se destacam o Algoritmo *M-Dep* das Razões para a formação de agrupamentos e o Algoritmo dos Savings com Múltiplos Depósitos, para a resolução do problema de otimização do serviço de entrega de correspondências pela Empresa de Correios e Telégrafos.

2.8 PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

O problema do caixeiro viajante, segundo Colin (2007), é clássico e provavelmente o problema mais conhecido e estudado de Programação Inteira. Por ser um problema amplamente estudado, possui uma infinidade de casos particulares.

Conforme Steiner (2011), o problema do caixeiro viajante pode ser resolvido de várias formas. Dentre estas se destacam os métodos exatos (modelo matemático e o método que utiliza a variante do *Branch and Bound*) e os métodos heurísticos e metaheurísticos, os quais fornecem soluções aproximadas. A vantagem do método exato é que o mesmo fornece uma solução otimizada, porém dependendo da complexidade do mesmo, a obtenção de tal solução se torna onerosa do ponto de vista computacional. Já os métodos heurísticos e metaheurísticos não são onerosos, computacionalmente falando, porém fornecem soluções aproximadas da solução otimizada do problema. Dentre os algoritmos utilizados para a resolução do Problema do Caixeiro Viajante através de métodos heurísticos, se destaca o da inserção mais econômica.

2.8.1 Formulação Matemática para o Problema do Caixeiro Viajante

Existem várias formulações para esse problema, tanto por sua larga difusão na literatura especializada, como por desenvolverem modos peculiares de caracterização do problema (GOLDBARG e LUNA, 2005).

Segundo Christofides *et al.* (1979), Dantzig, Fulkerson e Johnson em 1954, formularam o Problema do Caixeiro Viajante como um problema de programação binária (0-1) sobre um grafo $G = (N, A)$, como segue:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (10)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (12)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N \quad (13)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (14)$$

Onde x_{ij} é uma variável binária em que 1 significa que o percurso passa pela aresta formada entre i e j , e 0 significa que o percurso não passa pela referida aresta. Já c_{ij} representa o custo associado à aresta x_{ij} , no nosso caso, por custo entende-se a distância a ser percorrida na aludida aresta. Já as restrições 11 e 12 indicam que somente um grafo chega em cada nó e um grafo sai de cada nó.

2.9 ALGORITMO DE INSERÇÃO MAIS ECONÔMICA

O algoritmo heurístico da inserção mais econômica, devido a Rosenkrantz, Sterns e Lewis (1977), descrito em Golden *et al.* (1980) e Bodin *et al.* (1983), considera uma rota com k nós na iteração k e determina qual dos nós, ainda não pertencente à rota, poderia ser inserido e em que posição.

O algoritmo da inserção mais econômica, segundo Steiner *et al.* (2000), pode ser descrito da seguinte forma:

1º passo: Inicie com um subgrafo contendo apenas o nó i ;

2º passo: Encontre, entre os nós restantes, o nó k , tal que c_{ik} seja mínima e, então, forme a subrota $i-k-j$;

3º passo: Dada a subrota, encontre o nó k que não esteja na rota, tal que $distância(i, k) + distância(k, j) - distância(i, j)$ seja mínima e, então, insira k entre i e j ;

4º passo: Se todos os nós do conjunto já estiverem na rota, pare o algoritmo. Caso contrário, retorne ao 3º passo.

O Apêndice C – Funcionamento do Algoritmo de Inserção Mais Econômica demonstra a resolução, passo a passo, de um exemplo didático através da aplicação deste algoritmo.

2.9.1 Aplicações do Algoritmo de Inserção Mais Econômica

Scarpin e Loch (2009) fazem o uso do algoritmo de inserção mais econômica, sucedido pela aplicação dos algoritmos de melhorias de rotas, para realizarem a roteirização dos caminhões de entrega de uma rede de lojas de varejo a partir do centro de distribuição da mesma.

Nascimento *et al.* (2004) realizam a comparação de seis métodos heurísticos, entre estes a inserção mais econômica, sucedidos ou não do algoritmo de melhoria de rotas $2-opt$ para a resolução do problema do caixeiro viajante. Para efeitos de comparação os autores trabalharam com grafos pequenos, contendo de 30 a 50

vértices, grafos médios, de 250 a 500 vértices e com grados grandes, de 1000 a 1200 vértices.

Cardoso Neto, Almeida e Roveroto (2012), utilizam o modelo matemático do problema do caixeiro viajante e o algoritmo de inserção mais econômica, sucedido do algoritmo de melhoria de rota *2-opt* para realizarem a roteirização dos pontos turísticos existentes nas cidades de Santiago, Antofagasta, Valparaíso, Vinã del Mar e Concepción, todas localizadas no Chile. Os autores destacam que a medida que a quantidade de pontos turísticos a serem roteirizados aumenta, a solução exata se torna inadequada computacionalmente, o que ensejou a aplicação do método heurístico.

Scarpin, Guimarães e Steiner (2009) apresentam duas propostas para a realização do gerenciamento do centro de distribuição de uma rede de supermercado. Na primeira proposta, o método heurístico objetiva realizar a regionalização das sub-rotas, já a segunda proposta tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma heurística que minimiza a ociosidade dos veículos, garantindo que os veículos de maior capacidade realizem mais entregas em uma mesma sub-rota, minimizando os custos de transporte. Importante salientar que nas duas propostas apresentadas os autores utilizam o algoritmo da inserção mais econômica, seguido dos algoritmos de melhoria de rota *2-opt* e *3-opt*.

Toigo, Valle Filho e Lavratti (2007) fazem uso do algoritmo da inserção mais econômica, bem como dos algoritmos de melhoria de rotas *2-opt* e *3-opt* para realização do planejamento de entregas de mercadorias realizadas pelas empresas que prestam serviço logístico às indústrias. Para analisar o sistema de roteirização de entregas proposto, os autores utilizaram dados de 48 cidades localizadas nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Através dos resultados obtidos, os autores concluíram que, mesmo empregando técnicas simples e bem difundidas, é possível realizar a otimização de entregas, minimizando os custos associados à tais entregas.

2.9.2 Algoritmos de Melhoria de Rotas 2-opt e 3-opt

Os algoritmos de melhoria de rotas são formulações propostas que tem como foco a diminuição da distância total a ser percorrida pelo caixeiro viajante. Na literatura, existem várias classes de algoritmos de melhorias de rotas.

Entre estas, destaca-se a heurística de troca *k-opt*, desenvolvida por Lin e Kernighan (1973). A heurística de troca *k-opt* se baseia na substituição de *k* arcos do roteiro estabelecido pelo algoritmo de resolução do caixeiro viajante por outros *k* arcos. Se com esta substituição de arcos é gerada uma solução melhor do que a solução atual, ou seja, um roteiro melhor é encontrado, este passa a ser a nova solução para o problema em questão.

Segundo Costa (1997), dentre as heurísticas de troca *k-opt*, as do tipo 2-opt e 3-opt, que se baseiam, respectivamente, na substituição de 2 e 3 arcos, são as mais utilizadas.

A FIGURA 10 apresenta um exemplo da troca 2-opt, em que dois arcos, C-F e D-E, são substituídos pelos arcos C-D e E-F.

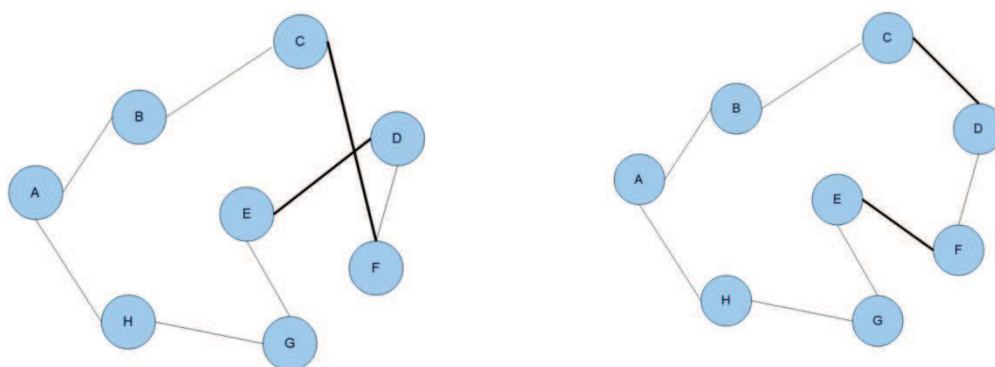


FIGURA 10 – MELHORIA DE ROTA 2-opt
 FONTE: Adaptado de Sosa, Galvão e Gandelman (2007)

Já FIGURA 11 demonstra o funcionamento da troca 3-opt em que 3 são os arcos substituídos.

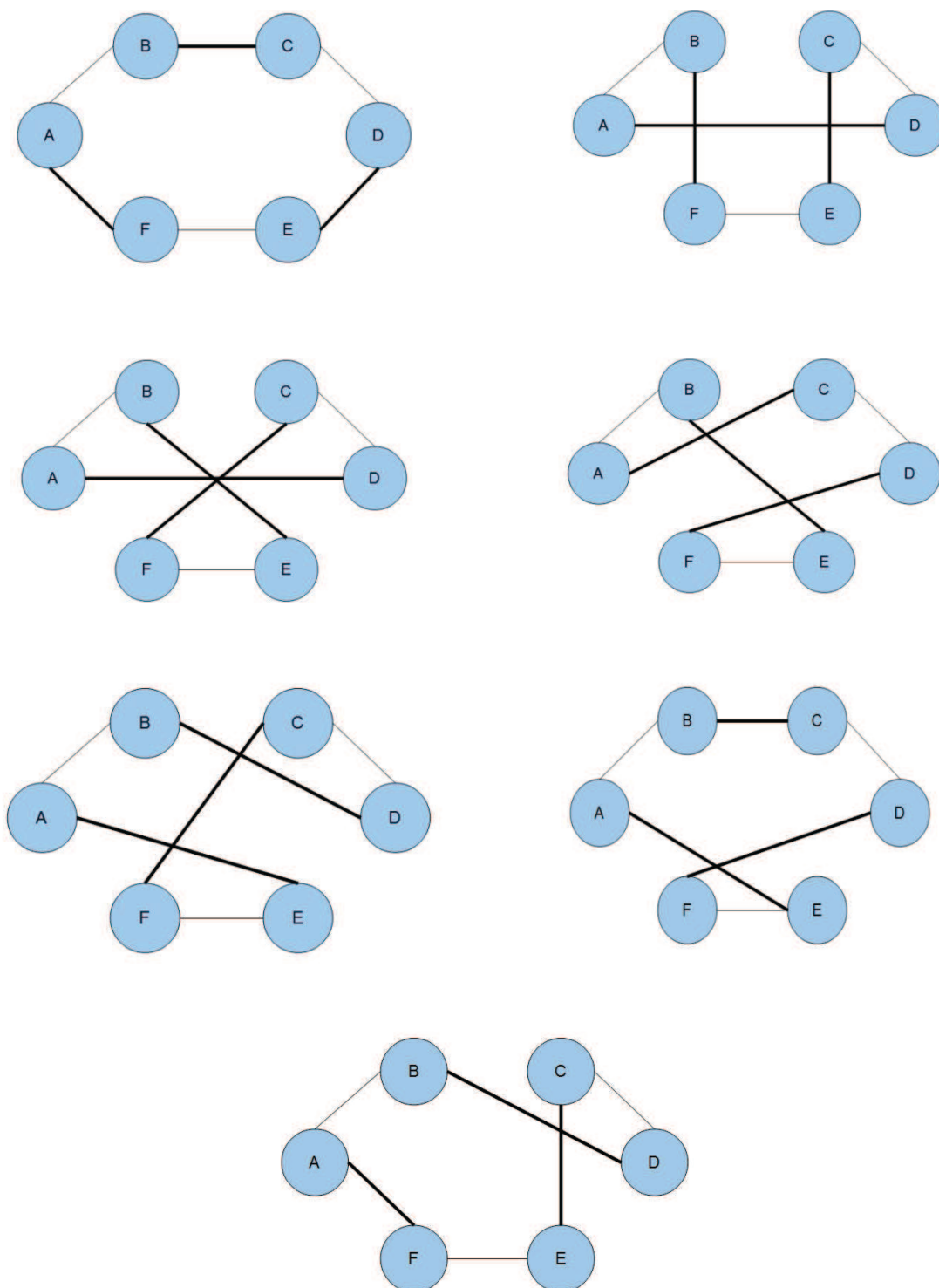


FIGURA 11 – MELHORIA DE ROTA 3-opt
 FONTE: Adaptado de Costa (1997)

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, será descrita a metodologia de pesquisa utilizada neste estudo. A fim de facilitar o entendimento dos conceitos metodológicos utilizados serão expostas definições formais destes conceitos e, em seguida, os mesmos serão contextualizados com o estudo descrito nesta Dissertação. As delimitações e aspectos teóricos norteadores deste trabalho também estão descritas neste capítulo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Primeiramente, é preciso destacar que, parte dos autores que estudam metodologia científica, costuma dividir os tipos de pesquisas em dois grandes grupos, sem prejuízo de outras classificações mais pormenorizadas e específicas. Estes grupos são as pesquisas qualitativas e pesquisas quantitativas.

Existem várias outras formas de se categorizar os tipos de pesquisa. Charles (1995) categoriza os tipos de pesquisa com base em diferentes conceitos, entre estes, a finalidade prática da pesquisa. De acordo com tal classificação, esta pesquisa se caracteriza como uma pesquisa aplicada, pois é realizada com o propósito de se resolver um problema, neste caso, a entrega de bens permanentes no Judiciário estadual.

Para Richardson *et al.* (1985), o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego da quantificação, quantidade, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento destas informações por meio de técnicas específicas, entre estas a Estatística, desde as mais simples, como percentual e medidas de tendência central, como as mais complexas.

Sendo assim, resta evidente que este estudo, o qual tem como objetivo realizar, através da aplicação de técnicas de Pesquisa Operacional, a otimização e sistematização da entrega de bens permanentes no Tribunal de Justiça do Estado do Paraná, se caracteriza como uma pesquisa quantitativa.

Ainda, uma pesquisa pode ser classificada como exploratória. Para Gil (2009), as pesquisas exploratórias têm o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. A pesquisa exploratória busca levantar informações sobre determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto (SEVERINO, 2010).

Tendo os conceitos de uma pesquisa exploratória, percebe-se que este estudo também se caracteriza como exploratório, pois para que seja possível a realização da proposta de otimização e sistematização da entrega de bens permanentes no Judiciário estadual, é necessário, primeiramente, o levantamento de informações acerca de como ocorrem tais entregas, suas características e peculiaridades, para que então, num segundo momento, seja possível a realização de sua otimização.

3.2 MÉTODO DA PESQUISA

Conforme Fachin (2001), método em pesquisas, seja qual for o seu tipo, é a escolha de procedimentos sistemáticos para descrição e explicação do estudo. Esta autora cita ainda, que um método para ser considerado válido, deve atender, em especial, dois quesitos: a natureza do objeto a que se aplica e o objetivo que se tem em vista.

3.2.1 Método Observacional

O método observacional, o qual se fundamenta em procedimentos de natureza sensorial, tem como objetivo captar com precisão os aspectos essenciais e acidentais de um fenômeno. Estes aspectos, que a literatura costuma denominar de fatos, são observados pelo pesquisador e registrados como dados. Pode-se dizer que toda a pesquisa científica se inicia com o método observacional (FACHIN, 2001).

Segundo Marconi e Lakatos (2010), os métodos, de maneira geral, englobam dois momentos distintos. A pesquisa, ou coleta de dados, e, a análise e interpretação.

Especificamente neste estudo, o método terá uma fase “adicional” em comparação ao exposto por Marconi e Lakatos. Nesta pesquisa, após a coleta dos dados, será realizada a implementação computacional das técnicas de Pesquisa Operacional que serão utilizadas para a proposta de otimização e sistematização da entrega de bens permanentes. A partir disso é que se iniciará a fase chamada de análise e interpretação.

3.2.2 Técnicas Metodológicas

Conforme Severino (2010), as técnicas são procedimentos operacionais que servem de mediação prática para a realização de pesquisas. Como tais, as técnicas podem ser utilizadas em pesquisas orientadas por diferentes metodologias, porém, devem ser compatíveis com os métodos adotados.

3.2.2.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é o primeiro passo de qualquer trabalho científico. Ela pode ser desenvolvida de maneira independente, ou em conjunto com outras modalidades de pesquisa, como a de campo, de laboratório, documental etc (FACHIN, 2001).

Como exposto por Fachin, o ponto de partida deste estudo foi a realização de uma pesquisa bibliográfica, tendo em vista a necessidade de se estudar a origem e as características do problema abordado neste estudo, os métodos e técnicas para a otimização deste tipo peculiar de problema.

A partir desta pesquisa bibliográfica, se teve subsídios para que o estudo passasse para a fase de modelagem.

3.2.2.2 Modelagem

Os modelos hipotéticos são representações verdadeiras de situações reais. O modelo expressa de maneira tratável as funções matemáticas que representam o comportamento do mundo real considerado (TAHA, 2008).

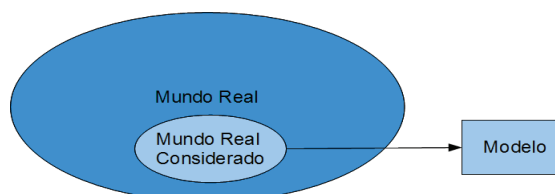


FIGURA 12 – EXPRESSÃO DO MODELO
FONTE: Taha (2008)

Para Goldberg e Luna (2005), os modelos são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada. Para que um modelo alcance o grau de eficiência é necessário que o mesmo tenha foco holístico, tratamento eclético da dimensão da análise e tradução adequada.

Neste estudo, para a construção do modelo, será utilizado um problema hipotético semelhante ao abordado nesta Dissertação, com um “baixo” grau de complexidade, ou seja, com uma menor quantidade de Unidades Judiciais e de veículos envolvidos, assim como de demanda por bens permanentes. Tal limitação para a construção do modelo se faz necessária para que o mesmo seja entendido e construído de maneira correta, a fim de que posteriormente possa ser validado e, então, replicado a problemas de maior magnitude, bem como torne possível a implementação computacional do modelo proposto para a resolução do problema.

3.3 COLETA DE DADOS

Tão importante quanto o método da pesquisa, é a forma como os dados são coletados. Nesta Seção, será exposta a população de interesse deste estudo científico, bem como a forma como os dados utilizados foram obtidos.

3.3.1 População

Foram consideradas como população deste estudo, todas as Comarcas que compõem o Foro Judicial do Poder Judiciário do Estado do Paraná, exceção feita a Comarca de Curitiba, o que resulta num total de 160 Comarcas.

Importante ressaltar que em determinados meses, algumas destas Unidades Judiciais não necessitaram de bens permanentes, motivo pelo qual, logicamente, foram sendo desconsideradas da população de estudo daquele específico mês, mas não de todo o lapso temporal abrangido por este estudo.

3.3.2 Fonte dos Dados

Os dados utilizados nesta Dissertação são oriundos do Judiciário paranaense. Desta feita, a fonte dos dados deste estudo é primária, pois os dados são produzidos pelo próprio alvo desta pesquisa.

Importante ressaltar que os dados utilizados neste estudo são referentes às solicitações de bens permanentes realizadas no ano de 2011.

3.3.3 Base de Dados

A base de dados considerada neste estudo é a Matriz de Distâncias entre todas as Comarcas que compõem o Foro Judicial e o local onde ficam armazenados os bens permanentes em Curitiba. Para a construção desta base de dados, foram considerados os endereços físicos de todas as Unidades e as distâncias entre os pontos foram obtidas com auxílio da ferramenta *Google Maps*[®], considerando-se, portanto, neste trabalho a distância real entre os pontos em análise.

A TABELA 1 apresenta um esboço resumido da base de dados deste estudo. A base completa dos dados pode ser visualizada no Apêndice D – Base de Dados (Matriz de Distâncias).

TABELA 1 – ESBOÇO DA MATRIZ DE DISTÂNCIAS

Comarca	Almirante Tamandaré	Alto Paraná	Alto Piquiri	Altônia	Andirá
Almirante Tamandaré	0,00	491,00	607,00	650,00	370,00
Alto Paraná	491,00	0,00	203,00	246,00	270,00
Alto Piquiri	607,00	203,00	0,00	78,50	412,00
Altônia	650,00	246,00	78,50	0,00	455,00
Andirá	370,00	270,00	412,00	455,00	0,00

FONTE: O autor (2012)

Como mencionado na Seção 3.3.1, em um determinado mês nem todas as Comarcas do estado do Paraná podem vir a necessitar da entrega de bens permanentes. No Apêndice E – Base de Dados (Comarcas Demandantes) constam as informações mensais do ano de 2011 sobre as Comarcas que necessitaram da entrega de bens permanentes. De forma quantitativa e resumida, tais demandas podem ser mensuradas na TABELA 2:

TABELA 2 – QUANTITATIVO DE COMARCAS DEMANDANTES

Mês e Ano	Quantidade de Comarcas
Janeiro - 2011	143
Fevereiro - 2011	135
Março - 2011	68
Abril - 2011	97
Maio - 2011	106
Junho - 2011	101
Julho - 2011	85
Agosto - 2011	130
Setembro - 2011	108
Outubro - 2011	115
Novembro - 2011	73
Dezembro - 2011	81

FONTE: O autor (2012)

A quantidade e tipo de bens permanentes não foram considerados como variáveis deste estudo, pois, segundo informações obtidas junto ao próprio Departamento do Patrimônio, a quantidade de bens permanentes solicitados mensalmente não esgota a capacidade de transporte dos caminhões disponíveis. Ou seja, não existe problema de falta de capacidade para o carregamento destes bens nos veículos que realizam o seu transporte.

3.4 SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE

Nesta Seção, será exposta a forma com que o trabalho será desenvolvido bem como a maneira com que os resultados serão expostos e analisados.

3.4.1 Sistematização

De posse da base de dados, as seguintes técnicas de Pesquisa Operacional, serão aplicadas de forma sequencial:

a) Definição das p -medianas: Tal passo será realizado através da aplicação do algoritmo de Teitz e Bart. Importante destacar que a quantidade de p -medianas a ser obtida dependerá da quantidade máxima de veículos que estarão disponíveis para realizar a entrega de bens em um respectivo mês. Atualmente, existem 4 veículos para realizar a entrega de bens permanentes, porém tal entrega somente é feita em 3 semanas de cada mês, ou seja, poderemos ter de 4 à 12 medianas. As p -medianas servem de base para a realização das designações das Comarcas e, conseqüente, agrupamento de Comarcas. É importante destacar que as p -medianas serão, obrigatoriamente, Comarcas que no determinado mês em estudo necessitem de bens permanentes.

b) Agrupamento das Comarcas às p -medianas: As Comarcas que em determinado mês necessitarem de bens permanentes devem ser designadas para uma das p -medianas obtidas através do procedimento descrito na alínea “a”. Para esta designação será utilizado o algoritmo de Gillet e Johnson modificado. Com este procedimento, criam-se agrupamentos de Comarcas para serem atendidas pelos veículos que fazem a entrega dos bens permanentes.

c) Roteirização das entregas: Formados os agrupamentos de Comarcas demandantes, em quantidade igual à obtida na alínea “a” e com as Unidades Judiciais agrupadas de acordo com o procedimento descrito na alínea “b” será realizada a roteirização das entregas em cada um destes agrupamentos. Para a realização desta roteirização será adotado o método exato, através do *software*

Lingo®, versão 9.0, e o método heurístico, especificamente o algoritmo da inserção mais econômica, seguido das heurísticas de melhoria de rotas *2-opt* e *3-opt*. Salienta-se que os algoritmos heurísticos utilizados foram implementados computacionalmente através do *software Visual Basic*®, versão 6.0 e os mapas gerados foram construídos através do *software ArcView*®, versão 10.0. Os programas foram executados num computador portátil com processador Intel Core i-3-3110M de 2,4Ghz de velocidade e 3.072KB de Cache, contando com uma memória RAM DDR3 de 4.096 MB, no sistema operacional Windows 7.

3.4.2 Análise dos Resultados

A análise dos resultados será feita exclusivamente com base nas distâncias totais a serem percorridas nas rotas já otimizadas. Tais distâncias além de fornecerem a melhor roteirização a ser obtida em cada um dos meses do ano de 2011, ainda servirão de parâmetro para que seja possível a comparação entre o que é executado hoje pelo Judiciário estadual e os resultados obtidos pelo modelo de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes proposto neste trabalho.

3.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação de um estudo científico envolve o aspecto do tempo e do espaço. Devem-se estabelecer os limites geográficos e temporais da área de estudo (FACHIN, 2001).

A fim de realizar a otimização das entregas de bens permanentes por tal Instituição, serão utilizados os dados relativos ao ano de 2011, separados e agrupados de maneira mensal. Em virtude da publicidade deste trabalho, algumas das informações sobre as demandas de Comarcas poderão ser modificadas para resguardar a instituição que é a fornecedora destas informações.

Como citado na Seção 3.3, as demandas mensais não esgotam a capacidade dos veículos que transportam os bens permanentes, motivo pelo qual não se torna

necessária a utilização da metodologia do problema de carregamento de *container* neste trabalho. O único adendo quanto ao carregamento dos bens permanentes nos veículos é a ordem em que é feito e que será descrito na Seção 5 deste estudo.

O método de resolução do problema de roteirização dos veículos seguirá os seguintes parâmetros, de acordo com a quantidade de Comarcas em cada agrupamento:

- a) até 20 Comarcas: somente método exato;
- b) de 21 a 25 Comarcas: método exato e método heurístico;
- c) mais de 25 Comarcas: somente método heurístico.

Será utilizado o *software Visual Basic*[®], versão 6.0, para a realização da implementação computacional dos métodos heurísticos devido ao fato de que tal linguagem é a utilizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná, especificamente, na disciplina de Implementação Computacional em Pesquisa Operacional.

Há de se destacar ainda que 2 motoristas são utilizados para cada viagem realizada para entrega de bens permanentes, sendo que tais viagens não devem ultrapassar o período de uma semana. Além disso, a jornada diário de trabalho é limitada a 10 horas, com 1 hora de intervalo para refeições, ou seja, o trabalho, propriamente dito, é feito em 9 horas, de segunda-feira até sexta-feira.

Importante ainda enaltecer que a velocidade média de deslocamento dos veículos é de 60 Km/h e que são necessários, em média, 15 minutos para que os bens permanentes sejam entregues nas Comarcas visitadas. Assim sendo, a distância máxima possível de ser percorrida, em quilômetros, num roteiro pode ser definida conforme a seguinte sentença matemática:

$$2.700 - 15 * QC \quad (15)$$

$$1 \leq QC \leq 160 \quad (16)$$

Onde QC é a quantidade de Comarcas inseridas em um roteiro e que conforme a inequação matemática (16) pode variar entre 1 e 160. Portanto, as distâncias a serem percorridas nas roteirizações geradas neste estudo foram comparadas com a distância máxima possível de ser percorrida, conforme equação exposta nesta Seção.

Por exemplo, se num roteiro temos 10 Comarcas inseridas, a distância total possível de ser percorrida, conforme as delimitações deste estudo, é de $2.700 - 15 \cdot 10 = 2.550$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentada a situação atual da entrega de bens permanentes no Judiciário estadual, além dos resultados obtidos com a proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes abordada neste estudo, serão também apresentados comparativos entre o método exato e o método heurístico para a roteirização de veículos e um comparativo entre a situação atual e a proposta.

4.1 SITUAÇÃO ATUAL

O atendimento às Comarcas quanto ao fornecimento de bens permanentes oriundos do Departamento do Patrimônio é feito dividindo-se as Comarcas em 21 grupos de atendimento, conforme exposto no QUADRO 1 e FIGURA 13.

Grupo	Comarcas			
1	Andirá	Jacarezinho	Cambará	Congonhinhas
	Bandeirantes	Joaquim Távora	Uraí	Ribeirão do Pinhal
	Santo Antônio da Platina	Nova Fátima	Assaí	Cornélio Procópio
	São Jerônimo da Serra	Ribeirão Claro	Carlópolis	Santa Mariana
2	Bela Vista do Paraíso	Ibiporã	Primeiro de Maio	Ortigueira
	Cambé	Londrina	Sertanópolis	Faxinal
	Marilândia do Sul	Grandes Rios		
3	Apucarana	Jaguapitã	Porecatu	Colorado
	Araongas	Jandaia do Sul	Rolândia	Marialva
	Astorga	Mandaguari	Sarandi	Maringá
	Centenário do Sul	Santa Fé		
4	Alto Paraná	Mandaguaçu	Paranavaí	Loanda
	Santa Isabel do Ivaí	Nova Esperança	Cianorte	Paranacity
	Cidade Gaúcha	Nova Londrina	Terra Boa	Terra Rica
	Engenheiro Beltrão	Paraíso do Norte		
5	Barbosa Ferraz	Cruzeiro do Oeste	Iretama	Goioerê
	Campina da Lagoa	Ivaiporã	Peabiru	Ubiratã
	Campo Mourão	Mamborê	Alto Piquiri	
	Formosa do Oeste	Manoel Ribas	São João do Ivaí	

(continua)

QUADRO 1 – GRUPOS DE ATENDIMENTO

6	Altônia	Guaira	Pérola	Guaraniaçu
	Cascavel	Icaraíma	Terra Roxa	Palotina
	Corbélia	Iporã	Umuarama	Xambrê
	Assis Chateaubriand			
7	São Miguel do Iguaçu	Laranjeiras do Sul	Catanduvras	Medianeira
	Marechal Candido Rondon	Quedas do Iguaçu	Santa Helena	Toledo
	Foz do Iguaçu	Matelândia	Cantagalo	
8	Barracão	Coronel Vivida	Pato Branco	Clevelândia
	Capanema	Dois Vizinhos	Realeza	Palmas
	Capitão Leônidas Marques	Francisco Beltrão	Salto do Lontra	Chopinzinho
	Santo Antônio do Sudoeste	Mangueirinha	Marmeleiro	São João
9	Siqueira Campos	Tomazina	Ibaiti	Piraí do Sul
10	Jaguariaíva	Sengés	Arapoti	Wenceslau Braz
11	Castro	Tibagi	Telêmaco Borba	Curiúva
12	Pinhão	Prudentópolis	Ipiranga	Imbituva
13	Campo Largo	Guarapuava	Ponta Grossa	
14	Palmital	Pitanga	Reserva	Cândido de Abreu
15	Fazenda Rio Grande	Rio Negro	Lapa	Araucária
16	Almirante Tamandaré	Colombo	Bocaiúva do Sul	
17	Campina Grande do Sul	Pinhais	Piraquara	
18	Paranaguá	Matinhos	Caibá	Antonina
	São José dos Pinhais	Guaratuba	Morretes	Ipanema
19	Rio Branco do Sul	Cerro Azul		
20	Irati	São Mateus do Sul	Rebouças	Teixeira Soares
21	Palmeira	São João do Triunfo	Mallet	União da Vitória

(conclusão)

QUADRO 1 – GRUPOS DE ATENDIMENTO
 FONTE: PARANÁ (2011)



FIGURA 13 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS NA SITUAÇÃO ATUAL
 FONTE: O autor (2013)

Para o atendimento de cada um destes grupos de atendimento não existe uma rota pré-definida, ou seja, a roteirização das entregas de bens permanentes para as Comarcas é feita de maneira empírica, sem o suporte de uma metodologia científica.

Diante disso, pode-se ter tanto uma rota otimizada, com a distância mínima possível de ser percorrida para que todas as Comarcas dos grupos sejam visitadas, como uma rota não otimizada, com uma distância superior à distância otimizada. Na TABELA 3 são apresentadas as distâncias otimizadas, obtidas através do método exato, para o atendimento das Comarcas, seguindo a formatação atual e considerando as demandas expostas na Seção APÊNDICE, especificamente no Apêndice E – Base de Dados (Comarcas Demandantes).

TABELA 3 – DISTÂNCIAS PARA ATENDIMENTO DOS GRUPOS DE ATENDIMENTO

Mês	Distância Mínima (em Km)
Janeiro	15.921,20
Fevereiro	15.711,70
Março	13.100,50
Abril	15.030,00
Mai	15.110,90
Junho	15.034,90
Julho	14.048,60
Agosto	15.877,90
Setembro	15.064,00
Outubro	15.202,00
Novembro	13.531,90
Dezembro	14.189,50
Total	177.823,10

FONTE: O autor (2012)

4.2 SITUAÇÃO PROPOSTA – JANEIRO

No mês de Janeiro, de 2011, 143 Comarcas solicitaram a entrega de bens permanentes para suas respectivas Comarcas. Para que tal demanda fosse cumprida pelo Departamento do Patrimônio, foram obtidos os resultados expostos na TABELA 4. Os testes aplicados iniciaram com 4 medianas, então aumentou-se uma mediana para cada novo teste, até chegar-se em 12 medianas. Salienta-se que

as medianas foram obtidas através do algoritmo de Teitz e Bart, enquanto que os agrupamentos das Comarcas foi feito com a utilização do algoritmo de Gillett e Johnson modificado.

TABELA 4 – RESULTADOS DO MÊS DE JANEIRO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Ubiratã	43	2.941,10	2.055,00	Inviável
	Umuarama	18	1.874,80	2.430,00	Viável
	Uraí	40	1.889,99	2.100,00	Viável
	Wenceslau Braz	46	2.099,79	2.010,00	Inviável
	Total	147	8.805,68	-	-
5 Medianas	Tomazina	13	993,30	2.505,00	Viável
	Ubiratã	43	2.941,10	2.055,00	Inviável
	Umuarama	18	1.874,80	2.430,00	Viável
	Uraí	39	1.883,49	2.115,00	Viável
	Wenceslau Braz	35	1.593,79	2.175,00	Viável
Total	148	9.286,48	-	-	
6 Medianas	Sertanópolis	22	1.304,30	2.370,00	Viável
	Terra Boa	25	1.949,70	2.325,00	Viável
	Umuarama	31	2.603,40	2.235,00	Inviável
	União da Vitória	36	2.045,49	2.160,00	Viável
	Uraí	12	1.000,40	2.520,00	Viável
	Wenceslau Braz	23	1.116,20	2.355,00	Viável
Total	149	10.019,49	-	-	
7 Medianas	Sarandi	25	1.809,20	2.325,00	Viável
	Terra Boa	13	1.358,50	2.505,00	Viável
	Tomazina	12	935,70	2.520,00	Viável
	Ubiratã	35	2.702,89	2.175,00	Inviável
	Umuarama	11	1.699,40	2.535,00	Viável
	Uraí	19	1.257,90	2.415,00	Viável
	Wenceslau Braz	35	1.593,79	2.175,00	Viável
Total	150	11.357,38	-	-	
8 Medianas	Terra Rica	12	1.347,20	2.520,00	Viável
	Tibagi	40	2.132,69	2.100,00	Inviável
	Toledo	29	2.301,89	2.265,00	Inviável
	Tomazina	8	807,60	2.580,00	Viável
	Ubiratã	14	1.365,10	2.490,00	Viável
	Umuarama	11	1.458,80	2.535,00	Viável
	Uraí	32	1.659,59	2.220,00	Viável
	Wenceslau Braz	5	540,20	2.625,00	Viável
Total	151	11.613,07	-	-	

TABELA 4 – RESULTADOS DO MÊS DE JANEIRO DE 2011

					(continuação)
9 Medianas	Terra Boa	24	1.645,00	2.340,00	Viável
	Tibagi	30	1.753,00	2.250,00	Viável
	Toledo	22	1.956,20	2.370,00	Viável
	Tomazina	8	807,60	2.580,00	Viável
	Ubiratã	8	1.216,80	2.580,00	Viável
	Umuarama	11	1.582,80	2.535,00	Viável
	União da Vitória	16	1.197,50	2.460,00	Viável
	Uraí	28	1.545,69	2.280,00	Viável
	Wenceslau Braz	5	540,20	2.625,00	Viável
	Total	152	12.244,79	-	-
10 Medianas	Sarandi	23	1.771,80	2.355,00	Viável
	Sertanópolis	10	1.034,60	2.550,00	Viável
	Siqueira Campos	7	796,90	2.595,00	Viável
	Terra Boa	13	1.358,50	2.505,00	Viável
	Tomazina	6	742,50	2.610,00	Viável
	Ubiratã	26	2.249,39	2.310,00	Viável
	Umuarama	11	1.699,40	2.535,00	Viável
	União da Vitória	33	1.773,09	2.205,00	Viável
	Uraí	11	972,50	2.535,00	Viável
	Total	153	13.027,48	-	-
11 Medianas	Siqueira Campos	11	901,90	2.535,00	Viável
	Teixeira Soares	28	1.331,99	2.280,00	Viável
	Terra Boa	28	1.711,00	2.280,00	Viável
	Terra Rica	9	1.325,00	2.565,00	Viável
	Tibagi	12	990,10	2.520,00	Viável
	Toledo	22	2.048,90	2.370,00	Viável
	Tomazina	12	985,10	2.520,00	Viável
	Ubiratã	8	1.216,80	2.580,00	Viável
	Umuarama	8	1.413,80	2.580,00	Viável
	Total	154	13.601,19	-	-
12 Medianas	São João do Triunfo	17	1.164,90	2.445,00	Viável
	São José dos Pinhais	18	744,00	2.430,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	8	1.515,90	2.580,00	Viável
	Sarandi	25	1.809,20	2.325,00	Viável
	Siqueira Campos	7	796,90	2.595,00	Viável
	Terra Boa	13	1.358,50	2.505,00	Viável
	Toledo	18	1.882,50	2.430,00	Viável
	Tomazina	6	742,50	2.610,00	Viável
	Ubiratã	8	1.216,80	2.580,00	Viável
	Total	154	13.601,19	-	-
	Sarandi	25	1.809,20	2.325,00	Viável
	Siqueira Campos	7	796,90	2.595,00	Viável
	Terra Boa	13	1.358,50	2.505,00	Viável
	Toledo	18	1.882,50	2.430,00	Viável
	Tomazina	6	742,50	2.610,00	Viável
	Ubiratã	8	1.216,80	2.580,00	Viável
	Umuarama	9	1.473,60	2.565,00	Viável
	Uraí	18	1.225,50	2.430,00	Viável

TABELA 4 – RESULTADOS DO MÊS DE JANEIRO DE 2011

					(conclusão)
12 Medianas	Wenceslau Braz	7	582,50	2.595,00	Viável
	Total	154	14.512,80	-	-

FONTE: O autor (2013)

Verificando os resultados expostos na TABELA 5, percebe-se que as soluções com 4, 5, 6, 7 e 8 medianas não são viáveis, pois em todas estas soluções é observado pelo menos 1 agrupamento em que a distância total a ser percorrida é maior do que a distância máxima possível.

Assim sendo, excluídas as soluções inviáveis, nota-se que entre as restantes, a solução com 9 medianas é a que apresenta o melhor resultado, ou seja, a menor distância total a ser percorrida para dar atendimento às 143 Comarcas demandantes, perfazendo um total de 12.244,79 km.

Na FIGURA 14, está exposto o mapa do estado do Paraná, com as subdivisões feitas de acordo com a responsabilidade territorial de cada uma das Comarcas dispostas no estado. Tal mapa evidencia os 9 agrupamentos que foram formados para que as Comarcas demandantes fossem atendidas. As Comarcas sem demandas estão expostas na cor cinza, bem como a Comarca de Curitiba, que é onde se localiza o depósito do Departamento do Patrimônio, está exposta na cor verde, por ser o ponto de partida e retorno para o atendimento dos agrupamentos.

Vale ressaltar que em tal mapa, as Comarcas de mesma cor são as pertencentes ao mesmo agrupamento, ou seja, serão atendidas numa mesma roteirização. Ao se visualizar o mapa, pode-se perceber que as Comarcas de mesma cor estão, de fato, próximas, agrupadas, de maneira a minimizar a distância entre estas e as medianas que serviram de sementes para a construção destes agrupamentos.

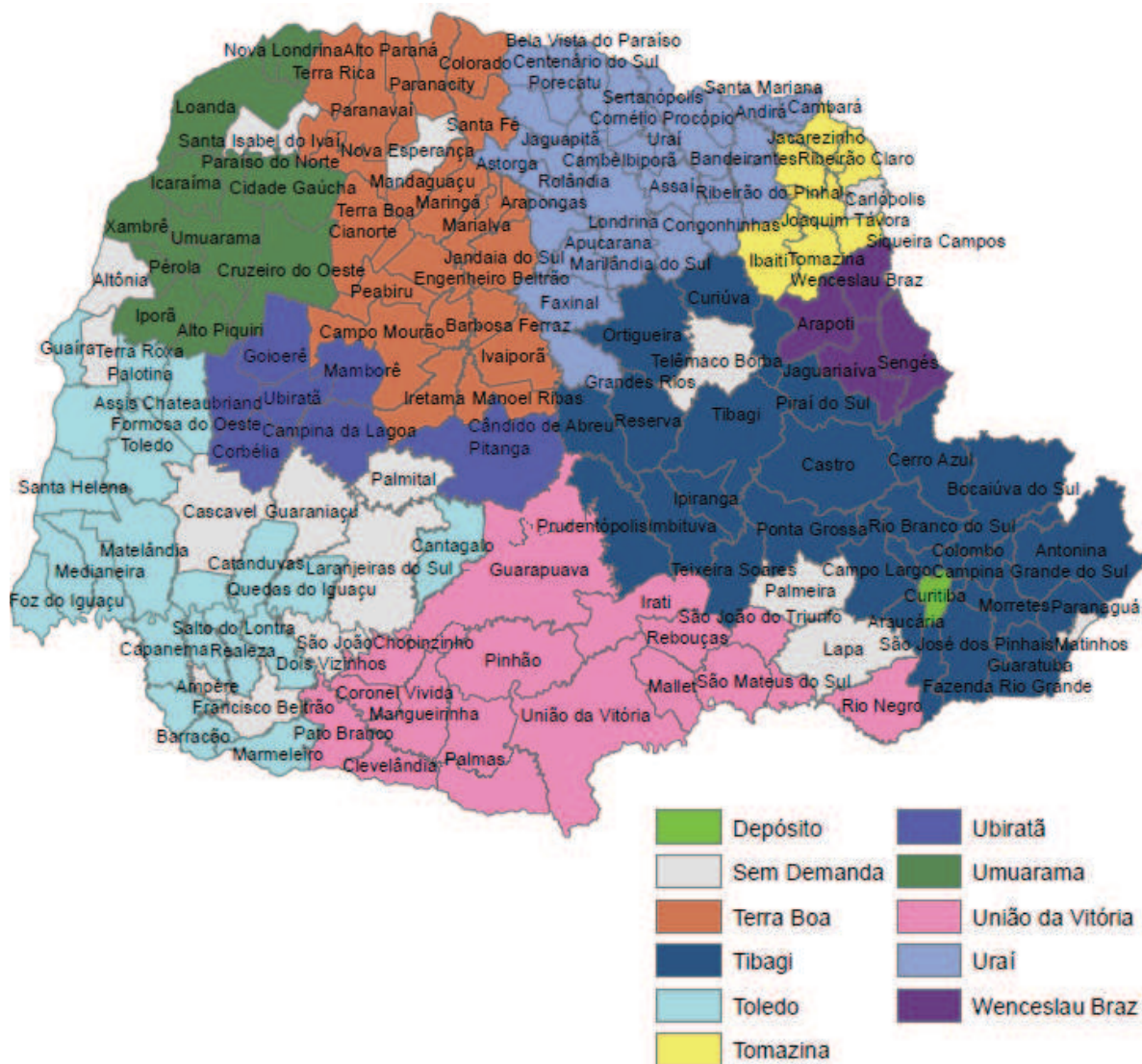


FIGURA 14 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM JANEIRO
 FONTE: O autor (2013)

No QUADRO 2 é disposta a roteirização para cada um dos agrupamentos da melhor solução, com 9 medianas, para o atendimento da demanda do mês de Janeiro de 2011. Em todas as roteirizações, o ponto de início e término é Curitiba. Para a roteirização foi utilizado o método exato, através da formulação matemática, e/ou o método heurístico, através da aplicação do algoritmo de inserção mais econômica seguido do algoritmo de melhoria de rotas 2-opt e 3-opt. O método utilizado sofreu variação de acordo com a quantidade de Comarcas existentes em cada roteiro, conforme exposto na Seção 3.5 deste trabalho.

Mediana	Roteirização
Terra Boa	Curitiba → Jandaia do Sul → Mandaguari → Marialva → Sarandi → Mandaguaçu → Maringá → Santa Fé → Colorado → Paranacity → Terra Rica → Alto Paraná → Paranaíba → Paraíso do Norte → Cianorte → Terra Boa → Engenheiro Beltrão → Peabiru → Campo Mourão → Iretama → Barbosa Ferraz → São João do Ivaí → Ivaiporã → Manoel Ribas → Curitiba
Tibagi	Curitiba → Almirante Tamandaré → Rio Branco do Sul → Pinhais → São José dos Pinhais → Piraquara → Paranaguá → Matinhos → Guaratuba → Morretes → Antonina → Campina Grande do Sul → Bocaiúva do Sul → Colombo → Fazenda Rio Grande → Araucária → Campo Largo → Teixeira Soares → Prudentópolis → Imbituva → Ipiranga → Reserva → Cândido de Abreu → Ortigueira → Curiúva → Tibagi → Ponta Grossa → Castro → Piraí do Sul → Cerro Azul → Curitiba
Toledo	Curitiba → Catanduvas → Toledo → Assis Chateaubriand → Palotina → Guaíra → Marechal Cândido Rondon → Santa Helena → Medianeira → Matelândia → Foz do Iguaçu → São Miguel do Iguaçu → Capanema → Santo Antônio do Sudoeste → Barracão → Marmeleiro → Dois Vizinhos → Salto do Lontra → Realeza → Capitão Leônidas Marques → Quedas do Iguaçu → Cantagalo → Curitiba
Tomazina	Curitiba → Tomazina → Ibaiti → Santo Antônio da Platina → Jacarezinho → Ribeirão Claro → Joaquim Távora → Siqueira Campos → Curitiba
Ubiratã	Curitiba → Campina da Lagoa → Ubiratã → Corbélia → Formosa do Oeste → Goioerê → Mamborê → Pitanga → Curitiba
Umuarama	Curitiba → Cruzeiro do Oeste → Umuarama → Alto Piquiri → Iporã → Pérola → Xambê → Icaraíma → Cidade Gaúcha → Loanda → Nova Londrina → Curitiba
União da Vitória	Curitiba → São João do Triunfo → São Mateus do Sul → Mallet → Rebouças → Irati → Guarapuava → Pinhão → Mangueirinha → Chopinzinho → Coronel Vivida → Pato Branco → Clevelândia → Palmas → União da Vitória → Rio Negro → Curitiba
Uraí	Curitiba → Marilândia do Sul → Astorga → Jaguapitã → Centenário do Sul → Porecatu → Bela Vista do Paraíso → Primeiro de Maio → Sertanópolis → Uraí → Cornélio Procópio → Santa Mariana → Cambará → Andirá → Bandeirantes → Ribeirão do Pinhal → Nova Fátima → Congonhinhas → São Jerônimo da Serra → Assaí → Ibiporã → Londrina → Cambé → Rolândia → Arapongas → Apucarana → Grandes Rios → Faxinal → Curitiba
Wenceslau Braz	Curitiba → Jaguariaíva → Arapoti → Wenceslau Braz → Sengés → Curitiba

QUADRO 2 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JANEIRO DE 2011

FONTE: O autor (2013)

4.3 SITUAÇÃO PROPOSTA – FEVEREIRO

Já para o mês de Fevereiro, também de 2011, 135 Comarcas solicitaram a entrega de bens permanentes em suas sedes. Para que tais entregas possam ser realizadas, o melhor resultado obtido encontra-se exposto na TABELA 5.

TABELA 5 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
9 Medianas	Rolândia	15	1.180,80	2.475,00	Viável
	Sarandi	15	1.260,80	2.475,00	Viável
	Siqueira Campos	18	972,60	2.430,00	Viável
	Telêmaco Borba	8	954,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	14	1.320,60	2.490,00	Viável
	Terra Roxa	6	1.393,30	2.610,00	Viável
	Tibagi	28	1.544,20	2.280,00	Viável
	Toledo	29	2.212,39	2.265,00	Viável
	Umuarama	11	1.521,00	2.535,00	Viável
	Total	144	12.360,19	-	-

FONTE: O autor (2013)

Ao se analisar todos os resultados obtidos no mês de Fevereiro, os quais estão transcritos na Seção APÊNDICE, especificamente no Apêndice F – Resultados do mês de Fevereiro, vislumbra-se que as soluções que possuem 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 11 medianas apresentam pelo menos 1 agrupamento considerado inviável, pois resulta numa distância a ser percorrida que é maior que a distância máxima possível. Deste modo, dentre as soluções viáveis, a que apresenta a menor distância total a ser percorrida é a solução com 9 medianas, que resulta numa distância total de 12.360,19 km.

O mapa do Paraná, exibido na FIGURA 15, apresenta os 9 agrupamentos de Comarcas formados na solução destacada no parágrafo anterior.



FIGURA 15 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM FEVEREIRO
 FONTE: O autor (2013)

Com base nos agrupamentos de Comarcas exibidos na FIGURA 14, foi realizada a roteirização das Comarcas, conforme QUADRO 3.

Mediana	Roteirização
Rolândia	Curitiba → Nova Fátima → Santa Mariana → Cornélio Procópio → Assaí → Londrina → Sertanópolis → Primeiro de Maio → Bela Vista do Paraíso → Porecatu → Rolândia → Arapongas → Apucarana → Marilândia do Sul → Faxinal → Curitiba
Sarandi	Curitiba → Santa Fé → Colorado → Paranacity → Terra Rica → Nova Londrina → Paranaíba → Alto Paraná → Nova Esperança → Mandaguaçu → Maringá → Sarandi → Marialva → Mandaguari → Jandaia do Sul → Curitiba
Siqueira Campos	Curitiba → Sengés → Wenceslau Braz → Siqueira Campos → Joaquim Távora → Carlópolis → Ribeirão Claro → Jacarezinho → Santo Antônio da Platina → Cambará → Andirá → Bandeirantes → Ribeirão do Pinhal → Congonhinhas → Ibaiti → Tomazina → Arapoti → Jaguariaíva → Curitiba
Telêmaco Borba	Curitiba → Reserva → Cândido de Abreu → Grandes Rios → Ortigueira → Telêmaco Borba → São Jerônimo da Serra → Curiúva → Curitiba

(continua)

QUADRO 3 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011

Terra Boa	Curitiba → Pitanga → Iretama → Campo Mourão → Mamborê → Peabiru → Terra Boa → Paraíso do Norte → Cianorte → Engenheiro Beltrão → Barbosa Ferraz → São João do Ivaí → Ivaiporã → Manoel Ribas → Curitiba
Terra Roxa	Curitiba → Terra Roxa → Guaíra → Iporã → Altônia → Palotina → Curitiba
Tibagi	Curitiba → Campo Largo → Palmeira → Ponta Grossa → Pirai do Sul → Tibagi → Ipiranga → Prudentópolis → Pinhão → Guarapuava → Irati → Teixeira Soares → Rebouças → Mallet → São Mateus do Sul → Rio Negro → Lapa → Araucária → Fazenda Rio Grande → São José dos Pinhais → Pinhais → Piraquara → Paranaguá → Guaratuba → Morretes → Bocaiúva do Sul → Colombo → Almirante Tamandaré → Curitiba
Toledo	Curitiba → Palmas → Clevelândia → Coronel Vivida → Chopinzinho → Pato Branco → Marmeleiro → Francisco Beltrão → Realeza → Santo Antônio do Sudoeste → Capanema → Capitão Leônidas Marques → Salto do Lontra → São João → Dois Vizinhos → Quedas do Iguaçu → Catanduvas → Matelândia → Foz do Iguaçu → Medianeira → Santa Helena → Marechal Cândido Rondon → Toledo → Assis Chateaubriand → Formosa do Oeste → Corbélia → Guaraniaçu → Laranjeiras do Sul → Cantagalo → Curitiba
Umuarama	Curitiba → Cidade Gaúcha → Santa Isabel do Ivaí → Loanda → Icaraíma → Pérola → Alto Piquiri → Umuarama → Goioerê → Campina da Lagoa → Palmital → Curitiba

(conclusão)

QUADRO 3 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.4 SITUAÇÃO PROPOSTA – MARÇO

No mês de Março, de 2011, 68 Comarcas solicitaram a entrega de bens permanentes em suas sedes. O melhor resultado obtido para que tal entrega seja realizada está exposto na TABELA 6.

TABELA 6 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE MARÇO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Marialva	30	1.843,70	2.250,00	Viável
	São João do Ivaí	18	1.699,00	2.430,00	Viável
	Terra Boa	22	2.217,90	2.370,00	Viável

TABELA 6 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE MARÇO DE 2011

					(conclusão)
4 Medianas	Terra Rica	2	1.112,00	2.670,00	Viável
	Total	72	6.872,60	-	-

FONTE: O autor (2013)

A única solução que apresenta uma roteirização inviável, conforme exposto na Seção APÊNDICE, Apêndice G – Resultados do mês de Março, em virtude da distância total a ser percorrida, é a com 6 medianas, pois o agrupamento formado através da mediana Comarca de Terra Boa apresenta uma distância total maior que a distância possível de ser percorrida. Dentre as demais soluções, a solução com 4 medianas é a que apresenta a menor distância total, com 6.872,60 km, sendo esta a melhor alternativa a ser adotada para o atendimento da demanda neste mês.

Na FIGURA 16 estão expostos os 4 agrupamentos formados. O agrupamento formado com base na mediana Terra Rica, a mesma ficou isolada, pois na delimitação da pesquisa é exigido que mensalmente se tenha o mínimo de 4 medianas. Tal Comarca poderia ser inserida no agrupamento em que Marialva é a mediana e a distância total a ser percorrida ainda seria viável e menor que a solução com 4 medianas.

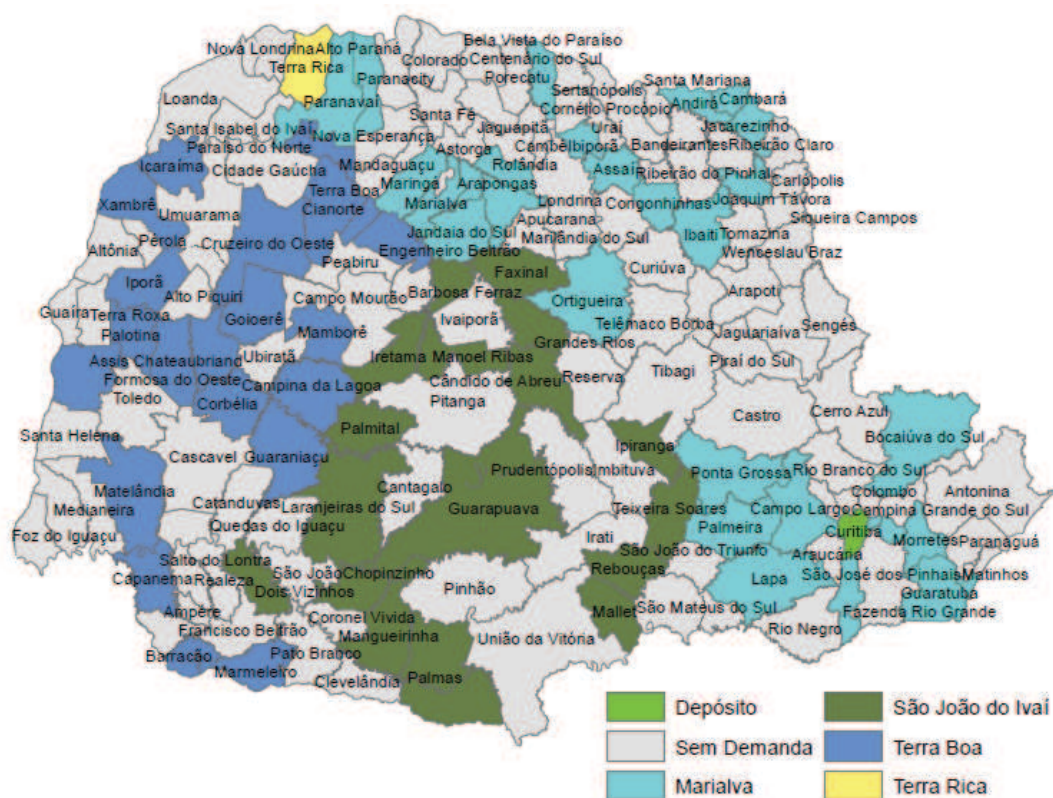


FIGURA 16 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM MARÇO

FONTE: O autor (2013)

O QUADRO 4 apresenta a roteirização de cada um dos agrupamentos formados na solução com 4 medianas, a qual apresentou o melhor resultado viável para o mês de Março.

Mediana	Roteirização
Marialva	Curitiba → Campo Largo → Ponta Grossa → Ibaiti → Joaquim Távora → Jacarezinho → Cambará → Andirá → Congonhinhas → Assaí → Ibiporã → Bela Vista do Paraíso → Arapongas → Marialva → Alto Paraná → Paranavaí → Maringá → Mandaguari → Jandaia do Sul → Apucarana → Ortigueira → Palmeira → Lapa → Fazenda Rio Grande → Guaratuba → Matinhos → Morretes → Bocaiúva do Sul → Piraquara → Pinhais → Curitiba
São João do Ivaí	Curitiba → Teixeira Soares → Rebouças → Mallet → Palmas → Mangueirinha → Chopinzinho → Dois Vizinhos → Laranjeiras do Sul → Palmital → Manoel Ribas → Cândido de Abreu → Grandes Rios → Faxinal → São João do Ivaí → Iretama → Guarapuava → Ipiranga → Curitiba
Terra Boa	Curitiba → Marmeleiro → Barracão → Capanema → Matelândia → Marechal Cândido Rondon → Palotina → Iporã → Xambrê → Icaraíma → Cruzeiro do Oeste → Paraíso do Norte → Cianorte → Terra Boa → Engenheiro Beltrão → Mamborê → Campina da Lagoa → Goioerê → Formosa do Oeste → Assis Chateaubriand → Corbélia → Guaraniaçu → Curitiba
Terra Rica	Curitiba → Terra Rica → Curitiba

QUADRO 4 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE MARÇO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.5 SITUAÇÃO PROPOSTA – ABRIL

Em Abril de 2001, o Departamento do Patrimônio recebeu pedido de entrega de bens permanentes de 97 Comarcas. Para que estas Comarcas fossem atendidas, o melhor resultado obtido é o apresentado na TABELA 7.

TABELA 7 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE ABRIL DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
6 Medianas	Jaguapitã	18	1.498,30	2.430,00	Viável
	Peabiru	15	1.543,30	2.475,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	10	918,80	2.550,00	Viável

(continua)

A roteirização otimizada dos 6 agrupamentos, que fornecem a melhor solução para o mês de Abril de 2011, é exposta no QUADRO 5.

Mediana	Roteirização
Jaguapitã	Curitiba → Assaí → Ibiporã → Sertanópolis → Primeiro de Maio → Porecatu → Centenário do Sul → Santa Fé → Colorado → Paranacity → Terra Rica → Nova Londrina → Paranaíba → Jaguapitã → Rolândia → Arapongas → Apucarana → Jandaia do Sul → Curitiba
Peabiru	Curitiba → Cândido de Abreu → Manoel Ribas → Ivaiporã → Barbosa Ferraz → Mandaguaçu → Paraíso do Norte → Loanda → Icaraíma → Cruzeiro do Oeste → Cianorte → Terra Boa → Peabiru → Pitanga → Guarapuava → Curitiba
Santo Antônio da Platina	Curitiba → Santo Antônio da Platina → Ribeirão do Pinhal → Nova Fátima → Cornélio Procópio → Santa Mariana → Cambará → Jacarezinho → Ribeirão Claro → Carlópolis → Curitiba
Sengés	Curitiba → Pinhais → Antonina → Paranaguá → Guaratuba → Bocaiúva do Sul → Colombo → Almirante Tamandaré → Rio Branco do Sul → Cerro Azul → Sengés → Arapoti → Piraí do Sul → Imbituva → Prudentópolis → Rebouças → União da Vitória → São Mateus do Sul → Rio Negro → Lapa → Araucária → Fazenda Rio Grande → Campo Largo → Curitiba
Tomazina	Curitiba → Wenceslau Braz → Siqueira Campos → Tomazina → Ibaiti → São Jerônimo da Serra → Curiúva → Telêmaco Borba → Ortigueira → Reserva → Curitiba
Ubiratã	Curitiba → Manguaçu → Chopinzinho → Pato Branco → Marmeleiro → Salto do Lontra → Santo Antônio do Sudoeste → Capitão Leônidas Marques → Cascavel → Medianeira → Matelândia → Foz do Iguaçu → São Miguel do Iguaçu → Santa Helena → Guaíra → Altônia → Iporã → Alto Piquiri → Formosa do Oeste → Goioerê → Ubiratã → Campina da Lagoa → Guaraniaçu → Catanduvas → Quedas do Iguaçu → Laranjeiras do Sul → Cantagalo → Curitiba

QUADRO 5 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE ABRIL DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.6 SITUAÇÃO PROPOSTA – MAIO

No mês de Maio, de 2011, foram recebidos pedidos de 106 Comarcas quanto à entrega de bens permanentes. O melhor resultado obtido para que estas entregas fossem realizadas está exposto na TABELA 8.

TABELA 8 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE MAIO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
6 Medianas	Sarandi	25	1.655,00	2.325,00	Viável
	Siqueira Campos	8	825,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	14	1.488,60	2.490,00	Viável
	Toledo	23	2.081,30	2.355,00	Viável
	Tomazina	36	1.904,09	2.160,00	Viável
	Ubiratã	6	1.138,70	2.610,00	Viável
	Total	112	9.093,19	-	-

FONTE: O autor (2013)

Conforme consta na Seção APÊNDICE, no Apêndice I – Resultados do mês de Maio, as soluções com 4, 5 e 7 medianas não podem ser adotadas por serem inviáveis. A solução que apresenta a menor distância total a ser percorrida é a com 6 medianas, a qual fornece uma distância total de 9.093,19 km.

A FIGURA 18 apresenta os 6 agrupamentos formados para atendimento da demanda mensal de Maio.

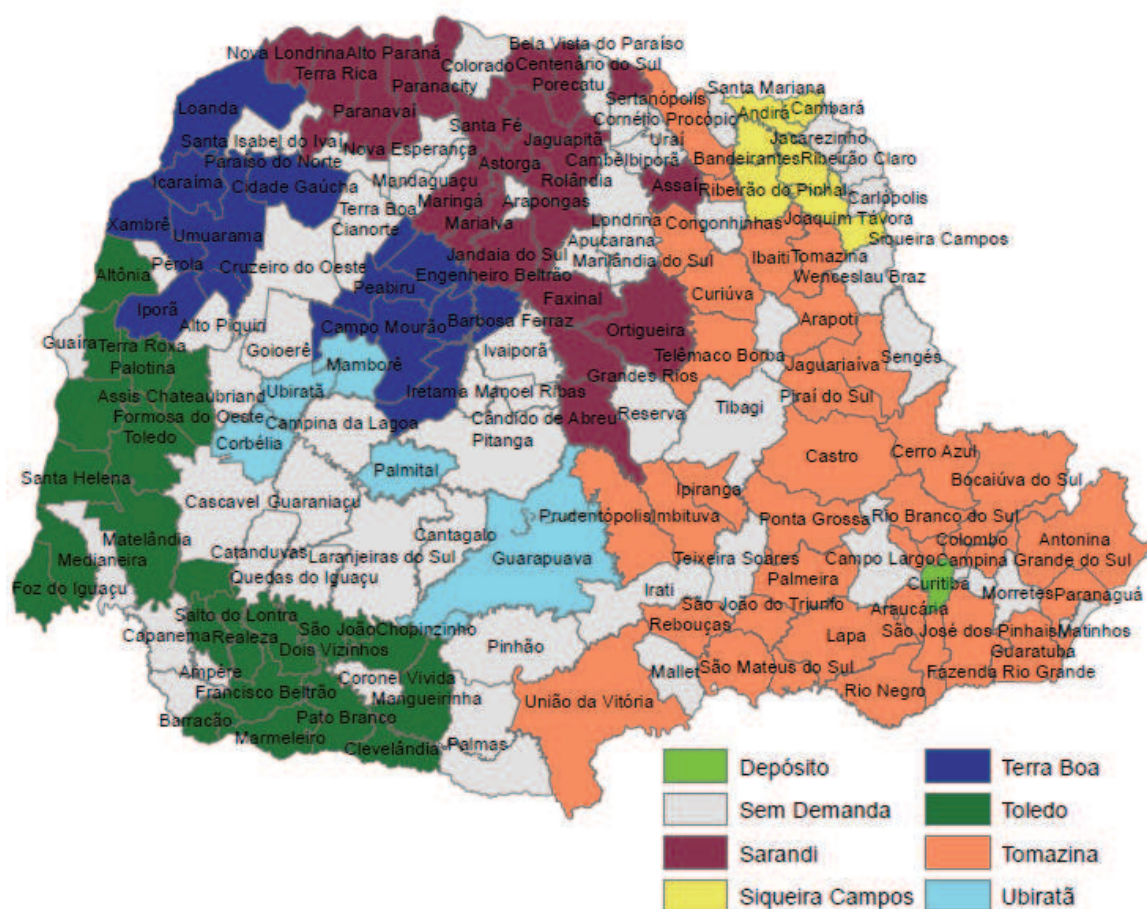


FIGURA 18 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM MAIO

FONTE: O autor (2013)

Já o QUADRO 6 apresenta a roteirização otimizada a ser adotada em cada um dos agrupamentos formados na solução com 6 medianas, que é a solução com melhor resultado, ou seja, mínima distância, capaz de atender a demanda do mês de Maio.

Mediana	Roteirização
Sarandi	Curitiba → Cândido de Abreu → Grandes Rios → Jandaia do Sul → Marialva → Sarandi → Maringá → Alto Paraná → Paranavaí → Nova Londrina → Terra Rica → Paranacity → Santa Fé → Astorga → Jaguapitã → Centenário do Sul → Porecatu → Primeiro de Maio → Assaí → Cambé → Rolândia → Arapongas → Apucarana → Faxinal → Ortigueira → Curitiba
Siqueira Campos	Curitiba → Siqueira Campos → Joaquim Távora → Santo Antônio da Platina → Cambará → Andirá → Bandeirantes → Ribeirão do Pinhal → Curitiba
Terra Boa	Curitiba → Iretama → Campo Mourão → Peabiru → Cidade Gaúcha → Loanda → Icaraíma → Xambê → Umuarama → Iporã → Terra Boa → Engenheiro Beltrão → Barbosa Ferraz → São João do Ivaí → Curitiba
Toledo	Curitiba → Mangueirinha → Clevelândia → Pato Branco → Marmeleiro → Francisco Beltrão → Barracão → São Miguel do Iguaçu → Foz do Iguaçu → Matelândia → Santa Helena → Marechal Cândido Rondon → Palotina → Altônia → Terra Roxa → Assis Chateaubriand → Toledo → Capitão Leônidas Marques → Realeza → Salto do Lontra → Dois Vizinhos → São João → Chopinzinho → Curitiba
Tomazina	Curitiba → Almirante Tamandaré → Rio Branco do Sul → Cerro Azul → Castro → Piraí do Sul → Jaguariaíva → Arapoti → Tomazina → Ibaiti → Nova Fátima → Cornélio Procópio → São Jerônimo da Serra → Curiúva → Telêmaco Borba → Ipiranga → Prudentópolis → Rebouças → Imbituva → Ponta Grossa → Palmeira → São João do Triunfo → São Mateus do Sul → União da Vitória → Rio Negro → Lapa → Araucária → Fazenda Rio Grande → São José dos Pinhais → Paranaguá → Matinhos → Guaratuba → Antonina → Campina Grande do Sul → Bocaiúva do Sul → Colombo → Curitiba
Ubiratã	Curitiba → Guarapuava → Mamborê → Ubiratã → Corbélia → Palmital → Curitiba

QUADRO 6 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE MAIO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.7 SITUAÇÃO PROPOSTA – JUNHO

Na TABELA 9 está descrito o melhor resultado obtido para que as 101 Comarcas que solicitaram a entrega de bens permanentes em suas sedes fossem atendidas.

TABELA 9 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE JUNHO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
7 Medianas	São João do Triunfo	26	1.644,29	2.310,00	Viável
	Sarandi	20	1.411,80	2.400,00	Viável
	Telêmaco Borba	19	1.186,30	2.415,00	Viável
	Terra Boa	8	1.256,30	2.580,00	Viável
	Terra Rica	5	1.252,10	2.625,00	Viável
	Toledo	21	1.938,70	2.385,00	Viável
	Umuarama	9	1.442,10	2.565,00	Viável
	Total	108	10.131,59	-	-

FONTE: O autor (2013)

Para que a demanda das Comarcas no mês de Junho fosse atendida, foram gerados os resultados expostos na Seção APÊNDICE, Apêndice J – Resultados do mês de Junho. Dentre tais resultados, percebe-se que as soluções com 4, 5 e 6 medianas são inviáveis, por formarem 1 ou mais agrupamentos em que a distância a ser percorrida ultrapassa o limite máximo possível.

As demais soluções apresentadas são todas viáveis e, dentre estas, a menor distância total a ser percorrida é de 10.131,59 km, obtida com a solução que contém 7 medianas, sendo esta, portanto, a melhor solução a ser adotada para atendimento a demanda de Junho.

Os agrupamentos formados com a solução de 7 medianas podem ser observados na FIGURA 19, a qual contém o mapa do estado do Paraná em que as Comarcas pertencentes ao mesmo agrupamento são identificadas pela mesma tonalidade de cor em sua extensão territorial.

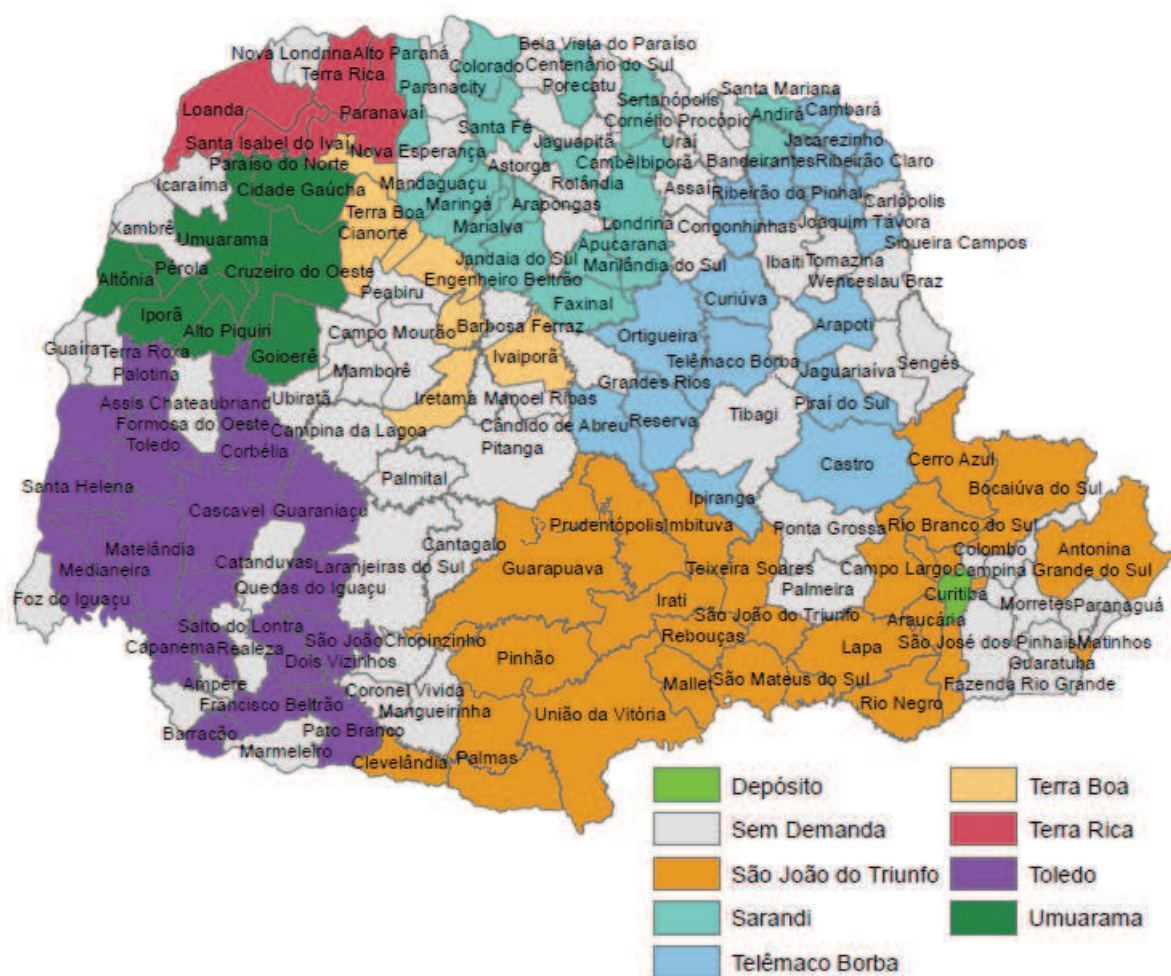


FIGURA 19 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM JUNHO
 FONTE: O autor (2013)

O QUADRO 7 apresenta qual o roteiro de entrega de bens permanentes, a partir de Curitiba, que deve ser adotado em cada um dos 7 agrupamentos pertencentes à melhor solução do mês de Junho, de forma a minimizar a distância total a ser percorrida para atendimento das Comarcas demandantes.

Mediana	Roteirização
São João do Triunfo	Curitiba → Campo Largo → Teixeira Soares → Irati → Rebouças → Mallet → União da Vitória → Palmas → Clevelândia → Pinhão → Guarapuava → Prudentópolis → Imbituva → São João do Triunfo → São Mateus do Sul → Rio Negro → Lapa → Araucária → Fazenda Rio Grande → Pinhais → Matinhos → Antonina → Bocaiúva do Sul → Cerro Azul → Rio Branco do Sul → Almirante Tamandaré → Curitiba
Sarandi	Curitiba → Andirá → Bandeirantes → Ibiporã → Londrina → Rolândia → Sertanópolis → Primeiro de Maio → Porecatu → Santa Fé → Colorado → Alto

(continua)

QUADRO 7 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JUNHO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

Sarandi	Paraná → Mandaguaçu → Maringá → Sarandi → Marialva → Mandaguari → Jandaia do Sul → Marilândia do Sul → Faxinal → Curitiba
Telêmaco Borba	Curitiba → Castro → Piraí do Sul → Arapoti → Siqueira Campos → Joaquim Távora → Ribeirão Claro → Jacarezinho → Cambará → Santo Antônio da Platina → Ribeirão do Pinhal → Nova Fátima → Congonhinhas → Curiúva → Telêmaco Borba → Ortigueira → Cândido de Abreu → Reserva → Ipiranga → Curitiba
Terra Boa	Curitiba → Iretama → Ivaiporã → Barbosa Ferraz → Engenheiro Beltrão → Terra Boa → Cianorte → Paraíso do Norte → Curitiba
Terra Rica	Curitiba → Terra Rica → Santa Isabel do Ivaí → Loanda → Paranavaí → Curitiba
Toledo	Curitiba → Quedas do Iguaçu → Dois Vizinhos → São João → Pato Branco → Francisco Beltrão → Barracão → Realeza → Capitão Leônidas Marques → Capanema → São Miguel do Iguaçu → Matelândia → Medianeira → Santa Helena → Marechal Cândido Rondon → Toledo → Palotina → Formosa do Oeste → Corbélia → Cascavel → Guaraniaçu → Curitiba
Umuarama	Curitiba → Cidade Gaúcha → Umuarama → Pérola → Altônia → Iporã → Alto Piquiri → Cruzeiro do Oeste → Goioerê → Curitiba

(conclusão)

QUADRO 7 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JUNHO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.8 SITUAÇÃO PROPOSTA – JULHO

Na TABELA 10 encontra-se exposto o melhor resultado obtido para cumprir a necessidade de atendimento das 85 Comarcas solicitantes de bens permanentes.

TABELA 10 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE JULHO

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
5 Medianas	Mandaguaçu	7	1.222,80	2.595,00	Viável
	Sarandi	30	1.754,09	2.250,00	Viável
	Sertanópolis	23	1.229,90	2.355,00	Viável
	Toledo	21	1.911,60	2.385,00	Viável
	Umuarama	9	1.486,90	2.565,00	Viável
	Total	90	7.605,29	-	-

FONTE: O autor (2013)

Para o mês de Julho, de acordo com os resultados apresentados no Apêndice K – Resultados do mês de Julho, apenas a solução com 4 medianas é inviável, pois entre seus agrupamentos, o que teve a Comarca de Umuarama como mediana,

Mediana	Roteirização
Mandaguçu	Curitiba → Colorado → Nova Londrina → Paranavaí → Alto Paraná → Nova Esperança → Mandaguçu → Curitiba
Sarandi	Curitiba → Campina Grande do Sul → Bocaiúva do Sul → Rio Branco do Sul → Almirante Tamandaré → Colombo → Reserva → Ortigueira → Faxinal → Grandes Rios → Marilândia do Sul → Apucarana → Arapongas → Mandaguari → Sarandi → Santa Fé → Terra Boa → Peabiru → Barbosa Ferraz → São João do Ivaí → Manoel Ribas → Pitanga → Teixeira Soares → Mallet → São Mateus do Sul → São João do Triunfo → Campo Largo → Araucária → Paranaguá → Pinhais → Curitiba
Sertanópolis	Curitiba → Castro → Telêmaco Borba → Curiúva → Ibaiti → Congonhinhas → Assaí → Londrina → Centenário do Sul → Porecatu → Bela Vista do Paraíso → Sertanópolis → Uraí → Cornélio Procópio → Santa Mariana → Bandeirantes → Ribeirão do Pinhal → Santo Antônio da Platina → Ribeirão Claro → Joaquim Távora → Arapoti → Jaguariaíva → Cerro Azul → Curitiba
Toledo	Curitiba → Cantagalo → Quedas do Iguaçu → Catanduvas → Guaraniaçu → Corbélia → Cascavel → Toledo → Guaíra → Santa Helena → Matelândia → Medianeira → Santo Antônio do Sudoeste → Marmeleiro → Francisco Beltrão → Pato Branco → Clevelândia → Mangueirinha → Coronel Vivida → Chopinzinho → Guarapuava → Curitiba
Umuarama	Curitiba → Santa Isabel do Ivaí → Cidade Gaúcha → Umuarama → Alto Piquiri → Cruzeiro do Oeste → Goioerê → Mamborê → Palmital → Curitiba

QUADRO 8 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE JULHO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.9 SITUAÇÃO PROPOSTA – AGOSTO

No mês de Agosto, 130 Comarcas solicitaram a entrega de bens permanentes. Desse modo, para que tal entrega fosse realizada, o melhor resultado obtido é apresentado na TABELA 11.

TABELA 11 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE AGOSTO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
5 Medianas	Toledo	23	1.969,10	2.355,00	Viável
	Umuarama	26	2.125,20	2.310,00	Viável
	União da Vitória	31	1.741,49	2.235,00	Viável

(continua)

TABELA 11 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE AGOSTO DE 2011

					(conclusão)
5 Medianas	Uraí	35	1.843,29	2.175,00	Viável
	Wenceslau Braz	20	1.068,90	2.400,00	Viável
	Total	135	8.747,98	-	-

FONTE: O autor (2013)

Ao se analisar todos os resultados obtidos para o citado mês, conforme consta na Seção APÊNDICE, Apêndice L – Resultados do mês de Agosto, evidencia-se que as soluções com 4 e 6 medianas são inviáveis, pois ambas possuem agrupamentos que apresentam uma distância mínima para roteirização maior do que a distância máxima possível de ser percorrida.

Desta forma, excluindo-se ambas as soluções, entre as restantes, se verifica que a distância total mínima a ser percorrida é de 8.747,98 km, distância esta que é obtida com a solução contendo 5 medianas. Então, a melhor solução para atender as demandas do mês de Agosto é a solução com 5 medianas.

A FIGURA 21 apresenta a disposição geográfica no estado do Paraná dos 5 agrupamentos que foram obtidos na melhor solução para o mês de Agosto de 2011.



FIGURA 21 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM AGOSTO

FONTE: O autor (2013)

Os roteiros otimizados dos agrupamentos existentes na solução com 5 medianas, em que as Comarcas de Toledo, Umuarama, União da Vitória, Uraí e Wenceslau Braz foram medianas, estão descritos no QUADRO 9.

Mediana	Roteirização
Toledo	Curitiba → Dois Vizinhos → Salto do Lontra → Capitão Leônidas Marques → Realeza → Barracão → Santo Antônio do Sudoeste → Capanema → São Miguel do Iguaçu → Foz do Iguaçu → Matelândia → Medianeira → Santa Helena → Marechal Cândido Rondon → Guaíra → Toledo → Assis Chateaubriand → Formosa do Oeste → Corbélia → Catanduvas → Guaraniaçu → Laranjeiras do Sul → Curitiba
Umuarama	Curitiba → Iretama → Barbosa Ferraz → Mamborê → Campo Mourão → Peabiru → Engenheiro Beltrão → Cianorte → Terra Boa → Iporã → Altônia → Xambê → Umuarama → Icaraíma → Santa Isabel do Ivaí → Loanda → Terra Rica → Nova Londrina → Paranavaí → Nova Esperança → Alto Paraná → Cidade Gaúcha → Cruzeiro do Oeste → Goioerê → Campina da Lagoa → Palmital → Manoel Ribas → Curitiba
União da Vitória	Curitiba → Palmeira → Ipiranga → Imbituva → Guarapuava → Pinhão → São João → Pato Branco → Coronel Vivida → Mangueirinha → Palmas → União da Vitória → Mallet → Rebouças → Irati → Teixeira Soares → São João do Triunfo → São Mateus do Sul → Rio Negro → Lapa → Araucária → Fazenda Rio Grande → São José dos Pinhais → Paranaguá → Matinhos → Guaratuba → Morretes → Antonina → Campina Grande do Sul → Piraquara → Pinhais → Curitiba
Uraí	Curitiba → Cândido de Abreu → Grandes Rios → Ivaiporã → São João do Ivaí → Jandaia do Sul → Mandaguari → Sarandi → Maringá → Mandaguaçu → Paranacity → Colorado → Centenário do Sul → Santa Fé → Jaguapitã → Bela Vista do Paraíso → Primeiro de Maio → Uraí → Cornélio Procópio → Bandeirantes → Andirá → Cambará → Santa Mariana → Nova Fátima → Congonhinhas → São Jerônimo da Serra → Assaí → Ibiporã → Londrina → Rolândia → Arapongas → Apucarana → Marilândia do Sul → Faxinal → Ortigueira → Curitiba
Wenceslau Braz	Curitiba → Almirante Tamandaré → Colombo → Bocaiúva do Sul → Rio Branco do Sul → Cerro Azul → Sengés → Jaguariaíva → Arapoti → Wenceslau Braz → Siqueira Campos → Joaquim Távora → Ribeirão Claro → Jacarezinho → Curiúva → Telêmaco Borba → Reserva → Tibagi → Castro → Ponta Grossa → Curitiba

QUADRO 9 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE AGOSTO DE 2011

FONTE: O autor (2013)

4.10 SITUAÇÃO PROPOSTA – SETEMBRO

Para o mês de Setembro, 108 Comarcas demonstraram necessidades quanto aos bens permanentes. Assim sendo, para que tais necessidades fossem sanadas, o melhor resultado obtido neste estudo é o exposto na TABELA 12, o qual contempla 5 medianas e resulta numa distância total de 8.577,68 km.

TABELA 12 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
5 Medianas	Toledo	23	1.929,60	2.355,00	Viável
	Ubiratã	9	1.233,80	2.565,00	Viável
	Umuarama	13	1.512,80	2.505,00	Viável
	União da Vitória	31	1.883,59	2.235,00	Viável
	Uraí	37	2.017,89	2.145,00	Viável
	Total	113	8.577,68	-	-

FONTE: O autor (2013)

As demais soluções obtidas no mês de Setembro estão expostas no Apêndice M – Resultados do mês de Setembro. A FIGURA 22 apresenta os 5 agrupamentos que foram obtidos através da solução com 5 medianas.

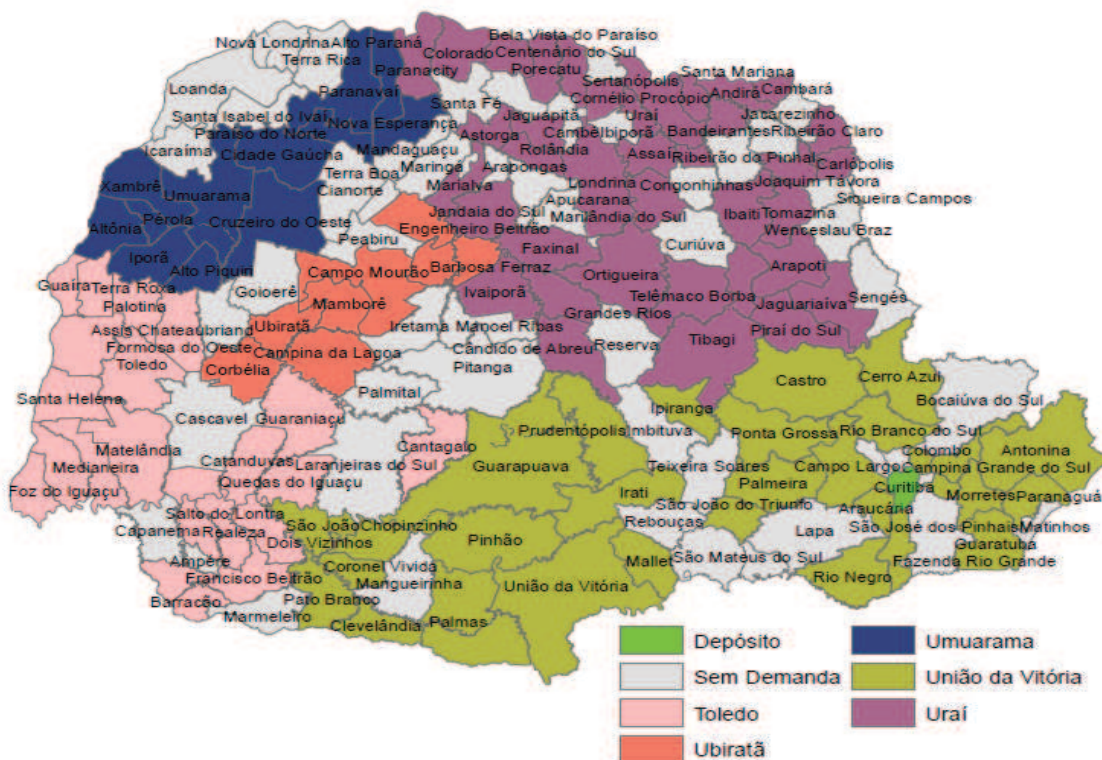


FIGURA 22 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM SETEMBRO

FONTE: O autor (2013)

Ao realizar a roteirização das Comarcas pertencentes a cada um dos 5 agrupamentos da melhor solução obtida encontram-se os resultados que estão expostos no QUADRO 10.

Mediana	Roteirização
Toledo	Curitiba → Quedas do Iguaçu → Dois Vizinhos → Salto do Lontra → Francisco Beltrão → Barracão → Santo Antônio do Sudoeste → Realeza → Capitão Leônidas Marques → Matelândia → Foz do Iguaçu → São Miguel do Iguaçu → Medianeira → Santa Helena → Marechal Cândido Rondon → Guaíra → Terra Roxa → Palotina → Assis Chateaubriand → Toledo → Catanduvas → Guaraniaçu → Cantagalo → Curitiba
Ubiratã	Curitiba → Corbélia → Ubiratã → Campina da Lagoa → Mamborê → Campo Mourão → Engenheiro Beltrão → Barbosa Ferraz → São João do Ivaí → Curitiba
Umuarama	Curitiba → Nova Esperança → Paranaíba → Cruzeiro do Oeste → Alto Piquiri → Iporã → Altônia → Pérola → Xambê → Umuarama → Cidade Gaúcha → Paraíso do Norte → Alto Paraná → Curitiba
União da Vitória	Curitiba → Colombo → Campina Grande do Sul → Antonina → Morretes → Guaratuba → Paranaguá → Piraquara → Rio Branco do Sul → Cerro Azul → Castro → Ipiranga → Ponta Grossa → Palmeira → São João do Triunfo → Irati → Prudentópolis → Guarapuava → Pinhão → Chopinzinho → São João → Coronel Vivida → Pato Branco → Clevelândia → Palmas → União da Vitória → Mallet → Rio Negro → Fazenda Rio Grande → Araucária → Campo Largo → Curitiba
Uraí	Curitiba → Tibagi → Ortigueira → Telêmaco Borba → São Jerônimo da Serra → Assaí → Londrina → Faxinal → Grandes Rios → Cândido de Abreu → Ivaiporã → Jandaia do Sul → Marialva → Arapongas → Rolândia → Astorga → Paranacity → Colorado → Centenário do Sul → Porecatu → Bela Vista do Paraíso → Sertanópolis → Uraí → Nova Fátima → Cornélio Procópio → Santa Mariana → Bandeirantes → Andirá → Cambará → Ribeirão Claro → Carlópolis → Joaquim Távora → Ibaiti → Tomazina → Arapoti → Jaguariaíva → Piraí do Sul → Curitiba

QUADRO 10 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011

FONTE: O autor (2013)

4.11 SITUAÇÃO PROPOSTA – OUTUBRO

No mês de Outubro, de 2011, 115 Comarcas solicitaram a entrega de bens permanentes em suas sedes. O melhor resultado obtido para que tal demanda fosse cumprida está exposto na TABELA 13.

TABELA 13 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
5 Medianas	Sarandi	22	1.434,40	2.370,00	Viável
	Terra Boa	20	1.728,10	2.400,00	Viável
	Toledo	26	2.121,30	2.310,00	Viável
	Uraí	14	1.184,60	2.490,00	Viável
	Wenceslau Braz	38	1.837,49	2.130,00	Viável
	Total	120	8.305,89	-	-

FONTE: O autor (2013)

Para o atendimento das Comarcas no mês de Outubro, todos os resultados obtidos encontram-se expostos na Seção APÊNDICE, mais especificamente no Apêndice N – Resultados do mês de Outubro. Dentre tais resultados, percebe-se que as soluções com 4, 6 e 8 medianas não podem ser adotadas, pois todas são inviáveis, por conterem 1 agrupamento em que a distância total a ser percorrida é maior do que a distância máxima possível para tal agrupamento.

Deste modo, considerando as demais soluções, evidencia-se que a solução com 5 medianas é a que deve ser adotada, pois apresenta a menor distância total a ser percorrida para o atendimento das Comarcas demandantes, sendo esta distância resulta num total de 8.305,89 km.

Os 5 agrupamentos pertencentes à melhor solução obtida para o mês de Outubro, que estão apresentados na TABELA 13, podem ser visualizados no mapa do estado do Paraná, o qual está exposto na FIGURA 23. Destaca-se que as muitas Comarcas que foram sombreadas com a cor cinza são Comarcas que não possuem demanda no mês em análise.



FIGURA 23 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM OUTUBRO
 FONTE: O autor (2013)

Os roteiros otimizados dos agrupamentos, que compõem a melhor solução para as demandas do mês de Outubro de 2011, podem ser visualizados no QUADRO 11.

Mediana	Roteirização
Sarandi	Curitiba → Faxinal → Marilândia do Sul → Apucarana → Arapongas → Rolândia → Jaguapitã → Astorga → Santa Fé → Centenário do Sul → Paranacity → Nova Londrina → Alto Paraná → Nova Esperança → Mandaguaçu → Maringá → Sarandi → Marialva → Mandaguari → Jandaia do Sul → Grandes Rios → Cândido de Abreu → Curitiba
Terra Boa	Curitiba → Manoel Ribas → Iretama → São João do Ivaí → Engenheiro Beltrão → Paraíso do Norte → Cidade Gaúcha → Cruzeiro do Oeste → Icaraíma → Xambê → Iporã → Terra Boa → Peabiru → Campo Mourão → Mamborê → Goioerê → Campina da Lagoa → Palmital → Pitanga → Guarapuava → Curitiba

(continua)

QUADRO 11 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

Toledo	Curitiba → Mangueirinha → Chopinzinho → Coronel Vivida → Pato Branco → Marmeleiro → Francisco Beltrão → Realeza → Capanema → São Miguel do Iguaçu → Foz do Iguaçu → Matelândia → Medianeira → Santa Helena → Palotina → Terra Roxa → Guaíra → Alto Piquiri → Formosa do Oeste → Toledo → Cascavel → Corbélia → Catanduvas → Dois Vizinhos → São João → Laranjeiras do Sul → Curitiba
Uraí	Curitiba → Ribeirão do Pinhal → Nova Fátima → Congonhinhas → Assaí → Ibiporã → Londrina → Cambé → Bela Vista do Paraíso → Porecatu → Sertanópolis → Uraí → Cornélio Procópio → Cambará → Curitiba
Wenceslau Braz	Curitiba → Almirante Tamandaré → Rio Branco do Sul → Cerro Azul → Bocaiúva do Sul → Colombo → Pinhais → Piraquara → Antonina → Morretes → Guaratuba → Matinhos → Paranaguá → São José dos Pinhais → Fazenda Rio Grande → Rio Negro → Lapa → São João do Triunfo → São Mateus do Sul → Mallet → Rebouças → Irati → Teixeira Soares → Ipiranga → Reserva → Curiúva → Ibaiti → Santo Antônio da Platina → Jacarezinho → Ribeirão Claro → Joaquim Távora → Siqueira Campos → Tomazina → Wenceslau Braz → Sengés → Jaguariaíva → Castro → Palmeira → Curitiba

(conclusão)

QUADRO 11 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.12 SITUAÇÃO PROPOSTA – NOVEMBRO

Na TABELA 14 está disposto o melhor resultado obtido para que as 73 Comarcas que solicitaram a entrega de bens permanentes no mês de Novembro fossem atendidas pelo Departamento do Patrimônio.

TABELA 14 – MELHOR RESULTADO DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
5 Medianas	Terra Boa	19	1.744,10	2.415,00	Viável
	Tibagi	21	1.462,90	2.385,00	Viável
	Toledo	21	2.008,30	2.385,00	Viável
	Ubiratã	5	1.199,30	2.625,00	Viável
	Wenceslau Braz	12	959,40	2.520,00	Viável
	Total	78	7.374,00	-	-

FONTE: O autor (2013)

Analisando-se todos os resultados obtidos para o citado mês, os quais estão dispostos no Apêndice O – Resultados do mês de Novembro, percebe-se que algumas das soluções obtidas para o atendimento das demandas do mês de Novembro são inviáveis, tendo em vista conterem agrupamento em que a distância mínima a ser percorrida supera a distância máxima possível. Desta feita, as soluções com 4, 6 e 7 medianas não podem ser adotadas por apresentarem roteiro inviável.

Dentre as demais soluções apresentadas, a solução com 5 medianas é a que deve ser adotada, pois fornece a distância mínima total a ser percorrida para o atendimento de todas as Comarcas demandantes, sendo que tal distância é de 7.374,00 km.

A formação dos agrupamentos de Comarcas que forneceu a melhor solução, com 5 medianas, para o mês de Novembro, pode ser visualizada através da FIGURA 24.



FIGURA 24 – AGRUPAMENTO DAS COMARCAS EM NOVEMBRO
 FONTE: O autor (2013)

Já o QUADRO 12, apresenta os roteiros otimizados de cada um dos 5 agrupamentos de tal solução, que tiveram como medianas as Comarcas de Terra Boa, Tibagi, Toledo, Ubatã e Wenceslau Braz.

Mediana	Roteirização
Terra Boa	Curitiba → Jandaia do Sul → Mandaguari → Cambé → Sertanópolis → Porecatu → Colorado → Nova Esperança → Mandaguaçu → Paranavaí → Nova Londrina → Xambê → Cruzeiro do Oeste → Campo Mourão → Terra Boa → Engenheiro Beltrão → Barbosa Ferraz → São João do Ivaí → Manoel Ribas → Curitiba
Tibagi	Curitiba → Campina Grande do Sul → Morretes → Paranaguá → Matinhos → Fazenda Rio Grande → Araucária → Castro → Tibagi → Telêmaco Borba → Ortigueira → Reserva → Guarapuava → Teixeira Soares → Rebouças → Mallet → União da Vitória → São João do Triunfo → Palmeira → Campo Largo → Almirante Tamandaré → Curitiba
Toledo	Curitiba → Catanduvas → Cascavel → Toledo → Alto Piquiri → Guaíra → Palotina → Santa Helena → Matelândia → Medianeira → São Miguel do Iguçu → Capanema → Santo Antônio do Sudoeste → Marmeleiro → Francisco Beltrão → Dois Vizinhos → São João → Coronel Vivida → Pato Branco → Clevelândia → Mangueirinha → Curitiba
Ubatã	Curitiba → Corbélia → Formosa Do Oeste → Goioerê → Ubatã → Curitiba
Wenceslau Braz	Curitiba → Jaguariaíva → Wenceslau Braz → Andirá → Cornélio Procópio → Assaí → Uraí → Nova Fátima → Ribeirão do Pinhal → Joaquim Távora → Siqueira Campos → Tomazina → Curitiba

QUADRO 12 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011

FONTE: O autor (2013)

4.13 SITUAÇÃO PROPOSTA – DEZEMBRO

Finalmente, para o mês de Dezembro, 81 Comarcas demonstraram necessidades quanto aos bens permanentes. Assim sendo, para que tais necessidades fossem sanadas, o melhor resultado obtido é o exposto na TABELA 15.

Os roteiros otimizados de cada um dos 5 agrupamentos que compõem a melhor solução para atendimento das demandas das Comarcas no mês de Dezembro, estão expostos no QUADRO 13.

Mediana	Roteirização
Nova Esperança	Curitiba → Apucarana → Arapongas → Astorga → Porecatu → Centenário do Sul → Alto Paraná → Paraíso do Norte → Paranaíba → Nova Esperança → Maringá → Sarandi → Mandaguari → Curitiba
São Jerônimo da Serra	Curitiba → Campina Grande do Sul → Antonina → Paranaguá → Guaratuba → São José dos Pinhais → Fazenda Rio Grande → Rio Negro → São Mateus do Sul → Palmeira → Ipiranga → Reserva → Ortigueira → Telêmaco Borba → São Jerônimo da Serra → Iporã → Rolândia → Cambé → Primeiro de Maio → Cornélio Procopio → Nova Fátima → Ribeirão do Pinhal → Bandeirantes → Andirá → Cambará → Ribeirão Claro → Carlópolis → Santo Antônio da Platina → Ibaiti → Wenceslau Braz → Sengés → Arapoti → Piraí do Sul → Cerro Azul → Bocaiúva do Sul → Colombo → Curitiba
Terra Boa	Curitiba → Cândido de Abreu → Manoel Ribas → São João do Ivaí → Cidade Gaúcha → Umuarama → Iporã → Terra Boa → Peabiru → Campina da Lagoa → Palmital → Guarapuava → Curitiba
Terra Rica	Curitiba → Terra Rica → Nova Londrina → Santa Isabel do Ivaí → Curitiba
Toledo	Curitiba → Clevelândia → Pato Branco → Chopinzinho → São João → Marmeleiro → Barracão → Santo Antônio do Sudoeste → Foz do Iguaçu → São Miguel do Iguaçu → Santa Helena → Guaíra → Terra Roxa → Altônia → Pérola → Assis Chateaubriand → Toledo → Cascavel → Realeza → Quedas do Iguaçu → Cantagalo → Curitiba

QUADRO 13 – ROTEIRIZAÇÃO DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2011
 FONTE: O autor (2013)

4.14 COMPARATIVO ENTRE MÉTODO EXATO E O MÉTODO HEURÍSTICO NA ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS

Como exposto na Seção 3.5, nos agrupamentos que continham até 20 Comarcas, a resolução da roteirização destas Comarcas foi realizada através do Método Exato. Isto ocorreu em virtude de que em testes realizados, percebeu-se que o tempo computacional para a obtenção da solução otimizada era adequado

(inferiores a 10 minutos), não havendo a necessidade da resolução pelo método heurístico.

Já para agrupamentos que continham mais que 25 Comarcas, constatou-se que a solução exata, se fosse obtida, iria demandar de um tempo computacional excessivo (mais que 5 horas), motivo pelo qual se optou pela utilização apenas do método heurístico.

Para os agrupamentos que continham de 21 a 25 Comarcas, foram utilizadas as duas técnicas de resolução do problema da roteirização da entrega dos bens permanentes às Comarcas: o método exato e o método heurístico. Os resultados obtidos, em ambos os casos, quanto à distância total a ser percorrida estão expostos na TABELA 16, enquanto que o tempo computacional para a obtenção destes resultados com a utilização dos 2 métodos de resolução estão descritos na TABELA 17.

TABELA 16 – COMPARATIVO DA DISTÂNCIA TOTAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO
(continua)

Agrupamento	Mediana	Comarcas	Distância Total (em Km)	
			Método Exato	Método Heurístico
Janeiro - 10 Medianas	Sarandi	23	1.771,80	1.771,80
Janeiro - 11 Medianas	Toledo	22	2.048,90	2.129,29
Janeiro - 12 Medianas	Sarandi	25	1.809,20	1.809,20
Janeiro - 6 Medianas	Sertanópolis	22	1.304,30	1.304,30
Janeiro - 6 Medianas	Terra Boa	25	1.949,70	1.949,70
Janeiro - 6 Medianas	Wenceslau Bráz	23	1.116,20	1.116,19
Janeiro - 7 Medianas	Sarandi	25	1.809,20	1.809,20
Janeiro - 9 Medianas	Terra Boa	24	1.545,00	1.708,00
Janeiro - 9 Medianas	Toledo	22	1.956,20	2.094,90
Fevereiro - 10 Medianas	Sarandi	22	1.595,30	1.595,30
Fevereiro - 10 Medianas	Siqueira Campos	21	1.022,10	1.022,10
Fevereiro - 7 Medianas	Sarandi	25	1.765,40	1.765,40
Fevereiro - 7 Medianas	Tomazina	22	1.124,30	1.124,30
Março - 4 Medianas	Terra Boa	22	2.217,90	2.226,10
Março - 5 Medianas	Andirá	23	1.756,70	1.756,70
Março - 6 Medianas	Terra Boa	25	2.475,10	2.475,10
Março - 7 Medianas	Terra Boa	23	2.309,70	2.309,70
Abril - 6 Medianas	Sengés	23	1.408,40	1.408,40
Abril - 8 Medianas	Telêmaco Borba	22	1.526,60	1.526,60
Abril - 9 Medianas	Telêmaco Borba	22	1.526,60	1.526,60
Mai - 10 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.325,40	1.335,99
Mai - 10 Medianas	Sarandi	24	1.647,40	1.647,40
Mai - 11 Medianas	Sarandi	22	1.589,10	1.629,50

TABELA 16 – COMPARATIVO DA DISTÂNCIA TOTAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO
(continuação)

Maio - 5 Medianas	Toledo	22	1.975,60	1.975,60
Maio - 6 Medianas	Sarandi	25	1.655,00	1.722,00
Maio - 6 Medianas	Toledo	23	2.081,30	2.139,30
Maio - 8 Medianas	Rolândia	23	1.644,30	1.656,10
Maio - 8 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.325,40	1.335,99
Maio - 9 Medianas	Sarandi	22	1.589,10	1.629,50
Junho - 5 Medianas	Toledo	24	2.336,50	2.336,50
Junho - 6 Medianas	Sertanópolis	24	1.352,20	1.352,20
Junho - 6 Medianas	Toledo	25	2.340,50	2.340,50
Junho - 7 Medianas	Toledo	21	1.938,70	2.013,00
Junho - 8 Medianas	Toledo	22	2.186,00	2.203,39
Junho - 9 Medianas	Toledo	21	2.159,30	2.159,30
Julho - 4 Medianas	Sertanópolis	23	1.229,90	1.339,30
Julho - 5 Medianas	Sertanópolis	23	1.229,90	1.339,30
Julho - 5 Medianas	Toledo	21	1.911,60	1.911,60
Julho - 6 Medianas	Toledo	21	2.065,40	2.109,50
Agosto - 10 Medianas	Toledo	25	2.196,90	2.238,49
Agosto - 12 Medianas	Toledo	22	2.075,30	2.075,30
Agosto - 5 Medianas	Toledo	23	1.969,10	1.969,10
Agosto - 6 Medianas	Terra Boa	21	1.589,40	1.589,40
Agosto - 6 Medianas	Uraí	23	1.404,50	1.407,29
Agosto - 7 Medianas	Toledo	25	2.196,90	2.238,49
Agosto - 8 Medianas	Toledo	25	2.196,90	2.238,49
Setembro - 10 Medianas	Uraí	21	1.567,30	1.629,19
Setembro - 12 Medianas	União da Vitória	21	1.564,50	1.575,19
Setembro - 5 Medianas	Toledo	23	1.929,60	2.075,49
Setembro - 6 Medianas	Uraí	25	1.651,70	1.660,89
Setembro - 7 Medianas	Uraí	25	1.651,70	1.660,89
Setembro - 8 Medianas	União da Vitória	21	1.564,50	1.575,19
Setembro - 9 Medianas	União da Vitória	21	1.564,50	1.575,19
Outubro - 10 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.182,70	1.187,19
Outubro - 10 Medianas	Sarandi	21	1.676,80	1.679,79
Outubro - 10 Medianas	Toledo	22	1.920,60	1.920,60
Outubro - 11 Medianas	Toledo	21	1.870,70	1.870,70
Outubro - 4 Medianas	Uraí	23	1.401,40	1.443,69
Outubro - 5 Medianas	Sarandi	22	1.434,40	1.562,00
Outubro - 7 Medianas	Sarandi	23	1.717,60	1.717,60
Outubro - 7 Medianas	Toledo	25	2.064,00	2.084,09
Outubro - 9 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.182,70	1.187,19
Outubro - 9 Medianas	Sarandi	21	1.676,80	1.676,80
Outubro - 9 Medianas	Toledo	22	1.920,60	1.920,60
Novembro - 4 Medianas	União da Vitória	21	1.507,30	1.507,30
Novembro - 5 Medianas	Tibagi	21	1.462,90	1.462,90
Novembro - 5 Medianas	Toledo	21	2.008,30	2.219,40

TABELA 16 – COMPARATIVO DA DISTÂNCIA TOTAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO
(conclusão)

Novembro - 6 Medianas	Toledo	25	2.467,70	2.533,99
Dezembro - 5 Medianas	Toledo	21	2.093,80	2.093,80

FONTE: O autor (2013)

Dentre os 69 casos resolvidos, em 34 oportunidades a solução ótima obtida pelo método exato, também foi a solução final encontrada pelo método heurístico.

Já, em 35 dos 69 casos, o resultado encontrado pelo método heurístico pode ser considerado como uma solução sub-ótima, pois a distância mínima total a ser percorrida foi superior à distância mínima total a ser percorrida obtida através do método exato.

Deste modo, o método heurístico apresentou uma distância mínima a ser percorrida, em média, 3,09% superior à distância mínima obtida com o método exato, considerando apenas os casos em que as soluções obtidas foram diferentes em ambos os métodos.

TABELA 17 – COMPARATIVO DO TEMPO COMPUTACIONAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO

(continua)

Agrupamento	Mediana	Comarcas	Tempo Computacional	
			Método Exato	Método Heurístico
Janeiro - 10 Medianas	Sarandi	23	00:04:04	00:00:04
Janeiro - 11 Medianas	Toledo	22	00:00:30	00:00:03
Janeiro - 12 Medianas	Sarandi	25	00:06:25	00:00:03
Janeiro - 6 Medianas	Sertanópolis	22	00:02:45	00:00:03
Janeiro - 6 Medianas	Terra Boa	25	00:01:49	00:00:02
Janeiro - 6 Medianas	Wenceslau Braz	23	00:12:18	00:00:04
Janeiro - 7 Medianas	Sarandi	25	00:12:19	00:00:04
Janeiro - 9 Medianas	Terra Boa	24	00:00:14	00:00:03
Janeiro - 9 Medianas	Toledo	22	00:03:31	00:00:04
Fevereiro - 10 Medianas	Sarandi	22	00:01:42	00:00:03
Fevereiro - 10 Medianas	Siqueira Campos	21	00:00:46	00:00:04
Fevereiro - 7 Medianas	Sarandi	25	00:01:30	00:00:03
Fevereiro - 7 Medianas	Tomazina	22	00:00:40	00:00:03
Março - 4 Medianas	Terra Boa	22	00:00:17	00:00:03
Março - 5 Medianas	Andirá	23	00:27:07	00:00:02
Março - 6 Medianas	Terra Boa	25	00:19:17	00:00:03
Março - 7 Medianas	Terra Boa	23	00:02:09	00:00:03
Abril - 6 Medianas	Sengés	23	00:11:18	00:00:02
Abril - 8 Medianas	Telêmaco Borba	22	00:29:09	00:00:03
Abril - 9 Medianas	Telêmaco Borba	22	00:34:10	00:00:04

TABELA 17 – COMPARATIVO DO TEMPO COMPUTACIONAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO

					(continuação)
Maio - 10 Medianas	São José dos Pinhais	25	02:43:52	00:00:03	
Maio - 10 Medianas	Sarandi	24	00:02:15	00:00:03	
Maio - 11 Medianas	Sarandi	22	00:09:00	00:00:02	
Maio - 5 Medianas	Toledo	22	00:05:24	00:00:03	
Maio - 6 Medianas	Sarandi	25	00:08:12	00:00:04	
Maio - 6 Medianas	Toledo	23	00:07:45	00:00:04	
Maio - 8 Medianas	Rolândia	23	00:19:23	00:00:04	
Maio - 8 Medianas	São José dos Pinhais	25	00:33:53	00:00:04	
Maio - 9 Medianas	Sarandi	22	00:05:55	00:00:04	
Junho - 5 Medianas	Toledo	24	00:03:47	00:00:04	
Junho - 6 Medianas	Sertanópolis	24	02:40:48	00:00:03	
Junho - 6 Medianas	Toledo	25	00:04:43	00:00:04	
Junho - 7 Medianas	Toledo	21	00:00:27	00:00:04	
Junho - 8 Medianas	Toledo	22	00:01:01	00:00:04	
Junho - 9 Medianas	Toledo	21	00:00:18	00:00:03	
Julho - 4 Medianas	Sertanópolis	23	00:07:31	00:00:03	
Julho - 5 Medianas	Sertanópolis	23	00:10:18	00:00:04	
Julho - 5 Medianas	Toledo	21	00:02:06	00:00:04	
Julho - 6 Medianas	Toledo	21	00:03:46	00:00:03	
Agosto - 10 Medianas	Toledo	25	00:13:24	00:00:02	
Agosto - 12 Medianas	Toledo	22	00:08:09	00:00:02	
Agosto - 5 Medianas	Toledo	23	00:06:29	00:00:04	
Agosto - 6 Medianas	Terra Boa	21	00:02:44	00:00:02	
Agosto - 6 Medianas	Uraí	23	00:46:51	00:00:04	
Agosto - 7 Medianas	Toledo	25	00:16:20	00:00:02	
Agosto - 8 Medianas	Toledo	25	00:14:27	00:00:02	
Setembro - 10 Medianas	Uraí	21	00:03:45	00:00:02	
Setembro - 12 Medianas	União da Vitória	21	00:16:15	00:00:02	
Setembro - 5 Medianas	Toledo	23	00:03:13	00:00:03	
Setembro - 6 Medianas	Uraí	25	01:02:39	00:00:03	
Setembro - 7 Medianas	Uraí	25	00:30:42	00:00:03	
Setembro - 8 Medianas	União da Vitória	21	00:23:40	00:00:02	
Setembro - 9 Medianas	União da Vitória	21	00:21:06	00:00:02	
Outubro - 10 Medianas	São José dos Pinhais	25	06:25:39	00:00:02	
Outubro - 10 Medianas	Sarandi	21	00:03:49	00:00:02	
Outubro - 10 Medianas	Toledo	22	00:29:08	00:00:02	
Outubro - 11 Medianas	Toledo	21	00:04:57	00:00:02	
Outubro - 4 Medianas	Uraí	23	00:03:42	00:00:04	
Outubro - 5 Medianas	Sarandi	22	00:02:04	00:00:03	
Outubro - 7 Medianas	Sarandi	23	00:03:23	00:00:02	
Outubro - 7 Medianas	Toledo	25	00:59:59	00:00:04	
Outubro - 9 Medianas	São José dos Pinhais	25	04:26:15	00:00:02	
Outubro - 9 Medianas	Sarandi	21	00:03:24	00:00:02	

TABELA 17 – COMPARATIVO DO TEMPO COMPUTACIONAL ENTRE MÉTODO EXATO E HEURÍSTICO

				(conclusão)
Outubro - 9 Medianas	Toledo	22	00:11:24	00:00:02
Novembro - 4 Medianas	União da Vitória	21	00:16:20	00:00:04
Novembro - 5 Medianas	Tibagi	21	00:21:07	00:00:02
Novembro - 5 Medianas	Toledo	21	00:01:17	00:00:02
Novembro - 6 Medianas	Toledo	25	00:21:39	00:00:02
Dezembro - 5 Medianas	Toledo	21	00:05:50	00:00:04

FONTE: O autor (2013)

Ao se verificar o contido na TABELA 17, percebe-se que em todos os 69 casos apresentados, o tempo computacional necessário para a obtenção da solução através do método exato foi superior ao do método heurístico. Além disso, constatou-se que o tempo para a obtenção de solução através do método heurístico representa, em média, 2,28% do tempo necessário para a obtenção da solução através do método exato.

4.15 COMPARATIVO DA SITUAÇÃO ATUAL E A PROPOSTA

De acordo com o demonstrado na Seção 4.1 desta Dissertação, o Poder Judiciário do estado do Paraná não possui uma sistematização otimizada para a entrega de bens permanentes às Comarcas que compõem o seu Foro Judicial. Somente existe a definição de 21 grupos de Comarcas para atendimento. Além disso, não existe a otimização de rotas para o atendimento destes 21 grupos de atendimento, ficando a definição destas rotas a cargo dos motoristas que efetuam a entrega de tais bens.

Assim sendo, para que em determinado mês, as Comarcas do estado do Paraná sejam atendidas, considerando estes 21 grupos formados, pode-se ter uma distância mínima (utilizando algoritmos de otimização de rotas), bem como outras distâncias maiores que esta mínima, pois os roteiros de entrega são feitos de maneira subjetiva e sem fundamentação científica.

Na TABELA 18, são expostas as distâncias mensais mínimas para a situação praticada atualmente, bem como os resultados mensais obtidos com a proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes. Também é feita uma

comparação do resultado proposto, através do percentual de redução das distâncias.

TABELA 18 – COMPARATIVO DA DISTÂNCIA PARA ATENDIMENTO NA SITUAÇÃO ATUAL E NA PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO

Mês	Situação Atual (em km)	Situação Proposta (em km)	Redução
Janeiro	15.921,20	12.244,79	23,09%
Fevereiro	15.711,70	12.360,19	21,33%
Março	13.100,50	6.872,60	47,54%
Abril	15.030,00	8.500,49	43,44%
Maio	15.110,90	9.093,19	39,82%
Junho	15.034,90	10.131,59	32,61%
Julho	14.048,60	7.605,29	45,86%
Agosto	15.877,90	8.747,98	44,90%
Setembro	15.064,00	8.577,68	43,06%
Outubro	15.202,00	8.305,89	45,36%
Novembro	13.531,90	7.374,00	45,51%
Dezembro	14.189,50	8.054,90	43,23%
	Média		39,65%

Fonte: O autor (2013).

Importante citar que a situação atual que contempla a distância mínima foi obtida neste trabalho, não significando dizer que estas distâncias são as adotadas pelos motoristas dos veículos de entrega de bens permanentes, pois, como já dito, os roteiros de entrega não seguem uma padronização ou critérios técnicos.

Analisando o exposto na TABELA 18, percebe-se que a proposta explanada nesta Dissertação reduz em todos os meses a distância a ser percorrida para o atendimento das Comarcas do Judiciário estadual. O mês de Fevereiro é onde se verifica a menor redução de distância, sendo esta de 21,33% em relação a situação atual otimizada.

Já no mês de Março é onde se observa a maior redução de distância para atendimento das Comarcas, com 47,54% de redução em relação a situação atual otimizada.

Finalmente, percebe-se que tal proposta demonstra uma redução média de 39,65%, considerando todos os meses do ano de 2011.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Nesta Dissertação de Mestrado apresentou-se uma proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes às Comarcas que compõem a estrutura organizacional do Poder Judiciário do estado do Paraná. Para tanto, de acordo com as demandas mensais apresentadas por estas Comarcas, foi utilizando o algoritmo de Teitz e Bart para *P*-Medianas, considerando a restrição de que mensalmente deveria existir no mínimo 4 e no máximo 12 medianas.

Tais medianas serviram como sementes para que as demais Comarcas, não selecionadas como medianas pelo algoritmo de Teitz e Bart, fossem agrupadas às medianas através da aplicação do algoritmo de Gillet e Johnson modificado. Então, nos agrupamentos de Comarcas formados, foi estabelecida a melhor roteirização para a entrega de bens permanentes, utilizando-se para tanto a formulação matemática para o problema do caixeiro viajante ou o algoritmo de inserção mais econômica seguido da aplicação do algoritmo de melhoria de rota *2-opt* e *3-opt*. Ressalta-se que para a roteirização foram utilizados os métodos exato e heurístico, tendo em vista que em alguns casos, devido à quantidade de Comarcas agrupadas o método exato se tornou inadequado do ponto de vista computacional.

Neste estudo, constatou-se ainda que inexiste, na organização pública estudada, uma metodologia e sistemática que norteie a entrega de bens permanentes tendo como objetivo a otimização de tais entregas. Verificou-se que somente foram estipulados 21 grupos de atendimento, ou seja, são feitas 21 viagens para que as Comarcas, em sua totalidade, sejam atendidas quanto à entrega de bens permanentes, não se levando em conta a sazonalidade destas demandas e a localização das Comarcas que realmente necessitam de atendimento em um determinado mês.

Além disso, é importante ressaltar que pode ocorrer a criação de novas Comarcas Judiciais, não existindo ainda uma padronização de procedimento de como inserir estas novas Comarcas nos agrupamentos, para que tenham suas demandas atendidas.

Com base na situação atual e a proposta de otimização e sistematização na entrega dos bens permanentes descrita neste trabalho, constatou-se que esta proposta incide numa melhoria média de 39,65% em relação à distância total mínima que atualmente se faz necessária para que as Comarcas demandantes sejam atendidas, considerando os dados de 2011. Importante enaltecer que em alguns casos, a melhoria mínima atingida com a proposta deste estudo foi maior que 45% nos meses de Março, Julho, Outubro e Novembro. A menor melhoria mínima atingida com tal proposta ocorreu no mês de Fevereiro, em que a proposta apresentada nesta Dissertação apresenta uma redução na distância total a ser percorrida na ordem de 21,33%.

Quanto à roteirização dos veículos de entrega, esta foi obtida através do método exato, quando a mediana compreendia até 20 Comarcas nos agrupamentos obtidos, ou através do método heurístico quando a quantidade de Comarcas agrupadas era superior a 25. Nas situações em que os agrupamentos formados continham entre 21 e 25 Comarcas, optou-se pela utilização tanto do método exato como do método heurístico, justamente para que tais métodos pudessem ser comparados.

Nos 69 casos em que ambos os métodos foram utilizados, em 35 oportunidades o resultado encontrado pelo método exato foi diferente da solução encontrada pelo método heurístico. Deste modo, o método heurístico apresentou uma distância mínima a ser percorrida, em média, 3,09% superior à distância mínima obtida com o método exato, considerando apenas os casos em que as soluções obtidas foram diferentes em ambos os métodos.

Já com relação ao tempo computacional, nos 69 casos em que os 2 métodos de resolução foram utilizados, constatou-se que o tempo para a obtenção de solução através do método heurístico representa, em média, 2,28% do tempo necessário para a obtenção do solução através do método exato.

Deste modo, nas situações em que a quantidade de Comarcas agrupadas for superior a 25 Comarcas e a solução através do método exato for inadequada pelo tempo computacional, o método heurístico utilizado neste estudo, que consiste na aplicação do algoritmo da inserção mais econômica, seguido da aplicação do algoritmo de melhoria de rota é uma alternativa adequada para a resolução do problema da roteirização das entregas.

Outra questão a se ressaltar, é que apesar da capacidade de transporte dos veículos não ter sido caracterizada como uma restrição neste estudo, o que implicou na não integração do problema de roteirização de veículos com o problema de carregamento de *containers*, é interessante que o processo de armazenamento dos bens permanentes nos veículos de transporte tenha uma padronização, com o objetivo de agilizar as entregas às Comarcas.

Assim sendo, os bens permanentes ao serem armazenados devem seguir uma metodologia denominada LIFO (*Last In, First Out*), ou seja, o que for armazenado por último deve ser o primeiro a ser entregue, assim como, o que for armazenado por primeiro deve ser o último a ser entregue. Desta maneira, tende-se a minimizar a necessidade de manuseio dos bens permanentes que não serão entregues em determinado destino, facilitando a entrega dos materiais às Comarcas e agilizando o processo de entrega.

Cabe destacar que a proposta de otimização e sistematização apresentada nesta Dissertação de Mestrado poderá ser utilizada em problemas similares que contenham as mesmas restrições, variáveis e objetivos. Uma possível adoção da metodologia ora proposta poderá ser feita no próprio Poder Judiciário do estado do Paraná, especificamente no Departamento de Tecnologia da Informação e Comunicação, pois tal Departamento é o responsável pela distribuição e entrega de materiais e equipamentos de informática para todas as unidades que compõem a estrutura judiciária estadual.

Do exposto neste trabalho, percebe-se que a adoção desta proposta de otimização e sistematização na entrega de bens permanentes no Poder Judiciário do Paraná, irá suprir a ausência de um procedimento técnico e sistemático para que tal órgão realize este serviço, além de embasar tal atividade em fundamentos científicos com foco na otimização da prestação do serviço público.

Além da sistematização, há de se destacar que tal proposta irá acarretar numa economia de recursos públicos, pois com a redução da distância total a ser percorrida para a entrega de bens permanentes, reduzem-se os gastos com combustível, desgaste e consequente manutenção de veículos, bem como pode-se readequar a utilização da frota de veículos e dos funcionários do Judiciário estadual que são utilizados em tal atividade.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que o estado do Paraná possui uma grande extensão territorial e que as Comarcas do Judiciário estadual estão dispersas por todo o território paranaense, poder-se-ia, em trabalhos futuros, abordar a questão da viabilidade de se ter Centros de Distribuição de bens permanentes espalhados pelo território estadual.

Além disso, seria possível investigar outros métodos de resolução para tentar melhorar as soluções advindas de métodos heurísticos apresentadas nesta Dissertação de Mestrado, bem como criar um modelo que integre o problema de roteirização de veículos com o problema de carregamento de *containers*.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M.; ALMEIDA M. S.; MORABITO R. Um Modelo de Fluxos e Localização de Terminais Intermodais para Escoamento da Soja Brasileira Destinada à Exportação. **Gestão & Produção**, p. 717-732, 2012.
- ANDRADE, R. Q.; SILVA, A. L. **Metodologia Baseada no Algoritmo *Branch and Bound* para localização de sedes de vestibulares da UFOP**. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Ubatuba: 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br>>. Acesso em 21/5/2012.
- ARAÚJO, F. C. R.; SOUZA, M. J. F. Uma Heurística para o Planejamento Operacional de Lavra com Alocação Dinâmica de Caminhões. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, p. 069-076, 2011.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BARATA, B. M. P. *et al.* Problema de Alocação de Horários: Um Estudo de Caso Utilizando o *Software* Livre FET. **Revista Eletrônica TECCEN**, p. 13-22, 2010.
- BARBOZA, A. O., *et al.* Técnicas da Pesquisa Operacional no Problema de Horários de Atendentes em Centrais Telefônicas. **Revista Gestão & Produção**, p. 109-127, 2003.
- BARCELOS, F. B.; PIZZOLATO N. D.; LORENA L. A. N. Localização de Escolas do Ensino Fundamental com Modelos Capacitado e Não-Capacitado: Caso de Vitória/ES. **Pesquisa Operacional**, p. 133-149, 2004.
- BODIN, L. D.; GOLDEN, B. Classification in Vehicle Routing and Scheduling. **Networks**, p. 97-108, 1981.
- BODIN, L. *et al.* Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of the Art. **Computers & Operations Research**, v. 10, p. 289-315, 1983.
- BRASIL. **Constituição**: República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- CAMPOS, G. R. J. *et al.* **Uma Implementação para o Problema de Designação de Salas de Aula para o Centro Técnico e Científico da PUC Goiás**. XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: 2012.
- CARDOSO NETO, J.; ALMEIDA C. A.; ROVEROTO; G. Aplicação de Técnicas de Pesquisa Operacional com Foco na Otimização de Roteiros Turísticos. **Produção em Foco**, p. 132-155, 2012.

CHRISTOFIDES, N; MINGOZZI, A.; TOHT, P. *The Vehicle Routing Problem*. In: _____. **Combinatorial Optimization**. New Jersey: Editora John Wiley and Sons, 1979. P. 315-338.

CHRISTOFIDES, N. Vehicle Routing. **The Traveling Salesman Problem**, p. 431-448, 1985.

CODEPLEX. **Open Source Community**.

Disponível em: <<http://www.prvc.codeplex.com> >. Acesso em 27/7/2012.

COLIN, E. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CONSTANTINO, A. A. *et al.* **Um Algoritmo para Otimização do Problema de Escalonamento de Enfermeiros**. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Porto Seguro: 2009. p. 2783-2794.

COOK, S. **The Complexity of Theorem-Proving Procedures**. New York: [s.n.], 1971.

CÔRREA, E. S. Algoritmos Genéticos e Busca Tabu Aplicados ao Problema das *P*-Medianas. **Disseratação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos - Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2000.

COSTA, D. M. B. Aplicação de Algumas Técnicas de Pesquisa Operacional na Otimização de Serviços Postais. **Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos - Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 1997.

COSTA, C. E. D. S. Aplicação de Técnicas de Pesquisa Operacional na Determinação de Setores de Atendimento de uma Concessionária de Energia. **Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos - Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2005.

COSTA, D. M. B. *et al.* Técnicas de Pesquisa Operacional Aplicadas na Otimização de Serviços Postais. **Gestão & Produção**, p. 37-55, 2001.

COSTA, J. J. S. **Tópicos de Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 1973.

CUNHA, G. D. D. **Um Panorama Atual da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: [s.n.], 2002.

DETOFENO, T. C.; STEINER, M. T. A. **Otimização de Rotas de Coleta de Resíduos Urbanos, Utilizando Técnicas de Pesquisa Operacional**. Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. Cuiabá: [s.n.]. 2009. p. 706-712.

FACHIN, O. **Fundamentos de Metodologia**. São Paulo: Saraiva, 2001.

FERREIRA, V. **Uma Abordagem Heurística para o Problema de Roteamento de Veículos com Designação de Entregadores Extras**. São Carlos: [s.n.], 2010.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GOLDEN, B.; BODIN, L.; DOYLE, T.; STEWART JUNIOR, W. *Approximate traveling salesman algorithms*, **Operations Research**, v. 28, n. 3, parte II, p. 694-711, 1980.

HAKIMI, S. L. Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems. **Operations Research**, Londres, v. 13, p. 462-475, 1965.

HALLAL, R. **Desenvolvimento e Aplicação de Algoritmos Adaptativos de Busca Tabu para a Resolução de Problemas de Roteamento de Veículos Periódico**. São Carlos: [s.n.], 2004.

HORNER, D. Resolução do Problema das *P*-Medianas Não Capacitado - Comparação de Algumas Técnicas Heurísticas. **Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2009.

KRIPKA, R. M. L.; KRIPKA, M.; DA SILVA, M. C. **Formulação para o Problema de Alocação de Salas de Aula com Minimização de Deslocamentos**. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Ubatuba: 2011.

LAZARIN, D. F. **Roteamento Dinâmico de Veículos: Análise do Impacto em Atividades de Prestação de Serviço**. São Carlos: [s.n.], 2008.

LIN, S.; KERNIGHAN, B. W. Na Effective Heuristic Algorithm for The Traveling Salesman Problem. **Operations Research**, v. 21, p. 498-516, 1973.

MALAQUIAS, N. G. L. **Uso dos Algoritmos Genéticos para a Otimização de Rotas de Distribuição**. Uberlândia: [s.n.], 2006.

MAPA, S. M. S.; LIMA, R. D. S. Uso Combinado de Sistemas de Informações Geográficas para Transportes e Programação Linear Inteira Mista em Problemas de Localização de Instalações. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 119-136, 2012.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

MIRSHAWKA, V. **Aplicações de Pesquisa Operacional**. São Paulo: Nobel, 1981.

MORTATI, C. F. **Busca Tabu Aplicada ao Problema de Roteamento Periódico de Veículos**. Campinas: [s.n.], 2005.

NASCIMENTO, D. B. *et al.* **Análise Comparativa de Algoritmos Heurísticos para Resolução do Problema do Caixeiro-Viajante em Grafos Não Clusterizados**. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis: 2004.

PARANÁ. **Constituição**: Estado do Paraná. Curitiba, PR: Assembléia Legislativa, 1988.

PARANÁ. Tribunal Contas do Estado. **Bens Permanentes**, Curitiba, PR.
Disponível em: < <http://www1.tce.pr.gov.br/conteudo/bens-permanentes/235551>>.
Acesso em 15/12/2012.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Decreto Judiciário nº 391**, de 19 de maio de 1995, Curitiba, PR.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Decreto Judiciário nº 567**, de 26 de julho de 2010, Curitiba, PR.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Lei nº 14.277**, de 30 de dezembro de 2003, Curitiba, PR.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Grupos de Atendimento do Departamento do Patrimônio**, Curitiba, PR.
Disponível em: < <http://portal.tjpr.jus.br/web/dp>>. Acesso em 21/12/2011.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Dados de Comarcas**, Curitiba, PR.
Disponível em: <<http://www.tjpr.jus.br/dados-de-comarcas>>. Acesso em 24/6/2012.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Missão Institucional**, Curitiba, PR.
Disponível em: <<http://www.tjpr.jus.br/missao>>. Acesso em 24/6/2012.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Valores Institucionais**, Curitiba, PR.
Disponível em: <<http://www.tjpr.jus.br/valores>>. Acesso em 24/6/2012.

PARANÁ. Tribunal de Justiça do Paraná. **Visão Institucional**, Curitiba, PR.
Disponível em: <<http://www.tjpr.jus.br/visao>>. Acesso em 24/6/2012.

PIRES, L. A. Algoritmo Genético Aplicado na Localização de Escolas do Município de Coronel Vivida - PR. **Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos para Engenharia - Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2002.

PIZZOLATO N. D. *et al.* Localização de Escolas Públicas: Síntese de Algumas Linhas de Experiências no Brasil. **Pesquisa Operacional**, p. 111-131, 2004.

REVISTA FORTUNE. **Fortune 500**. Atlanta, 2003.
Disponível em: < <http://money.cnn.com/magazines/fortune>>. Acesso em 28/5/2012.

RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 1985.

RODRIGUES, S. B. A Metaheurística Colônia de Formigas Aplicada ao Problema de Roteirização de Veículos - Caso da Itaipu Binacional. **Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos - Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2007.

ROSA, R. S. Aplicação de *P*-Medianas para Atendimento aos Colégios Estaduais por Viaturas do Batalhão de Patrulha Escolar. **Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos - Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2011.

ROSÁRIO, R. R. L.; CARNIERI, C.; STEINER, M. T. A. **Proposta de Solução para o Problema das *P*-Medianas na Localização de Unidades de Saúde 24 Horas**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: [s.n.]. 2002. p. 1-8.

SCARPIN, C. T.; GUIMARÃES T. A.; STEINER, M. T. A. **Gerenciamento das Entregas Centralizadas de uma Rede de Lojas de Varejo à Luz do Problema de Roteamento de Veículos Capacitados com Frota Heterogênea**. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Bento Gonçalves: 2009.

SCARPIN, C. T.; LOCH, G. A. **Proposta de uma Ferramenta Computacional para a Decisão de Escola de Caminhões na Entrega Centralizada de uma Rede de Lojas de Varejo**. XVI Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: 2009.

SENNE, E. L. F.; LORENA, L. A. N. Abordagens Complementares para Problemas de *P*-Medianas. **Produção**, p. 78-87, 2003.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2010.

SMIDERLE, A.; DAL PIVA, A. R.; TIBER, E. **Estudo de Caso da Distribuição Geográfica das Unidades Farmacêuticas do Município de Pato Branco - PR**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre: [s.n.]. 2005. p. 2933-2940.

SMIDERLE, A.; STEINER, M. T. A.; CARNIERI, C. **Problema de Cobertura de Arcos - Um Estudo de Caso**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto: 2003. 2003.

SOSA, N. G. M.; GALVÃO, R. D.; GANDELMAN, D. A. Algoritmo de Busca Dispersa Aplicado ao Problema Clássico de Roteamento de Veículos. **Pesquisa Operacional**, v. 27, p. 293-310, 2007.

STEINER, M. T. A. et al. O Problema de Roteamento no Transporte Escolar. **Pesquisa Operacional**, v. 20, p. 83-99, 2000.

STEINER, M. T. A. **Otimização em Redes**. 30 mai – 02 set 2011. 88 f. Notas de Aula. Apresentação no Microsoft Powerpoint®.

TAHA, H. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TEITZ, M. B.; BART, P. Heuristics Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph. **Operations Research Society**, Londres, 1968.

TOIGO, R.; VALLE FILHO A. M.; LAVRATTI; F. B. Sistema de Roteirização de Entregas. **Hífen**, p. 51-56, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. **Pesquisa Operacional**, Curitiba, PR. Disponível em: <<http://www.ppgep.ufpr.br>>. Acesso em 23/5/2012.

VALLE, C. A. **Algoritmos de Otimização para Roteamento e Agrupamento em Redes de Sensores Sem Fio com Sorvedouros Móveis**. Belo Horizonte: [s.n.], 2009.

VIANA, V. **Meta-Heurísticas e Programação Paralela em Otimização Combinatória**. Fortaleza: UFC Edições, 1998.

WALNUM, C. **Visual Basic 6: Para leigos, passo a passo**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 1999.

APÊNDICE

Apêndice A - Funcionamento do Algoritmo de Teitz e Bart para *P*-Medianas

Objetivando demonstrar o funcionamento do Algoritmo de Teitz e Bart para *p*-medianas, o mesmo será desenvolvido, passo a passo, em um exemplo didático. Considerando a existência de 6 (seis) Comarcas em determinada região do Estado do Paraná, denominadas C1, C2, C3, C4, C5 e C6, quais destas Comarcas devem ser designadas como medianas tendo em vista a instalação de 2 (dois) Centros de Distribuição em 2 (dois) dos locais em questão? Ou seja, em quais destas Comarcas devem ser instalados tais Centros de Distribuição com base nas distâncias entre todas as Comarcas envolvidas no problema?

TABELA 19 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE TEITZ E BART

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	2	2	4	4	4
C2	2	0	1	2	3	2
C3	2	1	0	2	2	3
C4	4	2	2	0	3	3
C5	4	3	2	3	0	5
C6	4	2	3	3	5	0

FONTE: O autor (2012)

Pré-Passo: Definir a quantidade de medianas, que neste exemplo será igual a 2 (dois), bem como a distância entre todos os vértices (Comarcas) do problema, que neste exemplo já estão expostas na TABELA 19.

Definir uma solução inicial para o problema e calcular a sua função objetivo:

a) solução Inicial: (C4 e C5);

b) função Objetivo: $4 + 2 + 2 + 0 + 0 + 3 = 11$.

1ª Iteração:

1º Passo: Rotular as Comarcas não englobadas nas medianas iniciais como não analisadas.

a) comarcas não analisadas: (C1, C2, C3, C6).

2º Passo: Selecionar uma Comarca não analisada:

a) Comarca C1 selecionada:

- substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções;
- solução 1: (C1, C5). Função Objetivo: $0 + 2 + 2 + 3 + 0 + 4 = 11$;
- solução 2: (C4, C1). Função Objetivo: $0 + 2 + 2 + 0 + 3 + 3 = 10$;
- mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 2$;
- $FO \text{ Solução } 2 < FO \text{ Solução atual}$; logo Solução atual = Solução 2;
- solução atual: (C4, C1). Função Objetivo = 10;
- comarcas não analisadas: (C2, C3, C6).

b) Comarca C2 selecionada:

- substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções;
- solução 1: (C2, C1). Função Objetivo: $0 + 0 + 1 + 2 + 3 + 2 = 8$;
- solução 2: (C4, C2). Função Objetivo: $2 + 0 + 1 + 0 + 3 + 2 = 8$;
- mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 1$;
- $FO \text{ Solução } 1 < FO \text{ Solução atual}$; logo Solução atual = Solução 1;
- solução atual: (C2, C1). Função Objetivo = 8;
- comarcas não analisadas: (C3, C6).

c) Comarca C3 selecionada:

- substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções;
- solução 1: (C3, C1). Função Objetivo: $0 + 1 + 0 + 2 + 2 + 3 = 8$;
- solução 2: (C2, C3). Função Objetivo: $2 + 0 + 0 + 0 + 2 + 2 = 8$;
- mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 1$;
- $FO \text{ Solução } 1 \geq FO \text{ Solução atual}$; logo não altero a Solução atual;
- solução atual: (C2, C1). Função Objetivo = 8;
- comarcas não analisadas: (C6).

d) Comarca C6 selecionada:

- Substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções;
- solução 1: (C6, C1). Função Objetivo: $0 + 2 + 2 + 3 + 4 + 0 = 11$;
- solução 2: (C2, C6). Função Objetivo: $2 + 0 + 1 + 2 + 3 + 0 = 8$;
- mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 2$;
- $FO \text{ Solução } 2 \geq FO \text{ Solução atual}$; logo não altero a Solução atual;
- solução atual: (C2, C1). Função Objetivo = 8;

- comarcas não analisadas: (\emptyset).

3º Passo: Verificar se na Iteração houve mudança da Solução atual: Sim, houve mudança. Logo, retorno ao 1º Passo.

Final da 1ª Iteração. Deve-se retornar ao Passo 1 do Algoritmo.

Início da 2ª Iteração.

1º Passo: Rotular as Comarcas não englobadas nas medianas iniciais como não analisadas.

a) Comarcas não analisadas: (C3, C4, C5, C6).

2º Passo: Selecionar uma Comarca não analisada:

a) Comarca C3 selecionada:

- Substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções:

- Solução 1: (C3, C1). Função Objetivo: $0 + 1 + 0 + 2 + 2 + 3 = 8$.

- Solução 2: (C2, C3). Função Objetivo: $2 + 0 + 0 + 2 + 2 + 2 = 8$.

- Mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 1$.

- $FO \text{ Solução } 1 \geq FO \text{ Solução atual}$; logo não altero a Solução atual.

- Solução atual: (C2, C1). Função Objetivo = 8.

- Comarcas não analisadas: (C4, C5, C6).

b) Comarca C4 selecionada:

- Substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções:

- Solução 1: (C4, C1). Função Objetivo: $0 + 2 + 2 + 0 + 3 + 3 = 10$.

- Solução 2: (C2, C4). Função Objetivo: $2 + 0 + 1 + 0 + 3 + 2 = 8$.

- Mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 2$.

- $FO \text{ Solução } 2 \geq FO \text{ Solução atual}$; logo não altero a Solução atual.

- Solução atual: (C2, C1). Função Objetivo = 8.

- Comarcas não analisadas: (C5, C6).

c) Comarca C5 selecionada:

- Substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções:

- Solução 1: (C5, C1). Função Objetivo: $0 + 2 + 2 + 3 + 0 + 4 = 11$.

- Solução 2: (C2, C5). Função Objetivo: $2 + 0 + 1 + 2 + 0 + 2 = 7$.

- Mínimo $\{(FO \text{ Solução } 1, FO \text{ Solução } 2)\} = FO \text{ Solução } 2$.

- $FO \text{ Solução } 2 < FO \text{ Solução atual}$; logo Solução atual = Solução 1.

- Solução atual: (C2, C5). Função Objetivo = 7.

- Comarcas não analisadas: (C6).

d) Comarca C6 selecionada:

- Substituir as Comarcas medianas por tal Comarca e calcular a função objetivo das novas soluções:

- Solução 1: (C6, C5). Função Objetivo: $4 + 2 + 2 + 3 + 0 + 0 = 11$.

- Solução 2: (C2, C6). Função Objetivo: $2 + 0 + 1 + 2 + 3 + 0 = 8$.

- Mínimo {(FO Solução 1, FO Solução 2)} = FO Solução 2.

- FO Solução 2 \geq FO Solução atual; logo não altero a Solução atual.

- Solução atual: (C2, C5). Função Objetivo = 7.

- Comarcas não analisadas: (\emptyset).

3º Passo: Verificar se na Iteração houve mudança da Solução atual: Sim, houve mudança. Logo, retorno ao 1º Passo.

Final da 2ª Iteração. Deve-se retornar ao Passo 1 do Algoritmo.

Até este momento as Comarcas C2 e C5 são as 2 medianas obtidas, com um custo total de 7 (sete) unidades.

Apêndice B - Funcionamento do Algoritmo de Gillet e Johnson Modificado

Para a demonstração do funcionamento do Algoritmo de Gillet e Johnson modificado, será realizado um exemplo didático sobre o seu funcionamento. Considerando a existência de 8 (oito) Comarcas em determinada região do Estado do Paraná, denominadas C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8, e ainda 3 (três) Centros de Distribuição, chamados de D1, D2 e D3. De acordo com a capacidade de cada um dos Centros de Distribuição, a demanda de cada uma das Comarcas e a distância entre os Centros de Distribuição e as Comarcas, como fica a designação das Comarcas aos Centros de Distribuição?

TABELA 20 – MATRIZ DE DEMANDAS, DISTÂNCIAS E OFERTAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	3
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	5
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	5
Demanda	1	3	2	1	1	2	1	2	-

FONTE: O autor (2012)

1ª Iteração:

1º Passo: Listar todas as Comarcas não designadas a uma mediana (Centro de Distribuição):

a) Comarcas não analisadas: (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8).

2º Passo: Calcular a distância de todas as Comarcas não analisadas aos Centros de Distribuição:

TABELA 21 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
D1	5	2	5	9	11	16	13	10
D2	9	6	4	4	4	8	8	9
D3	9	7	9	11	12	14	7	3

FONTE: O autor (2012)

3º Passo: Selecionar a mediana mais próxima e a segunda mais próxima de cada Comarcas e, em seguida, calcular a diferença entre as mesmas:

TABELA 22 – MATRIZ DE DIFERENÇAS – 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	3
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	5
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	5
Demanda	1	3	2	1	1	2	1	2	-
≠	4	4	1	5	7	6	1	6	-

FONTE: O autor (2012)

4º Passo: Designar, de acordo com as diferenças, as Comarcas aos Centros de Distribuição até que a capacidade se esgote:

- a) Como a maior diferença é verificada na Comarca C5, designo C5 para o Centro de Distribuição D2, que é o mais próximo.

TABELA 23 – 1ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	3
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	4
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	5
Demanda	1	3	2	1	0	2	1	2	-
≠	4	4	1	5	7	6	1	6	-

FONTE: O autor (2012)

- b) Após a designação de C5, a maior diferença é observada em C6 e C8, designo então C6, para o Centro de Distribuição D2.

TABELA 24 – 2ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	3
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	2
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	5
Demanda	1	3	2	1	0	0	1	2	-
≠	4	4	1	5	7	6	1	6	-

FONTE: O autor (2012)

- c) Após a designação de C6, a maior diferença é observada em C8, designo C8 para o Centro de Distribuição D3, que é o mais próximo.

TABELA 25 – 3ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	3
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	2
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	3
Demanda	1	3	2	1	0	0	1	0	-
≠	4	4	1	5	7	6	1	6	-

FONTE: O autor (2012)

- d) Após a designação de C8, a maior diferença é observada em C4, designo C4 para o Centro de Distribuição D2, que é o mais próximo.

TABELA 26 – 4ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	3
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	1
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	3
Demanda	1	3	2	0	0	0	1	0	-
≠	4	4	1	5	7	6	1	6	-

FONTE: O autor (2012)

- e) Após a designação de C4, a maior diferença é observada em C1 e C2, designo então uma das duas, neste caso C2, para o Centro de Distribuição D1, que é o mais próximo.

TABELA 27 – 5ª DESIGNAÇÃO DA 1ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Oferta
D1	5	2	5	9	11	16	13	10	0
D2	9	6	4	4	4	8	8	9	1
D3	9	7	9	11	12	14	7	3	3
Demanda	1	0	2	0	0	0	1	0	-
≠	4	4	1	5	7	6	1	6	-

FONTE: O autor (2012)

- f) Após a 5ª designação ocorrida na alínea “e”, o Centro de Distribuição D1 teve sua capacidade de oferta esgotada. Desta forma, deve-se recalculas as distâncias entre os Centros de Distribuição com oferta e as Comarcas não designadas.

Final da 1ª Iteração. Deve-se retornar ao Passo 2 do Algoritmo.

Início da 2ª Iteração.

2º Passo: Calcular a distância de todas as Comarcas não analisadas aos Centros de Distribuição:

TABELA 28 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – 2ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7
D2	9	4	8
D3	9	9	7

FONTE: O autor (2012)

3º Passo: Selecionar a mediana mais próxima e a segunda mais próxima de cada Comarca e, em seguida, calcular a diferença entre as mesmas:

TABELA 29 – MATRIZ DE DIFERENÇAS – 2ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7	Oferta
D2	9	4	8	1
D3	9	9	7	3
Demanda	1	2	1	-
≠	0	5	1	-

FONTE: O autor (2012)

4º Passo: Designar, de acordo com as diferenças, as Comarcas aos Centros de Distribuição até que a capacidade se esgote:

- a) Como a maior diferença é verificada na Comarca C3, designo C3 para o Centro de Distribuição D2, que é o mais próximo.

TABELA 30 – 1ª DESIGNAÇÃO DA 2ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7	Oferta
D2	9	4	8	0
D3	9	9	7	3
Demanda	1	1	1	-
≠	0	5	1	-

FONTE: O autor (2012)

- b) Após a 1ª designação ocorrida na alínea “a”, o Centro de Distribuição D2 teve sua capacidade de oferta esgotada. Desta forma, devem-se recalculas as distâncias entre os Centros de Distribuição com oferta e as Comarcas não designadas.

Final da 2ª Iteração. Deve-se retornar ao Passo 2 do Algoritmo.

Início da 3ª Iteração.

2º Passo: Calcular a distância de todas as Comarcas não analisadas aos Centros de Distribuição:

TABELA 31 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7
D3	9	9	7

FONTE: O autor (2012)

3º Passo: Selecionar a mediana mais próxima e a segunda mais próxima de cada Comarca e, em seguida, calcular a diferença entre as mesmas:

TABELA 32 – MATRIZ DE DIFERENÇAS – 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7	Oferta
D3	9	9	7	3
Demanda	1	1	1	-
≠	9	9	7	-

FONTE: O autor (2012)

4º Passo: Designar, de acordo com as diferenças, as Comarcas aos Centros de Distribuição até que a capacidade se esgote:

- a) Como a maior diferença é verificada na Comarca C1 e C3, designo então uma das duas, neste caso C1, para o Centro de Distribuição D3, que é o mais próximo.

TABELA 33 – 1ª DESIGNAÇÃO DA 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7	Oferta
D3	9	9	7	2
Demanda	0	1	1	-
≠	9	9	7	-

FONTE: O autor (2012)

- b) Após a designação de C1, a maior diferença é observada em C3, designo C3 para o Centro de Distribuição D3, que é o mais próximo.

TABELA 34 – 2ª DESIGNAÇÃO DA 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7	Oferta
D3	9	9	7	1
Demanda	0	0	1	-
≠	9	9	7	-

FONTE: O autor (2012)

- c) Após a designação de C3, a maior diferença é observada em C7, designo C7 para o Centro de Distribuição D3, que é o mais próximo.

TABELA 35 – 3ª DESIGNAÇÃO DA 3ª ITERAÇÃO – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DE GILLET E JOHNSON MODIFICADO

Pontos	C1	C3	C7	Oferta
D3	9	9	7	1
Demanda	0	0	1	-
≠	9	9	7	-

FONTE: O autor (2012)

- d) Após a 3ª designação ocorrida na alínea “c”, o Centro de Distribuição D3 teve sua capacidade de oferta esgotada, assim como todas as Comarcas foram designadas. Desta forma, deve-se encerrar a 3ª iteração e o algoritmo.

Final da 3ª iteração.

Desta forma, o Centro de Distribuição D1 fica designado para atender a Comarca C2, enquanto D2 atenderá as Comarcas C3, C4, C5, C6, e o D3 atenderá as Comarcas C1, C3, C7 e C8.

Apêndice C - Funcionamento do Algoritmo de Inserção Mais Econômica

A fim de demonstrar o funcionamento do Algoritmo de Inserção Mais Econômica, o mesmo será desenvolvido, passo a passo, em um exemplo didático.

Considerando a existência de 5 Comarcas em certa região do Estado do Paraná, denominadas C1, C2, C3, C4 e C5, como realizar a roteirização destas Comarcas para que um veículo, partindo da Comarca C1, visite as demais Comarcas uma única vez e então retorna a sua origem? Na TABELA 26 está exposta a matriz de distâncias entre as Comarcas a serem roteirizadas.

TABELA 36 – MATRIZ DE DISTÂNCIAS – FUNCIONAMENTO DO ALGORITMO DA INSERÇÃO MAIS ECONÔMICA

Pontos	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0	2	7	2	5
C2	5	0	8	3	10
C3	7	3	0	5	6
C4	2	3	5	0	7
C5	4	5	6	2	0

FONTE: O autor (2013)

1º Passo: Iniciar um subgrafo contendo apenas um nó:

a) como a roteirização deve ser iniciada na Comarca C1, seleciono a mesma para compor o subgrafo inicial.

2º Passo: Encontrar, entre os nós restantes, o nó que forneça a distância mínima em relação ao nó contido no subgrafo inicial:

a) as Comarcas mais próximas da Comarca C1, são as Comarcas C2 e C4, ambas a uma distância de 2 unidades de medida de C1. Sendo assim, seleciono a Comarca C2 e insiro a mesma no roteiro;

b) subgrafo: C1 – C2 – C1.

3º Passo: Encontre i-j no subgrafo e k que não esteja na rota, tal que a distância (i, k) + distância (k, j) – distância (i, j) seja mínima e, então, insira k entre i e j:

a) o nó mais próximo às Comarcas que já estão no subgrafo é a Comarca C4, que está a 2 unidades de medida de C1;

b) verificar em que posição no subgrafo a Comarca C4 deve ser inserida:

- custo entre 1 – 2: $c_{14} + c_{42} - c_{12} = 2 + 3 - 2 = 3$;

- custo entre 2 – 1: $c_{24} + c_{41} - c_{21} = 3 + 2 - 5 = 0$.

c) como o menor custo é entre 2 – 1, insiro a Comarca C4 nesta posição;

d) subgrafo: C1 – C2 – C4 – C1.

4º Passo: Se todos os nós do conjunto já estiverem na rota, pare o algoritmo.

Caso contrário, retorne ao 3º passo.

a) como as Comarcas C3 e C5 ainda não estão na rota, retorno ao 3º Passo.

3º Passo: Encontre i-j no subgrafo e k que não esteja na rota, tal que a distância (i, k) + distância (k, j) – distância (i, j) seja mínima e, então, insira k entre i e j:

a) os nós mais próximos às Comarcas que já estão no subgrafo são as Comarcas C3 e C5, ambas com uma distância de 5 unidades de medida, então escolho C5;

b) verificar em que posição no subgrafo a Comarca C5 deve ser inserida:

- custo entre 1 – 2: $c_{15} + c_{52} - c_{12} = 5 + 5 - 2 = 8$;

- custo entre 2 – 4: $c_{25} + c_{54} - c_{24} = 10 + 2 - 3 = 9$;

- custo entre 4 – 1: $c_{45} + c_{51} - c_{41} = 7 + 4 - 2 = 9$.

c) como o menor custo é entre 1 – 2, insiro a Comarca C5 nesta posição;

d) subgrafo: C1 – C5 – C2 – C4 – C1.

4º Passo: Se todos os nós do conjunto já estiverem na rota, pare o algoritmo.

Caso contrário, retorne ao 3º passo.

a) como a Comarca C3 ainda não está na rota, retorno ao 3º Passo.

3º Passo: Encontre i-j no subgrafo e k que não esteja na rota, tal que a distância (i, k) + distância (k, j) – distância (i, j) seja mínima e, então, insira k entre i e j:

a) o nós mais próximo às Comarcas que já estão no subgrafo é a Comarca C3, pois é a única que ainda não está inserida no subgrafo;

b) verificar em que posição no subgrafo a Comarca C3 deve ser inserida:

- custo entre 1 – 5: $c_{13} + c_{35} - c_{15} = 5 + 5 - 2 = 8$;

- custo entre 5 – 2: $c_{53} + c_{32} - c_{52} = 10 + 2 - 3 = 4$;

- custo entre 2 – 4: $c_{23} + c_{34} - c_{24} = 7 + 4 - 2 = 10$;

- custo entre 4 – 1: $c_{43} + c_{31} - c_{41} = 10 + 2 - 3 = 10$.

c) como o menor custo é entre 5 – 2, insiro a Comarca C3 nesta posição;

d) subgrafo: C1 – C5 – C3 – C2 – C4 – C1.

4º Passo: Se todos os nós do conjunto já estiverem na rota, pare o algoritmo. Caso contrário, retorne ao 3º passo.

a) como todos os nós já estão na rota, o algoritmo é finalizado.

Desta forma, a roteirização, partindo da Comarca C1, para a visitação de todas as Comarcas descritas neste problema é dada pela seguinte sequência:

$C1 \rightarrow C5 \rightarrow C3 \rightarrow C2 \rightarrow C4 \rightarrow C1$.

Apêndice D - Base de Dados (Matriz de Distâncias)

Tendo em vista que este trabalho foi elaborado considerando a distância entre 158 Comarcas do Judiciário estadual, o que resulta numa matriz com 159 linhas e colunas, se tornou inviável que a Matriz com as Distâncias entre estas Comarcas fosse transcrita no corpo desta Dissertação de Mestrado.

Assim sendo, a mesma foi disponibilizada, em 20 de fevereiro de 2013, para consulta através do link: <http://goo.gl/vojwh>.

Apêndice E - Base de Dados (Comarcas Demandantes)

Comarca	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Almirante Tamandaré	X	X		X	X	X	X	X		X	X	
Alto Paraná	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X
Alto Piquiri	X	X		X		X	X		X	X	X	
Altônia		X		X	X	X		X	X			X
Andirá	X	X	X		X	X		X	X		X	X
Antonina	X			X	X	X		X	X	X		X
Apucarana	X	X	X	X	X		X	X		X		X
Arapongas	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X
Arapoti	X	X		X	X	X	X	X	X			X
Araucária	X	X		X	X	X	X	X	X		X	
Assaí	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Assis Chateaubriand	X	X	X		X			X	X			X
Astorga	X				X				X	X		X
Bandeirantes	X	X			X	X	X	X	X			X
Barbosa Ferraz	X	X		X	X	X	X	X	X		X	
Barracão	X		X		X	X		X	X			X
Bela Vista do Paraíso	X	X	X				X	X	X	X		
Bocaiúva do Sul	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
Cambará	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X
Cambé	X				X					X	X	X
Campina da Lagoa	X	X	X	X				X	X	X		X
Campina Grande do Sul	X				X		X	X	X		X	X
Campo Largo	X	X	X	X		X	X		X		X	
Campo Mourão	X	X			X			X	X	X	X	
Cândido de Abreu	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X
Cantagalo	X	X		X			X		X			X
Capanema	X	X	X			X		X		X	X	
Capitão Leônidas Marques	X	X		X	X	X		X	X			
Carlópolis		X		X					X			X
Cascavel				X		X	X			X	X	X
Castro	X				X	X	X	X	X	X	X	
Catanduvas	X	X		X			X	X	X	X	X	
Centenário do Sul	X			X	X		X	X	X	X		X
Cerro Azul	X			X	X	X	X	X	X	X		X
Chopinzinho	X	X	X	X	X		X		X	X		X
Cianorte	X	X	X	X		X		X				
Cidade Gaúcha	X	X			X	X	X	X	X	X		X
Clevelândia	X	X			X	X	X		X		X	X
Colombo	X	X		X	X		X	X	X	X		X
Colorado	X	X		X		X	X	X	X		X	

(continua)

Congonhinhas	X	X	X			X	X	X		X		
Corbélia	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Cornélio Procópio	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X
Coronel Vivida	X	X					X	X	X	X	X	
Cruzeiro do Oeste	X		X	X		X	X	X	X	X	X	
Curitiba												
Curiúva	X	X		X	X	X	X	X		X		
Dois Vizinhos	X	X	X		X	X		X	X	X	X	
Engenheiro Beltrão	X	X	X		X	X		X	X	X	X	
Faxinal	X	X	X		X	X	X	X	X	X		
Fazenda Rio Grande	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Formosa do Oeste	X	X	X	X		X		X		X	X	
Foz do Iguaçu	X	X		X	X			X	X	X		X
Francisco Beltrão		X			X	X	X		X	X	X	
Goioerê	X	X	X	X		X	X	X		X	X	
Grandes Rios	X	X	X		X		X	X	X	X		
Guaíra	X	X		X			X	X	X	X	X	X
Guaraniaçu		X	X	X		X	X	X	X			
Guarapuava	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Guaratuba	X	X	X	X	X			X	X	X		X
Ibaiti	X	X	X	X	X		X		X	X		X
Ibiporã	X		X	X		X		X		X		X
Icaraíma	X	X	X	X	X			X		X		
Imbituva	X			X	X	X		X				
Ipiranga	X	X	X		X	X		X	X	X		X
Iporã	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X
Irati	X	X				X		X	X	X		
Iretama	X	X	X		X	X		X		X		
Ivaiporã	X	X		X		X		X	X			
Jacarezinho	X	X	X	X		X		X		X		
Jaguapitã	X			X	X			X		X		
Jaguariaíva	X	X			X		X	X	X	X	X	
Jandaia do Sul	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
Joaquim Távora	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Lapa		X	X	X	X	X		X		X		
Laranjeiras do Sul		X	X	X				X		X		
Loanda	X	X		X	X	X		X				
Londrina	X	X				X	X	X	X	X		
Mallet	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
Mamborê	X	X	X		X		X	X	X	X		
Mandaguacu	X	X		X		X	X	X		X	X	
Mandaguari	X	X	X			X	X	X		X	X	X
Mangueirinha	X		X	X	X		X	X		X	X	

(continuação)

Manoel Ribas	X	X	X	X			X	X		X	X	X
Marechal Cândido Rondon	X	X	X		X	X		X	X			
Marialva	X	X	X		X	X			X	X		
Marilândia do Sul	X	X				X	X	X		X		
Maringá	X	X	X		X	X		X		X		X
Marmeleiro	X	X	X	X	X		X			X	X	X
Matelândia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Matinhos	X		X		X	X		X		X	X	
Medianeira	X	X		X		X	X	X	X	X	X	
Morretes	X	X	X					X	X	X	X	
Nova Esperança		X					X	X	X	X	X	X
Nova Fátima	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
Nova Londrina	X	X		X	X		X	X		X	X	X
Ortigueira	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Palmas	X	X	X			X		X	X			
Palmeira		X	X		X			X	X	X	X	X
Palmital		X	X		X		X	X		X		X
Palotina	X	X	X		X	X			X	X	X	
Paraíso do Norte	X	X	X	X		X			X	X		X
Paranacity	X	X		X	X			X	X	X		
Paranaguá	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X
Paranavaí	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Pato Branco	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Peabiru	X	X		X	X		X	X		X		X
Pérola	X	X				X			X			X
Pinhais	X	X	X	X		X	X	X		X		
Pinhão	X	X				X		X	X			
Piraí do Sul	X	X		X	X	X			X			X
Piraquara	X	X	X					X	X	X		
Pitanga	X	X		X			X			X		
Ponta Grossa	X	X	X		X			X	X			
Porecatu	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X
Primeiro de Maio	X	X		X	X	X		X				X
Prudentópolis	X	X		X	X	X			X			
Quedas do Iguaçu	X	X		X		X	X		X			X
Realeza	X	X			X	X		X	X	X		X
Rebouças	X	X	X	X	X	X		X		X	X	
Reserva	X	X		X		X	X	X		X	X	X
Ribeirão Claro	X	X		X		X	X	X	X	X		X
Ribeirão do Pinhal	X	X		X	X	X	X			X	X	X
Rio Branco do Sul	X			X	X	X	X	X	X	X		
Rio Negro	X	X		X	X	X		X	X	X		X
Rolândia	X	X		X	X	X		X	X	X		X

(continuação)

Salto do Lontra	X	X		X	X			X	X			
Santa Fé	X	X		X	X	X	X	X		X		
Santa Helena	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Santa Isabel do Ivaí		X				X	X	X				X
Santa Mariana	X	X		X			X	X	X			
Santo Antônio da Platina	X	X		X	X	X	X			X		X
Santo Antônio do Sudoeste	X	X		X			X	X	X		X	X
São Jerônimo da Serra	X	X		X	X			X	X			X
São João		X			X	X		X	X	X	X	X
São João do Ivaí	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
São João do Triunfo	X				X	X	X	X	X	X	X	
São José dos Pinhais	X	X			X			X		X		X
São Mateus do Sul	X	X		X	X	X	X	X		X		X
São Miguel do Iguaçu	X			X	X	X		X	X	X	X	X
Sarandi	X	X			X	X	X	X		X		X
Sengés	X	X		X				X		X		X
Sertanópolis	X	X		X		X	X		X	X	X	
Siqueira Campos	X	X		X	X	X		X		X	X	
Teixeira Soares	X	X	X			X	X	X		X	X	
Telêmaco Borba		X		X	X	X	X	X	X		X	X
Terra Boa	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Terra Rica	X	X	X	X	X	X		X				X
Terra Roxa		X			X				X	X		X
Tibagi	X	X						X	X		X	
Toledo	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Tomazina	X	X		X	X				X	X	X	
Ubiratã	X			X	X				X		X	
Umuarama	X	X			X	X	X	X	X			X
União da Vitória	X			X	X	X		X	X		X	
Uraí	X						X	X	X	X	X	
Wenceslau Braz	X	X		X				X		X	X	X
Xambê	X		X		X			X	X	X	X	
Total	143	135	68	97	106	101	85	130	108	115	73	81

(conclusão)

QUADRO 14 – COMARCAS DEMANDANTES POR MÊS DE 2011.
 FONTE: O autor (2012).

Apêndice F – Resultados do mês de Fevereiro

TABELA 37 – RESULTADOS DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Terra Boa	35	2.146,70	2.175,00	Viável
	Tibagi	58	2.625,70	1.830,00	Inviável
	Toledo	33	2.424,29	2.205,00	Inviável
	Umuarama	13	1.644,10	2.505,00	Viável
	Total	139	8.840,79	-	-
5 Medianas	São João do Ivaí	18	1.488,20	2.430,00	Viável
	Sarandi	32	2.163,80	2.220,00	Viável
	Tibagi	46	2.075,50	2.010,00	Inviável
	Toledo	32	2.403,69	2.220,00	Inviável
	Umuarama	12	1.577,10	2.520,00	Viável
Total	140	9.708,29	-	-	
6 Medianas	Rolândia	16	1.468,60	2.460,00	Viável
	Sarandi	17	1.577,70	2.445,00	Viável
	Siqueira Campos	18	972,60	2.430,00	Viável
	Terra Boa	18	1.856,80	2.430,00	Viável
	Tibagi	39	2.250,80	2.115,00	Inviável
	Umuarama	33	2.639,49	2.205,00	Inviável
Total	141	10.765,99	-	-	
7 Medianas	São João do Ivaí	13	1.290,10	2.505,00	Viável
	Sarandi	25	1.765,40	2.325,00	Viável
	Terra Boa	9	1.312,80	2.565,00	Viável
	Tibagi	30	1.517,20	2.250,00	Viável
	Toledo	32	2.403,69	2.220,00	Inviável
	Tomazina	22	1.124,30	2.370,00	Viável
	Umuarama	11	1.573,50	2.535,00	Viável
	Total	142	10.986,99	-	-
8 Medianas	São João do Ivaí	13	1.290,10	2.505,00	Viável
	Sarandi	18	1.521,60	2.430,00	Viável
	Sertanópolis	13	1.187,30	2.505,00	Viável
	Terra Boa	9	1.312,80	2.565,00	Viável
	Tibagi	30	1.517,20	2.250,00	Viável
	Toledo	32	2.403,69	2.220,00	Inviável
	Tomazina	17	951,80	2.445,00	Viável
	Umuarama	11	1.573,50	2.535,00	Viável
Total	143	11.757,99	-	-	
9 Medianas	Rolândia	15	1.180,80	2.475,00	Viável
	Sarandi	15	1.260,80	2.475,00	Viável
	Siqueira Campos	18	972,60	2.430,00	Viável
	Telêmaco Borba	8	954,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	14	1.320,60	2.490,00	Viável

TABELA 37 – RESULTADOS DO MÊS DE FEVEREIRO DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	Terra Roxa	6	1.393,30	2.610,00	Viável
	Tibagi	28	1.544,20	2.280,00	Viável
	Toledo	29	2.212,39	2.265,00	Viável
	Umuarama	11	1.521,00	2.535,00	Viável
	Total	144	12.360,19	-	-
10 Medianas	São João do Ivaí	11	1.163,60	2.535,00	Viável
	Sarandi	22	1.595,30	2.370,00	Viável
	Siqueira Campos	21	1.022,10	2.385,00	Viável
	Teixeira Soares	29	1.684,89	2.265,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	774,60	2.610,00	Viável
	Terra Boa	9	1.312,80	2.565,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Tibagi	3	490,70	2.655,00	Viável
	Toledo	29	2.326,79	2.265,00	Inviável
	Umuarama	9	1.512,30	2.565,00	Viável
Total	145	13.135,58	-	-	
11 Medianas	São João do Ivaí	13	1.290,10	2.505,00	Viável
	Sarandi	18	1.521,60	2.430,00	Viável
	Sertanópolis	13	1.187,30	2.505,00	Viável
	Siqueira Campos	10	875,20	2.550,00	Viável
	Telêmaco Borba	5	667,80	2.625,00	Viável
	Terra Boa	9	1.312,80	2.565,00	Viável
	Terra Roxa	5	1.383,30	2.625,00	Viável
	Tibagi	26	1.312,30	2.310,00	Viável
	Toledo	29	2.305,59	2.265,00	Inviável
	Tomazina	8	756,80	2.580,00	Viável
Umuarama	10	1.509,40	2.550,00	Viável	
Total	146	14.122,19	-	-	
12 Medianas	Rolândia	13	1.372,80	2.505,00	Viável
	São João do Ivaí	11	1.163,60	2.535,00	Viável
	Sarandi	13	1.312,00	2.505,00	Viável
	Siqueira Campos	11	873,70	2.535,00	Viável
	Teixeira Soares	29	1.684,89	2.265,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	774,60	2.610,00	Viável
	Terra Boa	13	1.560,60	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Terra Roxa	7	1.398,60	2.595,00	Viável
	Tibagi	3	490,70	2.655,00	Viável
	Toledo	26	2.054,89	2.310,00	Viável
	Tomazina	9	783,20	2.565,00	Viável
Total	147	14.722,08	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice G – Resultados do mês de Março

TABELA 38 – RESULTADOS DO MÊS DE MARÇO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Marialva	30	1.843,70	2.250,00	Viável
	São João do Ivaí	18	1.699,00	2.430,00	Viável
	Terra Boa	22	2.217,90	2.370,00	Viável
	Terra Rica	2	1.112,00	2.670,00	Viável
	Total	72	6.872,60	-	-
5 Medianas	Andirá	23	1.756,70	2.355,00	Viável
	Marechal Cândido Rondon	16	1.696,50	2.460,00	Viável
	São João do Ivaí	18	1.486,50	2.430,00	Viável
	Terra Boa	13	1.564,80	2.505,00	Viável
	Terra Rica	3	1.119,80	2.655,00	Viável
Total	73	7.624,30	-	-	
6 Medianas	Piraquara	10	511,30	2.550,00	Viável
	Ponta Grossa	8	914,90	2.580,00	Viável
	Rebouças	10	1.460,00	2.550,00	Viável
	São João do Ivaí	18	1.629,10	2.430,00	Viável
	Teixeira Soares	3	996,00	2.655,00	Viável
	Terra Boa	25	2.475,10	2.325,00	Inviável
Total	74	7.986,40	-	-	
7 Medianas	Pinhais	5	215,00	2.625,00	Viável
	Piraquara	6	322,20	2.610,00	Viável
	Rebouças	10	1.460,00	2.550,00	Viável
	São João do Ivaí	20	1.641,90	2.400,00	Viável
	Teixeira Soares	8	1.466,90	2.580,00	Viável
	Terra Boa	23	2.309,70	2.355,00	Viável
	Terra Rica	3	1.119,80	2.655,00	Viável
Total	75	8.535,50	-	-	
8 Medianas	Palotina	16	1.871,70	2.460,00	Viável
	Paranavaí	5	1.068,00	2.625,00	Viável
	Pinhais	10	511,30	2.550,00	Viável
	Ponta Grossa	8	914,90	2.580,00	Viável
	São João do Ivaí	19	1.631,20	2.415,00	Viável
	Teixeira Soares	8	955,90	2.580,00	Viável
	Terra Boa	8	1.223,60	2.580,00	Viável
	Terra Rica	2	1.112,00	2.670,00	Viável
Total	76	9.288,60	-	-	
9 Medianas	Marechal Cândido Rondon	14	1.937,00	2.490,00	Viável
	Pinhais	5	215,00	2.625,00	Viável
	Piraquara	6	322,20	2.610,00	Viável
	Ponta Grossa	8	914,90	2.580,00	Viável
	Rebouças	8	1.291,20	2.580,00	Viável

TABELA 38 – RESULTADOS DO MÊS DE MARÇO DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	São João do Ivaí	18	1.629,10	2.430,00	Viável
	Teixeira Soares	2	316,00	2.670,00	Viável
	Terra Boa	13	1.564,80	2.505,00	Viável
	Terra Rica	3	1.119,80	2.655,00	Viável
	Total	77	9.310,00	-	-
10 Medianas	Engenheiro Beltrão	8	1.223,60	2.580,00	Viável
	Mallet	7	924,20	2.595,00	Viável
	Marialva	14	1.239,20	2.490,00	Viável
	Palotina	16	1.871,70	2.460,00	Viável
	Paranavaí	4	1.065,40	2.640,00	Viável
	Pinhais	5	215,00	2.625,00	Viável
	Piraquara	6	322,20	2.610,00	Viável
	Ponta Grossa	8	907,80	2.580,00	Viável
	São João do Ivaí	8	1.110,40	2.580,00	Viável
	Terra Rica	2	1.112,00	2.670,00	Viável
Total	78	9.991,50	-	-	
11 Medianas	Marechal Cândido Rondon	13	1.598,60	2.505,00	Viável
	Marialva	13	1.218,00	2.505,00	Viável
	Paranavaí	4	1.065,40	2.640,00	Viável
	Pinhais	5	215,00	2.625,00	Viável
	Piraquara	6	322,20	2.610,00	Viável
	Ponta Grossa	7	934,60	2.595,00	Viável
	Rebouças	8	1.291,20	2.580,00	Viável
	São João do Ivaí	8	1.110,40	2.580,00	Viável
	Teixeira Soares	2	316,00	2.670,00	Viável
	Terra Boa	11	1.454,70	2.535,00	Viável
	Terra Rica	2	1.112,00	2.670,00	Viável
Total	79	10.638,10	-	-	
12 Medianas	Mamborê	16	1.868,20	2.460,00	Viável
	Mandaguari	15	1.231,80	2.475,00	Viável
	Marialva	2	816,00	2.670,00	Viável
	Maringá	4	1.227,70	2.640,00	Viável
	Palmas	8	1.272,50	2.580,00	Viável
	Paranavaí	5	1.319,10	2.625,00	Viável
	Pinhais	5	215,00	2.625,00	Viável
	Piraquara	6	322,20	2.610,00	Viável
	Ponta Grossa	5	654,70	2.625,00	Viável
	Rebouças	5	988,10	2.625,00	Viável
	São João do Ivaí	7	1.009,20	2.595,00	Viável
	Teixeira Soares	2	316,00	2.670,00	Viável
Total	80	11.240,50	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice H – Resultados do mês de Abril

TABELA 39 – RESULTADOS DO MÊS DE ABRIL DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Terra Boa	20	1.627,80	2.400,00	Viável
	Terra Rica	8	1.320,00	2.580,00	Viável
	Tomazina	45	2.262,29	2.025,00	Inviável
	Ubiratã	28	2.487,39	2.280,00	Inviável
	Total	101	7.697,48	-	-
5 Medianas	Rolândia	13	1.231,50	2.505,00	Viável
	Sertanópolis	10	1.127,50	2.550,00	Viável
	Terra Boa	16	1.674,40	2.460,00	Viável
	Tomazina	36	1.888,49	2.160,00	Viável
	Ubiratã	27	2.332,99	2.295,00	Inviável
Total	102	8.254,88	-	-	
6 Medianas	Jaguapitã	18	1.498,30	2.430,00	Viável
	Peabiru	15	1.543,30	2.475,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	10	918,80	2.550,00	Viável
	Sengés	23	1.408,40	2.355,00	Viável
	Tomazina	10	881,90	2.550,00	Viável
	Ubiratã	27	2.249,79	2.295,00	Viável
	Total	103	8.500,49	-	-
7 Medianas	Rolândia	10	1.224,90	2.550,00	Viável
	São Jerônimo da Serra	10	963,30	2.550,00	Viável
	Sertanópolis	5	987,60	2.625,00	Viável
	Terra Boa	13	1.468,10	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.247,30	2.610,00	Viável
	Tomazina	33	1.812,69	2.205,00	Viável
	Ubiratã	27	2.332,99	2.295,00	Inviável
Total	104	10.036,88	-	-	
8 Medianas	São Jerônimo da Serra	6	880,70	2.610,00	Viável
	Sertanópolis	12	1.108,90	2.520,00	Viável
	Siqueira Campos	8	853,10	2.580,00	Viável
	Telêmaco Borba	22	1.526,60	2.370,00	Viável
	Terra Boa	13	1.468,10	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.247,30	2.610,00	Viável
	Tomazina	10	682,60	2.550,00	Viável
Ubiratã	28	2.487,39	2.280,00	Inviável	
Total	105	10.254,69	-	-	
9 Medianas	São Jerônimo da Serra	6	880,70	2.610,00	Viável
	São Miguel do Iguaçú	12	1.667,60	2.520,00	Viável
	Sertanópolis	12	1.108,90	2.520,00	Viável
	Siqueira Campos	8	853,10	2.580,00	Viável
	Telêmaco Borba	22	1.526,60	2.370,00	Viável

TABELA 39 – RESULTADOS DO MÊS DE ABRIL DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	Terra Boa	13	1.468,10	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.247,30	2.610,00	Viável
	Tomazina	10	682,60	2.550,00	Viável
	Ubiratã	17	1.740,80	2.445,00	Viável
	Total	106	11.175,70	-	-
10 Medianas	Santo Antônio da Platina	8	913,00	2.580,00	Viável
	São Jerônimo da Serra	4	840,80	2.640,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	12	1.667,60	2.520,00	Viável
	Sengés	14	880,50	2.490,00	Viável
	Sertanópolis	12	1.108,90	2.520,00	Viável
	Siqueira Campos	6	721,80	2.610,00	Viável
	Telêmaco Borba	15	1.183,50	2.475,00	Viável
	Terra Boa	13	1.468,10	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.247,30	2.610,00	Viável
	Ubiratã	17	1.740,80	2.445,00	Viável
Total	107	11.772,30	-	-	
11 Medianas	Santa Fé	7	1.100,50	2.595,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	9	914,80	2.565,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	11	1.663,50	2.535,00	Viável
	Sengés	12	742,70	2.520,00	Viável
	Sertanópolis	11	1.062,10	2.535,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável
	Terra Boa	12	1.467,30	2.520,00	Viável
	Terra Rica	5	1.237,10	2.625,00	Viável
	Tomazina	5	645,70	2.625,00	Viável
	Ubiratã	14	1.552,90	2.490,00	Viável
União da Vitória	16	1.366,70	2.460,00	Viável	
Total	108	12.572,50	-	-	
12 Medianas	Santo Antônio da Platina	8	913,00	2.580,00	Viável
	Santo Antônio do Sudoeste	11	1.451,70	2.535,00	Viável
	São Jerônimo da Serra	4	840,80	2.640,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	10	1.563,70	2.550,00	Viável
	Sengés	12	742,70	2.520,00	Viável
	Sertanópolis	12	1.108,90	2.520,00	Viável
	Siqueira Campos	3	655,30	2.655,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável
	Terra Boa	19	1.783,70	2.415,00	Viável
	Terra Rica	6	1.247,30	2.610,00	Viável
	Tomazina	4	621,10	2.640,00	Viável
	União da Vitória	14	1.242,80	2.490,00	Viável
Total	109	12.990,20	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice I – Resultados do mês de Maio

TABELA 40 – RESULTADOS DO MÊS DE MAIO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	São João do Ivaí	34	2.190,00	2.190,00	Viável
	Telêmaco Borba	26	1.620,50	2.310,00	Viável
	Toledo	30	2.569,09	2.250,00	Inviável
	Tomazina	20	997,20	2.400,00	Viável
	Total	110	7.376,79	-	-
5 Medianas	Marialva	65	2.913,90	1.725,00	Inviável
	Terra Boa	9	1.228,80	2.565,00	Viável
	Toledo	22	1.975,60	2.370,00	Viável
	Ubiratã	7	1.307,70	2.595,00	Viável
	Umuarama	8	1.521,10	2.580,00	Viável
	Total	111	8.947,10	-	-
6 Medianas	Sarandi	25	1.655,00	2.325,00	Viável
	Siqueira Campos	8	825,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	14	1.488,60	2.490,00	Viável
	Toledo	23	2.081,30	2.355,00	Viável
	Tomazina	36	1.904,09	2.160,00	Viável
	Ubiratã	6	1.138,70	2.610,00	Viável
	Total	112	9.093,19	-	-
7 Medianas	Marialva	15	1.382,10	2.475,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	16	1.748,40	2.460,00	Viável
	Sarandi	11	1.305,70	2.535,00	Viável
	Terra Boa	9	1.228,80	2.565,00	Viável
	Tomazina	43	2.071,59	2.055,00	Inviável
	Ubiratã	10	1.457,20	2.550,00	Viável
	Umuarama	9	1.587,50	2.565,00	Viável
	Total	113	10.781,29	-	-
8 Medianas	Rolândia	23	1.644,30	2.355,00	Viável
	São José dos Pinhais	25	1.325,40	2.325,00	Viável
	Siqueira Campos	8	825,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	16	1.613,70	2.460,00	Viável
	Terra Roxa	6	1.357,10	2.610,00	Viável
	Toledo	20	1.884,20	2.400,00	Viável
	Tomazina	10	813,20	2.550,00	Viável
	Ubiratã	6	1.138,70	2.610,00	Viável
	Total	114	10.602,10	-	-
9 Medianas	São João do Triunfo	27	1.639,39	2.295,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	14	1.784,50	2.490,00	Viável
	Sarandi	22	1.589,10	2.370,00	Viável
	Siqueira Campos	15	902,60	2.475,00	Viável
	Telêmaco Borba	8	937,80	2.580,00	Viável

TABELA 40 – RESULTADOS DO MÊS DE MAIO DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	Terra Boa	9	1.228,80	2.565,00	Viável
	Terra Roxa	6	1.375,40	2.610,00	Viável
	Ubiratã	8	1.398,90	2.580,00	Viável
	Umuarama	6	1.393,80	2.610,00	Viável
	Total	115	12.250,29	-	-
10 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.325,40	2.325,00	Viável
	São Miguel do Guaçu	7	1.536,80	2.595,00	Viável
	Sarandi	24	1.647,40	2.340,00	Viável
	Siqueira Campos	8	825,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	9	1.228,80	2.565,00	Viável
	Terra Roxa	4	1.342,20	2.640,00	Viável
	Toledo	15	1.680,80	2.475,00	Viável
	Tomazina	12	880,50	2.520,00	Viável
	Ubiratã	6	1.138,70	2.610,00	Viável
	Umuarama	6	1.393,80	2.610,00	Viável
Total	116	12.999,90	-	-	
11 Medianas	São José dos Pinhais	15	642,10	2.475,00	Viável
	São Mateus do Sul	13	1.144,00	2.505,00	Viável
	São Miguel do Guaçu	6	1.509,80	2.610,00	Viável
	Sarandi	22	1.589,10	2.370,00	Viável
	Siqueira Campos	8	825,50	2.580,00	Viável
	Telêmaco Borba	8	937,80	2.580,00	Viável
	Terra Boa	9	1.228,80	2.565,00	Viável
	Toledo	16	1.716,70	2.460,00	Viável
	Tomazina	8	812,50	2.580,00	Viável
	Ubiratã	5	1.130,70	2.625,00	Viável
Umuarama	7	1.483,20	2.595,00	Viável	
Total	117	13.020,20	-	-	
12 Medianas	São João do Ivaí	7	959,60	2.595,00	Viável
	São João do Triunfo	8	606,30	2.580,00	Viável
	São José dos Pinhais	15	642,10	2.475,00	Viável
	São Mateus do Sul	3	385,00	2.655,00	Viável
	São Miguel do Guaçu	15	1.822,10	2.475,00	Viável
	Sarandi	20	1.536,00	2.400,00	Viável
	Siqueira Campos	8	825,50	2.580,00	Viável
	Telêmaco Borba	7	788,80	2.595,00	Viável
	Terra Boa	12	1.476,20	2.520,00	Viável
	Tomazina	8	812,50	2.580,00	Viável
Ubiratã	8	1.395,30	2.580,00	Viável	
União da Vitória	7	1.000,10	2.595,00	Viável	
Total	118	12.249,50	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice J – Resultados do mês de Junho

TABELA 41 – RESULTADOS DO MÊS DE JUNHO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Terra Boa	64	3.373,79	1.740,00	Inviável
	Terra Rica	7	1.329,90	2.595,00	Viável
	Toledo	26	2.384,60	2.310,00	Inviável
	Umuarama	8	1.438,60	2.580,00	Viável
	Total	105	8.526,89	-	-
5 Medianas	Sarandi	27	2.145,09	2.295,00	Viável
	Telêmaco Borba	41	2.307,99	2.085,00	Inviável
	Terra Rica	5	1.278,40	2.625,00	Viável
	Toledo	24	2.336,50	2.340,00	Viável
	Umuarama	9	1.442,10	2.565,00	Viável
Total	106	9.510,08	-	-	
6 Medianas	Sarandi	31	2.091,10	2.235,00	Viável
	Sertanópolis	24	1.352,20	2.340,00	Viável
	Terra Boa	15	1.490,20	2.475,00	Viável
	Terra Rica	4	1.234,50	2.640,00	Viável
	Toledo	25	2.340,50	2.325,00	Inviável
	Umuarama	8	1.438,60	2.580,00	Viável
Total	107	9.947,10	-	-	
7 Medianas	São João do Triunfo	26	1.644,29	2.310,00	Viável
	Sarandi	20	1.411,80	2.400,00	Viável
	Telêmaco Borba	19	1.186,30	2.415,00	Viável
	Terra Boa	8	1.256,30	2.580,00	Viável
	Terra Rica	5	1.252,10	2.625,00	Viável
	Toledo	21	1.938,70	2.385,00	Viável
	Umuarama	9	1.442,10	2.565,00	Viável
	Total	108	10.131,59	-	-
8 Medianas	Sertanópolis	13	1.265,30	2.505,00	Viável
	Siqueira Campos	13	921,40	2.505,00	Viável
	Teixeira Soares	27	1.677,99	2.295,00	Viável
	Telêmaco Borba	7	850,70	2.595,00	Viável
	Terra Boa	13	1.423,00	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.262,10	2.610,00	Viável
	Toledo	22	2.186,00	2.370,00	Viável
	Umuarama	8	1.438,60	2.580,00	Viável
Total	109	11.025,09	-	-	
9 Medianas	Sarandi	13	1.346,30	2.505,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.125,90	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	13	921,40	2.505,00	Viável
	Teixeira Soares	27	1.677,99	2.295,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável

TABELA 41 – RESULTADOS DO MÊS DE JUNHO DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	Terra Boa	9	1.417,00	2.565,00	Viável
	Terra Rica	4	1.234,50	2.640,00	Viável
	Toledo	21	2.159,30	2.385,00	Viável
	Umuarama	8	1.438,60	2.580,00	Viável
	Total	110	12.140,19	-	-
10 Medianas	São Miguel do Iguaçu	6	1.429,20	2.610,00	Viável
	Sarandi	13	1.346,30	2.505,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.125,90	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	13	921,40	2.505,00	Viável
	Teixeira Soares	27	1.677,99	2.295,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável
	Terra Boa	9	1.417,00	2.565,00	Viável
	Terra Rica	4	1.234,50	2.640,00	Viável
	Toledo	16	1.856,80	2.460,00	Viável
	Umuarama	8	1.438,60	2.580,00	Viável
Total	111	13.266,89	-	-	
11 Medianas	São João do Triunfo	12	717,60	2.520,00	Viável
	São Mateus do Sul	8	933,90	2.580,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	6	1.429,20	2.610,00	Viável
	Sarandi	14	1.448,20	2.490,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.125,90	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	12	922,10	2.520,00	Viável
	Teixeira Soares	10	935,80	2.550,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável
	Terra Boa	9	1.417,00	2.565,00	Viável
	Toledo	16	1.856,80	2.460,00	Viável
	Umuarama	10	1.528,40	2.550,00	Viável
Total	112	13.134,10	-	-	
12 Medianas	São João do Triunfo	12	717,60	2.520,00	Viável
	São Mateus do Sul	8	933,90	2.580,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	6	1.429,20	2.610,00	Viável
	Sarandi	13	1.346,30	2.505,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.125,90	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	12	922,10	2.520,00	Viável
	Teixeira Soares	10	935,80	2.550,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável
	Terra Boa	9	1.417,00	2.565,00	Viável
	Terra Rica	4	1.234,50	2.640,00	Viável
	Toledo	16	1.856,80	2.460,00	Viável
	Umuarama	8	1.438,60	2.580,00	Viável
Total	113	14.176,90	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice K – Resultados do mês de Julho

TABELA 42 – RESULTADOS DO MÊS DE JULHO

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Mandaguaçu	7	1.222,80	2.595,00	Viável
	Sarandi	31	1.761,79	2.235,00	Viável
	Sertanópolis	23	1.229,90	2.355,00	Viável
	Umuarama	28	2.561,10	2.280,00	Inviável
	Total	89	6.775,59	-	-
5 Medianas	Mandaguaçu	7	1.222,80	2.595,00	Viável
	Sarandi	30	1.754,09	2.250,00	Viável
	Sertanópolis	23	1.229,90	2.355,00	Viável
	Toledo	21	1.911,60	2.385,00	Viável
	Umuarama	9	1.486,90	2.565,00	Viável
Total	90	7.605,29	-	-	
6 Medianas	Ribeirão do Pinhal	30	1.579,10	2.250,00	Viável
	Sarandi	15	1.310,70	2.475,00	Viável
	Sertanópolis	8	1.057,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	9	1.072,40	2.565,00	Viável
	Toledo	21	2.065,40	2.385,00	Viável
	Umuarama	8	1.424,90	2.580,00	Viável
Total	91	8.510,00	-	-	
7 Medianas	Peabiru	12	1.517,40	2.520,00	Viável
	Ribeirão do Pinhal	29	1.577,50	2.265,00	Viável
	Santa Fé	4	1.031,20	2.640,00	Viável
	Sarandi	13	1.239,60	2.505,00	Viável
	Sertanópolis	7	1.013,40	2.595,00	Viável
	Toledo	20	1.906,60	2.400,00	Viável
	Umuarama	7	1.399,90	2.595,00	Viável
Total	92	9.685,60	-	-	
8 Medianas	Pinhais	15	878,80	2.475,00	Viável
	Mandaguari	12	1.296,90	2.520,00	Viável
	Peabiru	9	1.179,40	2.565,00	Viável
	Santa Mariana	12	1.089,70	2.520,00	Viável
	Sarandi	9	1.275,80	2.565,00	Viável
	Telêmaco Borba	9	793,80	2.565,00	Viável
	Toledo	20	1.906,60	2.400,00	Viável
	Umuarama	7	1.399,90	2.595,00	Viável
Total	93	9.820,90	-	-	
9 Medianas	Mandaguari	8	1.073,10	2.580,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	11	942,90	2.535,00	Viável
	São João do Ivaí	6	1.030,00	2.610,00	Viável
	São Mateus do Sul	17	1.394,90	2.445,00	Viável
	Sarandi	8	1.246,50	2.580,00	Viável

TABELA 42 – RESULTADOS DO MÊS DE JULHO

					(conclusão)
9 Medianas	Sertanópolis	9	1.086,00	2.565,00	Viável
	Teixeira Soares	9	1.135,40	2.565,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	711,10	2.610,00	Viável
	Terra Boa	20	2.226,50	2.400,00	Viável
	Total	94	10.846,40	-	-
10 Medianas	Ribeirão do Pinhal	10	942,60	2.550,00	Viável
	Santa Fé	4	1.031,20	2.640,00	Viável
	São João do Triunfo	15	1.263,00	2.475,00	Viável
	Sarandi	12	1.233,80	2.520,00	Viável
	Sertanópolis	7	1.013,40	2.595,00	Viável
	Teixeira Soares	6	902,80	2.610,00	Viável
	Telêmaco Borba	7	712,70	2.595,00	Viável
	Terra Boa	8	1.084,70	2.580,00	Viável
	Toledo	18	1.932,90	2.430,00	Viável
	Umuarama	8	1.424,90	2.580,00	Viável
Total	95	11.542,00	-	-	
11 Medianas	Mandaguaçu	6	1.162,50	2.610,00	Viável
	Ribeirão do Pinhal	6	849,60	2.610,00	Viável
	Santa Fé	4	1.031,20	2.640,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	7	800,90	2.595,00	Viável
	São João do Triunfo	16	1.257,60	2.460,00	Viável
	São Mateus do Sul	8	1.072,90	2.580,00	Viável
	Sarandi	8	908,50	2.580,00	Viável
	Sertanópolis	7	1.013,40	2.595,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	671,80	2.610,00	Viável
	Terra Boa	9	1.419,40	2.565,00	Viável
	Umuarama	19	2.221,60	2.415,00	Viável
Total	96	12.409,40	-	-	
12 Medianas	Peabiru	5	1.236,90	2.625,00	Viável
	Ribeirão do Pinhal	7	862,60	2.595,00	Viável
	Santa Fé	6	1.067,20	2.610,00	Viável
	Santa Isabel do Ivaí	5	1.324,90	2.625,00	Viável
	Santa Mariana	8	990,40	2.580,00	Viável
	São João do Ivaí	8	1.095,10	2.580,00	Viável
	São João do Triunfo	14	983,40	2.490,00	Viável
	São Mateus do Sul	5	917,40	2.625,00	Viável
	Sarandi	9	993,30	2.565,00	Viável
	Telêmaco Borba	8	753,60	2.580,00	Viável
	Terra Boa	3	1.110,60	2.655,00	Viável
	Toledo	19	1.868,50	2.415,00	Viável
Total	97	13.203,90	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice L – Resultados do mês de Agosto

TABELA 43 – RESULTADOS DO MÊS DE AGOSTO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Tibagi	30	1.661,69	2.250,00	Viável
	União da Vitória	28	2.328,39	2.280,00	Inviável
	Uraí	67	3.510,09	1.695,00	Inviável
	Wenceslau Braz	9	781,10	2.565,00	Viável
	Total	134	8.281,27	-	-
5 Medianas	Toledo	23	1.969,10	2.355,00	Viável
	Umuarama	26	2.125,20	2.310,00	Viável
	União da Vitória	31	1.741,49	2.235,00	Viável
	Uraí	35	1.843,29	2.175,00	Viável
	Wenceslau Braz	20	1.068,90	2.400,00	Viável
Total	135	8.747,98	-	-	
6 Medianas	Terra Boa	21	1.589,40	2.385,00	Viável
	Terra Rica	10	1.320,40	2.550,00	Viável
	Toledo	29	2.378,29	2.265,00	Inviável
	Umuarama	10	1.490,40	2.550,00	Viável
	Uraí	23	1.404,50	2.355,00	Viável
	Wenceslau Braz	43	2.010,19	2.055,00	Viável
Total	136	10.193,18	-	-	
7 Medianas	Sarandi	31	1.977,80	2.235,00	Viável
	Teixeira Soares	35	1.834,79	2.175,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Toledo	25	2.196,90	2.325,00	Viável
	Umuarama	12	1.577,10	2.520,00	Viável
	Uraí	15	1.138,70	2.475,00	Viável
	Wenceslau Braz	13	907,60	2.505,00	Viável
Total	137	10.885,39	-	-	
8 Medianas	Sarandi	19	1.498,50	2.415,00	Viável
	Teixeira Soares	33	1.651,59	2.205,00	Viável
	Terra Boa	13	1.333,60	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Tibagi	14	1.072,20	2.490,00	Viável
	Toledo	25	2.196,90	2.325,00	Viável
	Umuarama	10	1.490,40	2.550,00	Viável
	Uraí	18	1.180,30	2.430,00	Viável
Total	138	11.675,99	-	-	
9 Medianas	Rolândia	19	1.385,70	2.415,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	9	1.515,50	2.565,00	Viável
	Teixeira Soares	34	1.730,29	2.190,00	Viável
	Telêmaco Borba	7	827,30	2.595,00	Viável
	Terra Boa	18	1.628,40	2.430,00	Viável

TABELA 43 – RESULTADOS DO MÊS DE AGOSTO DE 2011

				(conclusão)	
9 Medianas	Toledo	17	1.649,30	2.445,00	Viável
	Umuarama	13	1.610,60	2.505,00	Viável
	Uraí	12	1.102,30	2.520,00	Viável
	Wenceslau Braz	10	781,40	2.550,00	Viável
	Total	139	12.230,79	-	-
10 Medianas	Santa Mariana	7	900,50	2.595,00	Viável
	São José dos Pinhais	19	734,80	2.415,00	Viável
	Sarandi	29	1.960,80	2.265,00	Viável
	Teixeira Soares	16	1.121,80	2.460,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Tibagi	8	848,70	2.580,00	Viável
	Toledo	25	2.196,90	2.325,00	Viável
	Umuarama	12	1.577,10	2.520,00	Viável
	Uraí	10	1.010,60	2.550,00	Viável
	Wenceslau Braz	8	754,80	2.580,00	Viável
Total	140	12.358,50	-	-	
11 Medianas	São José dos Pinhais	19	734,80	2.415,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	8	1.515,90	2.580,00	Viável
	Sarandi	19	1.498,50	2.415,00	Viável
	Teixeira Soares	16	1.121,80	2.460,00	Viável
	Terra Boa	13	1.333,60	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Tibagi	8	848,70	2.580,00	Viável
	Toledo	18	1.922,30	2.430,00	Viável
	Umuarama	10	1.490,40	2.550,00	Viável
	Uraí	15	1.138,70	2.475,00	Viável
	Wenceslau Braz	9	781,10	2.565,00	Viável
Total	141	13.638,30	-	-	
12 Medianas	São José dos Pinhais	19	734,80	2.415,00	Viável
	Sarandi	19	1.498,50	2.415,00	Viável
	Teixeira Soares	11	737,90	2.535,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	819,20	2.610,00	Viável
	Terra Boa	13	1.333,60	2.505,00	Viável
	Terra Rica	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Tibagi	3	437,40	2.655,00	Viável
	Toledo	22	2.075,30	2.370,00	Viável
	Umuarama	10	1.490,40	2.550,00	Viável
	União da Vitória	9	1.091,50	2.565,00	Viável
	Uraí	15	1.138,70	2.475,00	Viável
	Wenceslau Braz	9	781,10	2.565,00	Viável
Total	142	13.390,90	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice M – Resultados do mês de Setembro

TABELA 44 – RESULTADOS DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Toledo	31	2.361,99	2.235,00	Inviável
	Ubiratã	14	1.470,90	2.490,00	Viável
	Umuarama	12	1.409,00	2.520,00	Viável
	Uraí	55	2.733,19	1.875,00	Inviável
	Total	112	7.975,08	-	-
5 Medianas	Toledo	23	1.929,60	2.355,00	Viável
	Ubiratã	9	1.233,80	2.565,00	Viável
	Umuarama	13	1.512,80	2.505,00	Viável
	União da Vitória	31	1.883,59	2.235,00	Viável
	Uraí	37	2.017,89	2.145,00	Viável
Total	113	8.577,68	-	-	
6 Medianas	Tibagi	30	1.952,19	2.250,00	Viável
	Toledo	30	2.299,49	2.250,00	Inviável
	Tomazina	8	800,60	2.580,00	Viável
	Ubiratã	9	1.233,80	2.565,00	Viável
	Umuarama	12	1.409,00	2.520,00	Viável
	Uraí	25	1.651,70	2.325,00	Viável
Total	114	9.346,78	-	-	
7 Medianas	Terra Roxa	6	1.393,30	2.610,00	Viável
	Tibagi	30	1.952,19	2.250,00	Viável
	Toledo	27	2.200,59	2.295,00	Viável
	Tomazina	8	800,60	2.580,00	Viável
	Ubiratã	9	1.233,80	2.565,00	Viável
	Umuarama	10	1.341,30	2.550,00	Viável
	Uraí	25	1.651,70	2.325,00	Viável
Total	115	10.573,48	-	-	
8 Medianas	São João	15	1.365,30	2.475,00	Viável
	Sertanópolis	19	1.403,10	2.415,00	Viável
	Toledo	16	1.812,90	2.460,00	Viável
	Tomazina	16	993,70	2.460,00	Viável
	Ubiratã	8	1.229,40	2.580,00	Viável
	Umuarama	11	1.402,80	2.535,00	Viável
	União da Vitória	21	1.564,50	2.385,00	Viável
	Uraí	10	954,70	2.550,00	Viável
Total	116	10.726,40	-	-	
9 Medianas	Assis Chateaubriand	4	1.267,10	2.640,00	Viável
	Rolândia	20	1.444,07	2.400,00	Viável
	São João	15	1.365,30	2.475,00	Viável
	Sertanópolis	11	1.137,80	2.535,00	Viável
	Toledo	12	1.608,70	2.520,00	Viável

TABELA 44 – RESULTADOS DO MÊS DE SETEMBRO DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	Tomazina	17	985,70	2.445,00	Viável
	Ubiratã	7	1.203,70	2.595,00	Viável
	Umuarama	10	1.397,30	2.550,00	Viável
	União da Vitória	21	1.564,50	2.385,00	Viável
	Total	117	11.974,17	-	-
10 Medianas	Realeza	7	1.265,00	2.595,00	Viável
	Ribeirão Claro	4	792,20	2.640,00	Viável
	Santa Helena	6	1.362,60	2.610,00	Viável
	Santa Mariana	5	855,00	2.625,00	Viável
	São João	16	1.201,10	2.460,00	Viável
	Toledo	10	1.494,20	2.550,00	Viável
	Tomazina	28	1.577,80	2.280,00	Viável
	Ubiratã	9	1.233,80	2.565,00	Viável
	Umuarama	12	1.409,00	2.520,00	Viável
	Uraí	21	1.567,30	2.385,00	Viável
Total	118	12.758,00	-	-	
11 Medianas	Rolândia	15	1.259,80	2.475,00	Viável
	Santa Helena	2	1.212,00	2.670,00	Viável
	Santa Mariana	6	868,20	2.610,00	Viável
	São João do Ivaí	13	1.310,70	2.505,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	8	1.420,10	2.580,00	Viável
	Terra Roxa	6	1.393,30	2.610,00	Viável
	Toledo	18	1.692,50	2.430,00	Viável
	Tomazina	32	1.815,00	2.220,00	Viável
	Ubiratã	5	1.117,50	2.625,00	Viável
	Umuarama	8	1.329,60	2.580,00	Viável
	Uraí	6	932,10	2.610,00	Viável
Total	119	14.350,80	-	-	
12 Medianas	Santa Helena	6	1.362,60	2.610,00	Viável
	Santa Mariana	6	868,20	2.610,00	Viável
	São João	15	1.365,30	2.475,00	Viável
	São João do Ivaí	13	1.219,10	2.505,00	Viável
	Sertanópolis	11	1.117,40	2.535,00	Viável
	Terra Roxa	6	1.393,30	2.610,00	Viável
	Toledo	8	1.502,40	2.580,00	Viável
	Tomazina	16	993,70	2.460,00	Viável
	Ubiratã	5	1.117,50	2.625,00	Viável
	Umuarama	8	1.329,60	2.580,00	Viável
	União da Vitória	21	1.564,50	2.385,00	Viável
Uraí	5	852,40	2.625,00	Viável	
Total	120	14.686,00	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice N – Resultados do mês de Outubro

TABELA 45 – RESULTADOS DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Terra Boa	57	3.563,40	1.845,00	Inviável
	Tomazina	11	881,20	2.535,00	Viável
	Uraí	23	1.401,40	2.355,00	Viável
	Wenceslau Braz	28	1.355,99	2.280,00	Viável
	Total	119	7.201,99	-	-
5 Medianas	Sarandi	22	1.434,40	2.370,00	Viável
	Terra Boa	20	1.728,10	2.400,00	Viável
	Toledo	26	2.121,30	2.310,00	Viável
	Uraí	14	1.184,60	2.490,00	Viável
	Wenceslau Braz	38	1.837,49	2.130,00	Viável
Total	120	8.305,89	-	-	
6 Medianas	Rolândia	13	1.077,70	2.505,00	Viável
	Sarandi	28	2.158,99	2.280,00	Viável
	Toledo	32	2.429,49	2.220,00	Inviável
	Tomazina	11	881,20	2.535,00	Viável
	Uraí	9	1.034,60	2.565,00	Viável
	Wenceslau Braz	28	1.355,99	2.280,00	Viável
Total	121	8.937,97	-	-	
7 Medianas	Sarandi	23	1.717,60	2.355,00	Viável
	Siqueira Campos	7	796,90	2.595,00	Viável
	Terra Boa	20	1.728,10	2.400,00	Viável
	Toledo	25	2.064,00	2.325,00	Viável
	Tomazina	6	687,70	2.610,00	Viável
	Uraí	13	1.100,90	2.505,00	Viável
	Wenceslau Braz	28	1.355,99	2.280,00	Viável
Total	122	9.451,19	-	-	
8 Medianas	Marialva	8	868,20	2.580,00	Viável
	São João do Ivaí	17	1.524,10	2.445,00	Viável
	Sarandi	13	1.517,60	2.505,00	Viável
	Siqueira Campos	7	796,90	2.595,00	Viável
	Terra Boa	31	2.562,50	2.235,00	Inviável
	Tomazina	6	687,70	2.610,00	Viável
	Uraí	13	1.100,90	2.505,00	Viável
	Wenceslau Braz	28	1.355,99	2.280,00	Viável
Total	123	10.413,89	-	-	
9 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.182,70	2.325,00	Viável
	Sarandi	21	1.676,80	2.385,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.005,70	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	11	915,10	2.535,00	Viável
	Terra Boa	19	1.707,00	2.415,00	Viável

TABELA 45 – RESULTADOS DO MÊS DE OUTUBRO DE 2011

				(conclusão)	
9 Medianas	Terra Roxa	5	1.377,30	2.625,00	Viável
	Toledo	22	1.920,60	2.370,00	Viável
	Uraí	7	891,40	2.595,00	Viável
	Wenceslau Braz	5	579,40	2.625,00	Viável
	Total	124	11.256,00	-	-
10 Medianas	São José dos Pinhais	25	1.182,70	2.325,00	Viável
	Sarandi	21	1.676,80	2.385,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.005,70	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	7	796,90	2.595,00	Viável
	Terra Boa	19	1.707,00	2.415,00	Viável
	Terra Roxa	5	1.377,30	2.625,00	Viável
	Toledo	22	1.920,60	2.370,00	Viável
	Tomazina	5	688,00	2.625,00	Viável
	Uraí	7	891,40	2.595,00	Viável
	Assis Chateaubriand	5	579,40	2.625,00	Viável
Total	125	11.825,80	-	-	
11 Medianas	Rolândia	10	1.007,50	2.550,00	Viável
	São José dos Pinhais	17	732,10	2.445,00	Viável
	Sarandi	16	1.591,30	2.460,00	Viável
	Sengés	3	461,60	2.655,00	Viável
	Sertanópolis	9	1.060,70	2.565,00	Viável
	Siqueira Campos	12	934,60	2.520,00	Viável
	Teixeira Soares	13	1.199,60	2.505,00	Viável
	Terra Boa	18	1.711,30	2.430,00	Viável
	Terra Roxa	5	1.377,30	2.625,00	Viável
	Toledo	21	1.870,70	2.385,00	Viável
	Wenceslau Braz	2	520,00	2.670,00	Viável
Total	126	12.466,70	-	-	
12 Medianas	Santa Fé	6	1.082,50	2.610,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	6	844,00	2.610,00	Viável
	São José dos Pinhais	17	732,10	2.445,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	6	1.362,60	2.610,00	Viável
	Sarandi	17	1.530,60	2.445,00	Viável
	Sertanópolis	8	972,60	2.580,00	Viável
	Siqueira Campos	3	633,00	2.655,00	Viável
	Teixeira Soares	13	1.199,60	2.505,00	Viável
	Terra Boa	19	1.732,40	2.415,00	Viável
	Toledo	19	1.716,20	2.415,00	Viável
	Tomazina	7	684,00	2.595,00	Viável
	Uraí	6	863,70	2.610,00	Viável
Total	127	13.353,30	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice O – Resultados do mês de Novembro

TABELA 46 – RESULTADOS DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Ubiratã	28	2.466,09	2.280,00	Inviável
	União da Vitória	21	1.507,30	2.385,00	Viável
	Uraí	17	1.529,70	2.445,00	Viável
	Wenceslau Braz	11	959,50	2.535,00	Viável
	Total	77	6.462,59	-	-
5 Medianas	Terra Boa	19	1.744,10	2.415,00	Viável
	Tibagi	21	1.462,90	2.385,00	Viável
	Toledo	21	2.008,30	2.385,00	Viável
	Ubiratã	5	1.199,30	2.625,00	Viável
	Wenceslau Braz	12	959,40	2.520,00	Viável
Total	78	7.374,00	-	-	
6 Medianas	Tibagi	17	1.241,70	2.445,00	Viável
	Toledo	25	2.467,70	2.325,00	Inviável
	Tomazina	4	639,30	2.640,00	Viável
	União da Vitória	11	1.085,80	2.535,00	Viável
	Uraí	19	1.518,50	2.415,00	Viável
	Wenceslau Braz	3	522,00	2.655,00	Viável
Total	79	7.475,00	-	-	
7 Medianas	Teixeira Soares	15	1.050,00	2.475,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	813,70	2.610,00	Viável
	Tomazina	4	639,30	2.640,00	Viável
	Ubiratã	27	2.462,49	2.295,00	Inviável
	União da Vitória	9	1.114,10	2.565,00	Viável
	Uraí	16	1.523,70	2.460,00	Viável
	Wenceslau Braz	3	522,00	2.655,00	Viável
Total	80	8.125,29	-	-	
8 Medianas	Ortigueira	5	589,10	2.625,00	Viável
	Terra Boa	15	1.563,40	2.475,00	Viável
	Toledo	17	1.976,80	2.445,00	Viável
	Tomazina	4	639,30	2.640,00	Viável
	Ubiratã	5	1.199,30	2.625,00	Viável
	União da Vitória	20	1.450,50	2.400,00	Viável
	Uraí	10	1.153,00	2.550,00	Viável
	Wenceslau Braz	5	549,90	2.625,00	Viável
Total	81	9.121,30	-	-	
9 Medianas	Nova Esperança	8	1.217,80	2.580,00	Viável
	Santa Helena	9	1.543,80	2.565,00	Viável
	São João	10	1.314,30	2.550,00	Viável
	São João do Triunfo	15	1.121,40	2.475,00	Viável
Terra Boa	9	1.245,70	2.565,00	Viável	

TABELA 47 – RESULTADOS DO MÊS DE NOVEMBRO DE 2011

					(conclusão)
9 Medianas	Ubiratã	8	1.348,80	2.580,00	Viável
	União da Vitória	3	517,20	2.655,00	Viável
	Uraí	11	1.158,00	2.535,00	Viável
	Wenceslau Braz	9	767,70	2.565,00	Viável
	Total	82	10.234,70	-	-
10 Medianas	Corbélia	7	1.251,10	2.595,00	Viável
	Rebouças	6	751,00	2.610,00	Viável
	Santa Helena	6	1.350,80	2.610,00	Viável
	São João	10	1.314,30	2.550,00	Viável
	São João do Ivaí	9	1.166,20	2.565,00	Viável
	São João do Triunfo	11	602,80	2.535,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	610,50	2.610,00	Viável
	Terra Boa	10	1.495,50	2.550,00	Viável
	Toledo	6	1.477,00	2.610,00	Viável
	Tomazina	12	959,40	2.520,00	Viável
Total	83	10.978,60	-	-	
11 Medianas	Nova Esperança	8	1.217,80	2.580,00	Viável
	São João	9	1.126,00	2.565,00	Viável
	São João do Triunfo	14	951,40	2.490,00	Viável
	São Miguel do Iguaçu	8	1.450,50	2.580,00	Viável
	Sertanópolis	4	973,60	2.640,00	Viável
	Telêmaco Borba	6	610,50	2.610,00	Viável
	Terra Boa	9	1.245,70	2.565,00	Viável
	Ubiratã	10	1.520,80	2.550,00	Viável
	União da Vitória	3	517,20	2.655,00	Viável
	Uraí	7	937,40	2.595,00	Viável
	Wenceslau Braz	6	641,40	2.610,00	Viável
Total	84	11.192,30	-	-	
12 Medianas	Engenheiro Beltrão	8	1.146,50	2.580,00	Viável
	Mallet	5	719,30	2.625,00	Viável
	Mandaguari	10	1.288,00	2.550,00	Viável
	Ortigueira	5	589,10	2.625,00	Viável
	Palotina	6	1.424,90	2.610,00	Viável
	Pato Branco	10	1.314,30	2.550,00	Viável
	Santa Helena	6	1.350,80	2.610,00	Viável
	São João do Triunfo	12	700,70	2.520,00	Viável
	Tomazina	4	639,30	2.640,00	Viável
	Ubiratã	7	1.251,10	2.595,00	Viável
	Uraí	8	1.017,10	2.580,00	Viável
	Wenceslau Braz	4	552,00	2.640,00	Viável
Total	85	11.993,10	-	-	

FONTE: O autor (2013)

Apêndice P – Resultados do mês de Dezembro

TABELA 47 – RESULTADOS DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2011

(continua)

Quantidade de Medianas	Mediana	Comarcas	Distância Total	Distância Possível	Status
4 Medianas	Terra Boa	55	3.273,50	1.875,00	Inviável
	Terra Roxa	4	1.365,10	2.640,00	Viável
	Toledo	18	2.017,80	2.430,00	Viável
	Umuarama	8	1.478,00	2.580,00	Viável
	Total	85	8.134,40	-	-
5 Medianas	Nova Esperança	13	1.241,70	2.505,00	Viável
	São Jerônimo da Serra	36	2.063,50	2.160,00	Viável
	Terra Boa	12	1.417,50	2.520,00	Viável
	Terra Rica	4	1.238,40	2.640,00	Viável
	Toledo	21	2.093,80	2.385,00	Viável
Total	86	8.054,90	-	-	
6 Medianas	Rolândia	15	1.356,20	2.475,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	28	1.675,69	2.280,00	Viável
	Sarandi	14	1.367,60	2.490,00	Viável
	Terra Roxa	5	1.370,60	2.625,00	Viável
	Toledo	18	1.868,40	2.430,00	Viável
Total	87	8.973,39	-	-	
7 Medianas	Umuarama	7	1.334,90	2.595,00	Viável
	São João do Ivaí	11	1.416,90	2.535,00	Viável
	São José dos Pinhais	13	852,80	2.505,00	Viável
	Sarandi	18	1.354,70	2.430,00	Viável
	Telêmaco Borba	17	1.214,20	2.445,00	Viável
Total	88	9.529,70	-	-	
8 Medianas	Terra Boa	5	1.250,40	2.625,00	Viável
	Terra Rica	4	1.238,40	2.640,00	Viável
	Umuarama	20	2.202,30	2.400,00	Viável
	Rolândia	17	1.410,80	2.445,00	Viável
	Sarandi	6	975,00	2.610,00	Viável
Total	89	10.681,50	-	-	
9 Medianas	Sengés	17	1.170,10	2.445,00	Viável
	Telêmaco Borba	11	1.199,30	2.535,00	Viável
	Terra Boa	11	1.452,60	2.535,00	Viável
	Terra Rica	4	1.238,40	2.640,00	Viável
	Terra Roxa	6	1.372,10	2.610,00	Viável
Total	89	10.681,50	-	-	
9 Medianas	Toledo	17	1.863,20	2.445,00	Viável
	Rolândia	12	1.313,40	2.520,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	13	949,90	2.505,00	Viável
	São João do Ivaí	11	1.416,90	2.535,00	Viável
Total	89	10.681,50	-	-	
9 Medianas	Sarandi	6	975,00	2.610,00	Viável
	Telêmaco Borba	19	1.357,90	2.415,00	Viável
	Total	89	10.681,50	-	-

TABELA 47 – RESULTADOS DO MÊS DE DEZEMBRO DE 2011

				(conclusão)	
9 Medianas	Terra Boa	5	1.250,40	2.625,00	Viável
	Terra Rica	4	1.238,40	2.640,00	Viável
	Terra Roxa	15	1.953,60	2.475,00	Viável
	Umuarama	5	1.348,90	2.625,00	Viável
	Total	90	11.804,40	-	-
10 Medianas	Assis Chateaubriand	10	1.504,70	2.550,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	13	949,90	2.505,00	Viável
	Santo Antônio do Sudoeste	13	1.791,90	2.505,00	Viável
	São Jerônimo da Serra	5	968,70	2.625,00	Viável
	São José dos Pinhais	13	852,80	2.505,00	Viável
	Sarandi	13	1.167,80	2.505,00	Viável
	Telêmaco Borba	7	814,30	2.595,00	Viável
	Terra Boa	9	1.306,30	2.565,00	Viável
	Terra Rica	4	1.238,40	2.640,00	Viável
	Terra Roxa	4	1.365,10	2.640,00	Viável
Total	91	11.959,90	-	-	
11 Medianas	Ribeirão do Pinhal	5	848,40	2.625,00	Viável
	Rolândia	13	1.292,20	2.505,00	Viável
	Santo Antônio da Platina	10	868,80	2.550,00	Viável
	São Jerônimo da Serra	6	778,20	2.610,00	Viável
	São João	13	1.447,10	2.505,00	Viável
	São João do Ivaí	4	863,60	2.640,00	Viável
	São José dos Pinhais	14	1.013,40	2.490,00	Viável
	Terra Boa	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Terra Rica	6	1.250,60	2.610,00	Viável
	Terra Roxa	10	1.696,80	2.550,00	Viável
	Umuarama	5	1.348,90	2.625,00	Viável
Total	92	12.660,50	-	-	
12 Medianas	Ribeirão do Pinhal	13	970,10	2.505,00	Viável
	Rio Negro	4	876,00	2.640,00	Viável
	Rolândia	13	1.292,20	2.505,00	Viável
	Santa Isabel do Ivaí	4	1.247,50	2.640,00	Viável
	São João do Ivaí	6	1.029,60	2.610,00	Viável
	São José dos Pinhais	11	684,40	2.535,00	Viável
	Telêmaco Borba	8	843,50	2.580,00	Viável
	Terra Boa	6	1.252,50	2.610,00	Viável
	Terra Rica	4	1.126,00	2.640,00	Viável
	Terra Roxa	4	1.365,10	2.640,00	Viável
Toledo	16	1.770,60	2.460,00	Viável	
Umuarama	4	1.269,90	2.640,00	Viável	
Total	93	13.727,40	-	-	

FONTE: O autor (2013)