SÉRGIO BASSI

PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ÁREA DE LOGÍSTICA DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS EM PROJETOS DE GRANDE PORTE

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenheiro de Produção

São Paulo
2009

SÉRGIO BASSI

PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ÁREA DE LOGÍSTICA DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS EM PROJETOS DE GRANDE PORTE

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenheiro de Produção

Orientadora:
Profª Dra. Débora Pretti Ronconi

São Paulo
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Bassi, Sérgio
Pesquisa operacional aplicada à área de logística de trans - portes rodoviários em projetos de grande porte / S. Bassi. -- São Paulo, 2009.
p. 213

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Pesquisa operacional 2. Logística 3. Roteirização I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

À minha família, meus amigos e a todos aqueles que,
de um modo ou outro, contribuíram para esta vitória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me permitido chegar a este momento, por ter mudado o rumo de minha trajetória anos atrás, por ter feito eu acreditar que era possível.

Agradeço à minha família pelo suporte – em todos sentidos –, compreensão, dedicação; por ter me apoiado e também me contrariado. Cada passo, cada atitude, foi fundamental para o meu crescimento, minha contínua formação e pela chegada a este objetivo.

Registro também meus mais sinceros agradecimentos à professora Débora Pretti Ronconi, que tanto me incentivou e apoiou, exercendo de fato o papel de orientadora. Obrigado pela oportunidade, pelo conhecimento, pelas discussões e, principalmente, pela disponibilidade e prontidão de atendimento.

Agradeço também aos demais professores por suas contribuições não somente como facilitadores de aprendizado, mas pelas suas experiências pessoais passadas em classe e fora dela bem como pelo tempo aplicado por acreditar no crescimento de cada aluno. Minha lembrança e muito obrigado também aos demais funcionários do departamento.

Cabe aqui também agradecer à Promon Engenharia, especialmente à equipe de Suprimentos, que me possibilitou a realização deste trabalho, com a cessão de dados e contatos para a realização do mesmo.

A meus caros companheiros de curso e de faculdade que fizeram questão de me manter confiante e que acreditaram em mim nos momentos mais difíceis, em especial, Bárbara Moraes, Felipe Lemos, Arthur Wetzel, Edgard Rinaldi e Thiago Chicaroni. Grato pela companhia e fidelidade.

A todos os outros que confiaram em minha capacidade e mantiveram minha motivação durante o curso: meu muito obrigado.

Por vocês, com vocês e a vocês: minha profunda gratidão.

“É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se à derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota.”

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de estudar o processo de gerenciamento de coletas de carga em fornecedores de uma empresa de engenharia que atua na área de projetos de grande porte, especialmente em regime *EPC – Engineering, Procurement and Construction*. Tal transporte é feito por terceiros, porém a empresa tem total liberdade de definição de roteiros bem como de estruturação e programação das coletas. Através desta análise será proposto um modelo a ser aplicado para que o aproveitamento dos veículos utilizados seja o máximo possível e, conseqüentemente, os custos sejam reduzidos. Tal caso é caracterizado como um problema de roteirização de veículos, com coleta fracionada, frota heterogênea, janelas de tempo e custos escalonados, que consistem em faixas de custeio que variam, em patamares, conforme a faixa de distância percorrida. Para sua resolução, serão aplicadas técnicas de Pesquisa Operacional, com o desenvolvimento de uma programação que terá por base um algoritmo da literatura, com as devidas adaptações e premissas. Tal programação será desenvolvida no ambiente *Microsoft Excel* em linguagem *VBA – Visual Basic for Applications* –, cuja difusão no ambiente empresarial é ampla. Numa etapa anterior à heurística haverá a utilização do *software* de otimização *Xpress* para a resolução exata de uma versão reduzida do problema. A viabilidade da aplicação do modelo desenvolvido, considerando os ganhos a serem obtidos, poderá ser observada pela comparação com dados de demanda e custos reais de um projeto recentemente finalizado pela empresa. Deste modo, será comprovado que as técnicas de Pesquisa Operacional são de grande valia à tomada de decisão em casos combinatórios como este e ajudam a promover redução de custos e melhorias nos processos atuais das empresas.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Logística de transportes. Roteirização.

ABSTRACT

This report has the goal of studying the management process of load collects in suppliers of an Engineering enterprise that acts in the area of large projects, especially in EPC – Engineering, Procurement and Construction – regime. Such transportation is done by third-party, however the enterprise has total freedom to define itineraries and to structure and to program collects. Through this analysis, a model will be proposed to be applied for the obtaining of the best vehicle using and, consequently, the reducing in costs. The case in focus is characterized as a routing problem with split delivery, mix vehicle, time windows and scaled costs, that consists in values of costing that vary , in levels, according to ranges of traveled distance. For its resolution, techniques of Operations Research will be applied, resulting in the development of a programming that uses for basis an algorithm from specific literature, with the necessaries adaptation and assumptions. This programming will be developed in the Microsoft Excel environment, in VBA – Visual Basic for Applications – language, whose diffusion in the business environment is wide. Before the development of the heuristics, there will be the use of the optimization software Xpress to the exact resolution of a reduced version of the problem. The feasibility of application of the developed model, considering the earnings to be obtained, will be possible to be observed through the comparison with demand data and real costs of a project recently finished by the company. In this way, it will be proved that Operations Research techniques are important in decision processes in combinatory cases like this and help to promote cost reduction and improvements in current processes of the companies.

Keywords: Operations Research. Logistics. Routing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma típico de um empreendimento tipo EPC. 20
Figura 2: Organograma típico de um empreendimento tipo EPC. 21
Figura 3: Fluxograma da área de Suprimentos. 22
Figura 4: Inter-relacionamento entre as áreas de Suprimentos. 23
Figura 5: Curva exemplo da questão de custos escalonados do problema. 27
Figura 6: Fluxograma da área de logística de transportes. 28
Figura 7: Esquema das coletas atuais. 30
Figura 8: Esquema da proposta de roteamento a ser aplicada nas coletas 31
Figura 9: Esquema de coletas exclusivas (Chen *et al.*, 2007) 38
Figura 10: Esquema de utilização de coleta fracionada (Chen *et al.*, 2007) 38
Figura 11: Esquema da proposta de roteamento a ser aplicada utilizando coletas fracionadas. 39
Figura 12: Coleta não-otimizada feita nos nós B e C. 44
Figura 13: Coleta otimizada realizada nos nós B e C. 44
Figura 14: Fornecedores a serem atendidos e depósito central. 46
Figura 15: Definição da semi-reta de origem e do sentido de rotação. 46
Figura 16: Resultado gráfico do roteamento pelo método de varredura. 47
Figura 17: Exemplo de função de custos sem descontinuidade(Extraído de Winston, 2004).. 48
Figura 18: Função de custos com descontinuidade presente neste problema. 50
Figura 19: Exemplo de formação de sub-rota(pelo veículo 1) evitada pelo conjunto de restrições (20). 57
Figura 20: Planilha de inserção de dados para obtenção do mapa plotado. 65
Figura 21: Mapa plotado representando os fornecedores a serem visitados. 66
Figura 22: Visão aproximada dos fornecedores a serem atendidos no estado de São Paulo. 67
Figura 23: Função de custos com descontinuidade presente neste problema. 73
Figura 24: Malha de testes, com localização dos fornecedores e demandas. 75
Figura 25: Resultado da otimização da malha de teste. 76
Figura 26: Resultado da aproximação dos experimentos a um modelo exponencial. 78
Figura 27: Resultado da aproximação dos experimentos a um modelo potencial. 78
Figura 28: Descrição do algoritmo de Dullaert(2002), extraída de Belfiore (2006). 82
Figura 29: Descrição do algoritmo de Dullaert(2002) adaptado pelo autor. 84

Figura 30: Rotas a serem percorridas pelos veículos de 1 a 4 da semana 11. 95
Figura 31: Rotas a serem percorridas pelos veículos de 5 a 7 da semana 11(visão aproximada da figura 29)..... 96
Figura 32: Mudança no número de veículos, por tipo, com a proposta de roteirização..... 98
Figura 33: Mudança percentual na utilização dos veículos, por tipo, com a proposta de roteirização. 99
Figura 34: Mudança na utilização dos veículos, por tipo, conforme cada cenário de inclusão de veículo analisado..... 103
Figura 35: Mudança percentual na utilização dos veículos, por tipo, conforme cada cenário analisado 103
Figura 36: Mudança na utilização dos veículos, por tipo, conforme cada cenário de aumento do valor do frete de carreta analisado 105
Figura 37: *Framework* sugerido por Wagner & Krause (2009) para desenvolvimento de fornecedores..... 108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões e características de um problema de roteirização de veículos (Belfiore, 2006). 36
Tabela 2: Latitudes e longitudes dos fornecedores e centro de distribuição. 64
Tabela 3: Visão parcial da tabela de distâncias entre os fornecedores. 69
Tabela 4: Tabela de fator médio de circuito por país (Ballou *et al*., 2002). 71
Tabela 5: Tipos de veículo e suas respectivas capacidades. 72
Tabela 6: Custos conforme cada tipo de veículo e faixa de distância percorrida. 73
Tabela 7: Distâncias entre os pontos da malha de teste(valores em km). 76
Tabela 8: Tempo de execução da modelagem em relação à quantidade de fornecedores. 77
Tabela 9: Estimativas de tempo de execução. 79
Tabela 10: Visão parcial do relatório de *truckload*. 91
Tabela 11: Visão parcial do relatório de coletas especiais. 92
Tabela 12: Visão parcial do relatório detalhado de coletas roteirizadas. 93
Tabela 13: Visão parcial do relatório gerencial de coletas roteirizadas. 94
Tabela 14: Correspondência entre pontos da semana 11 e seus respectivos fornecedores. 95
Tabela 15: Comparativo de custos de transporte do projeto. 97
Tabela 16: Comparativo entre cenários das análises de sensibilidade de inclusão de veículos 101
Tabela 17: Comparativo entre cenários das análises de sensibilidade dos preços de carreta. 104
Tabela 18: Comparativo financeiro entre os cenários de aumento de preço das carretas 105

LISTA DE SIGLAS

CD – Centro de distribuição

CLM – Certificado de liberação de materiais

NF – Nota fiscal

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

EPC – Engineering, Procurement and Construction

PMI – Project Management Institute

F.o. – Função objetivo

S.a. – Sujeito a

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO ***15***
2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA ***17***
2.1. Características gerais 17
2.2. Centros de competências 18
2.3. Principais obras 19
2.4. Área de atuação na empresa 19
3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA ***25***
3.1. Descrição do problema 25
3.2. Processo atual 27
3.3. Objetivo do trabalho 29
4. ESTUDO DO PROBLEMA ***33***
4.1. Roteirização de veículos 33
4.2. Roteirização de veículos com coletas fracionadas 37
4.3. Roteirização de veículos com janelas de tempo 39
4.4. Roteirização de veículos com frota heterogênea 41
4.5. Heurísticas-base 43
4.6. Custos escalonados 48
4.7. Formulação do modelo proposto 50
4.8. Detalhamento do modelo proposto 54
5. COLETA E ANÁLISE DE DADOS ***63***
5.1. Dados de localização dos fornecedores 63
5.2. Demais dados pertinentes ao problema 71
6. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA ***75***
6.1. Programação e resolução exata do modelo 75
6.2. Heurística a ser utilizada e adaptações 79
6.3. Implementação computacional da heurística 86
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS ***89***
7.1. Premissas do experimento computacional heurístico 89
7.2. Resultados obtidos 91
7.3. Análises de sensibilidade 99
7.4. Desenvolvimento de fornecedores 107
7.5. Análise crítica e considerações 109

8. CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS *111*
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *113*
APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO NO XPRESS *115*
APÊNDICE B – ARQUIVO DE INICIALIZAÇÃO DO XPRESS *119*
APÊNDICE C – RESULTADO DO XPRESS IMPRESSO *120*
APÊNDICE D – TELAS DE RESULTADO DO XPRESS *125*
APÊNDICE E – MACRO PARA PLANILHA DE DISTÂNCIA ENTRE FORNECEDORES *127*
APÊNDICE F – PROGRAMAÇÃO DA HEURÍSTICA DE INSERÇÃO DE DULLAERT(2002) ADAPTADA *129*
APÊNDICE G – RELATÓRIO DE TRUCKLOADS *150*
APÊNDICE H – RELATÓRIO DE COLETAS ESPECIAIS *153*
APÊNDICE I – RELATÓRIO DETALHADO DE VEÍCULOS ROTEADOS *155*
APÊNDICE J – RELATÓRIO GERENCIAL DE VEÍCULOS ROTEADOS *196*
APÊNDICE L – DETERMINAÇÃO DE PREÇOS DOS VEÍCULOS .....
INTERMEDIÁRIOS A SEREM UTILIZADOS NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ... *207*
APÊNDICE M – PLANILHA DE CORRESPONDÊNCIA *211*
ANEXO 1 – LINHAS DE TENDÊNCIA (EXCEL) *213*

1. INTRODUÇÃO

Uma empresa de projetos de engenharia de grande porte muitas vezes concentra sua atenção na elaboração de plantas, esquemas e desenhos, além da parte de construção, focando-se muito no resultado e esquecendo-se, por vezes, dos procedimentos intermediários necessários para que os materiais cheguem em perfeito estado e do modo mais rápido e barato possível.

Este trabalho será realizado na Promon Engenharia, empresa esta que realiza empreendimentos de grande porte em diversos ramos da engenharia, sendo uma das mais importantes empresas de seu setor, e apresenta um estudo voltado para seu departamento de Suprimentos – mais especificamente para a área de logística de transporte, interna à mesma –, área esta que, apesar de não ser o centro das atividades de uma empresa deste ramo, desempenha um importante papel pois a maioria dos custos incorridos em seus projetos passa por essa área através de gastos com aquisições de materiais, equipamentos e serviços e fluxo dos mesmos. A análise da situação apresentada neste trabalho é possível devido ao vínculo entre o aluno e a empresa através de estágio na área de Suprimentos de um projeto realizado pela mesma, sendo possível, assim, observar procedimentos e obter informações necessárias para o estudo no grau de aprofundamento desejado.

O foco deste trabalho é a redução dos custos de transporte terrestre, para a qual será realizado um estudo que resultará na indicação das rotas e veículos a serem utilizados, com a finalidade de propiciar um melhor aproveitamento da capacidade dos mesmos nas coletas de materiais nos fornecedores haja visto que, atualmente, o resultado que se tem não é tão satisfatório. Para tanto, serão empregadas técnicas de Pesquisa Operacional que auxiliarão na otimização do caso. A motivação para este estudo é a melhor estruturação da área de logística de transportes com vistas à redução dos gastos e a busca por diferenciais competitivos com relação ao mesmo departamento de outras empresas.

O trabalho é estruturado em 10 capítulos, conforme o que se segue.

O capítulo1 consiste na introdução e motivação do trabalho, bem como no esclarecimento do vínculo entre aluno e empresa e objetivos gerais.

O capítulo 2 apresentará a Promon Engenharia e versará brevemente sobre suas história e principais obras, abordando aspectos organizacionais e estruturais da empresa, como diagrama de relacionamento entre as áreas da empresa, organograma típico de um empreendimento *EPC – Engineering, Procurement and Construction* – e o fluxograma do

processo coordenado pela área de Suprimentos. Este capítulo dá o embasamento necessário para contextualizar o leitor das peculiaridades de uma empresa do ramo de projetos.

O capítulo 3 aborda a definição do problema e o objetivo proposto para este trabalho. Explicando mais a fundo a área de logística de transportes, há a apresentação do fluxograma desta área e as rotinas da mesma, que se encarrega do recebimento das notas fiscais dos fornecedores e da programação das coletas com a transportadora terceirizada, sobre a qual se tem influência gerencial e decisão sobre os roteiros. O processo atual de coletas com todas suas restrições será abordado e o objetivo de redução de gastos será definido.

O capítulo 4 fará um estudo do problema, abordando a revisão da literatura para cada um dos tópicos que compõe o caso em análise. Ainda será sugerida a modelagem matemática para a situação e cada uma das restrições será detalhada, evidenciando sua real função no modelo.

O capítulo 5 versará sobre a coleta de dados para sua posterior utilização na resolução do problema. A localização dos fornecedores e o modo como são tratados os dados para obtenção das distâncias, bem como as ferramentas utilizadas nessa etapa e premissas utilizadas são claramente apresentadas e justificadas. Outros dados necessários, que podem ser obtidos de forma mais direta, são também abordados.

O capítulo 6 iniciará com um estudo sobre a resolução exata de um problema deste tipo em versão reduzida. A seguir, a implementação da heurística será abordada, através da explicação mais detalhada do algoritmo proposto por Dullaert(2002) e todas as alterações necessárias para que o mesmo seja adequado à resolução do problema deste trabalho. A implementação computacional é também brevemente discutida neste capítulo.

A análise dos resultados é o tema do capítulo 7. As premissas utilizadas na formulação são explicadas de modo a embasar melhor os resultados que são apresentados na seqüência. A seguir, são apresentados os resultados sob a forma de relatórios simples, mas que podem ser utilizados no dia-a-dia da empresa. Neste capítulo será feito o estudo da viabilidade financeira e de aplicação do modelo proposto à empresa, bem como a análise crítica dos resultados.

O capítulo 8 apresenta as conclusões deste estudo e os pontos de melhoria e continuidade do mesmo. O capítulo 9 trata, das referências bibliográficas, componentes importantes do desenvolvimento do trabalho.

Estruturado desta forma, permite o adequado acompanhamento do raciocínio utilizado na resolução do caso, onde as técnicas aprendidas por um Engenheiro de Produção, sobretudo as da área de Pesquisa Operacional, foram essenciais para o estudo e posterior resolução do caso.

2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Nesta seção do relatório serão abordadas características gerais da empresa na qual o trabalho será realizado, tais como seu histórico, principais ramos de atuação, estrutura interna, conceito de centros de competência, fluxogramas e organogramas típicos de seus departamentos e a responsabilidade de cada uma das partes da empresa no resultado final.

Ainda, será apresentada qual a espécie de vínculo do aluno com a empresa bem como a área de atuação do mesmo e seus respectivos desdobramentos, evidenciando as responsabilidades e atividades pertinentes a cada uma das micro-áreas que a compõe.

2.1. Características gerais

A Promon S.A. é uma empresa brasileira criada no ano de 1960 pela aliança entre duas empresas: a americana Procon Inc. (*Incorporation*) e a brasileira Montreal Montagem e Representação Industrial S.A. e atua nas áreas de projeto, construção e gerenciamento de complexas e grandes soluções de infra-estrutura em setores-chave da economia nacional, tais como nas áreas de óleo e gás, termoelétricas, hidroelétricas, indústrias de mineração e metalurgia, construção civil, transportes urbanos, telecomunicações e tecnologia da informação.

As operações da empresa, atualmente, se estruturam divididas em três frentes: Promon Engenharia (subsidiária integral), Promon Logicalis (fusão da Promon Tecnologia com as operações do Grupo Logicalis na América Latina – que está em processo de separação da Promon S.A.) – e Trópico (que é uma *joint venture* com CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações – e Cisco).

O estágio foi realizado na Promon Engenharia, empresa que passaremos a nos focar daqui em diante, responsável por projetos de todo portfólio com exceção dos projetos que versam sobre Tecnologia da Informação e Telecomunicações.

A Promon Engenharia – doravante denominada apenas por Promon – tem como uma de suas peculiaridades algo de caráter inovador: atrelar todo o seu capital às mãos dos funcionários ativos da empresa. Todos eles são incentivados a adquirirem ações da empresa e, assim, trabalharem pelo que é deles próprios. Isso faz parte do ideal da companhia – fornecer uma vida profissional mais gratificante aos funcionários bem como valorizar o espírito colaborativo entre os mesmos com vista a um objetivo comum de fazer o negócio prosperar.

2.2. Centros de competências

As competências estratégicas da companhia são promovidas pelos chamados Centros de competências e têm a finalidade de assegurar que todo o conhecimento técnico seja utilizado pela empresa e da forma mais adequada às operações, gerindo também os profissionais e suas práticas. São quatro seus centros de competência: gerenciamento de projetos, engenharia, gestão de fornecimentos e construção e montagem. Tais áreas não estão fisicamente separadas, sendo que os profissionais participantes de cada uma delas são alocados em uma delas conforme a sua função exercida, recebendo treinamentos conforme a sua área atuação. Abaixo segue uma breve explanação sobre os centros com base em informações divulgadas pela própria empresa, que sintetizam os focos para o domínio das técnicas de engenharia e gerenciamento bem como para a capacitação e qualificação de uma equipe apta a atuar em projetos de grande porte.

- Gerenciamento de Projetos: fundamental para os objetivos do negócio, afinal esse é o *core* da empresa. Todos os trabalhos de gerenciamento de projetos são divididos em nove áreas de conhecimento propostas pelo PMI (*Project Management Institute*), conforme abordam Carvalho e Rabechini Jr. (2006): integração, escopo, prazo, risco, comunicação, qualidade, custo, suprimentos e recursos humanos. Há um alto nível de especialização em gerenciamento de projetos e suas atividades, com base nos fundamentos do PMI, especificamente nas práticas sugeridas pelo PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), o que culminou no desenvolvimento de melhores práticas de gerenciamento, que levaram ao desenvolvimento do SPG – Sistema Promon de Gerenciamento.
- Engenharia: preza pelo nível e conhecimento técnico profissional e passa por treinamentos e desenvolvimentos constantes em capacitações e especializações técnicas. Possuem foco nas seguintes disciplinas técnicas: mecânica, tubulação, processos, instrumentação, civil e elétrica.
- Gestão de Fornecimentos: a empresa sabe que muito de seu trabalho é dependente de seus fornecedores em termos de disponibilidade e qualidade de matéria-prima e também da confiabilidade nos produtos e datas de entrega acordados. Assim, a empresa faz questão de manter uma forte rede de relacionamentos com seus parceiros e fornecedores a fim de consolidar e gerir eficientemente seus contatos, que devem ser capazes de cobrir com qualidade, rapidez e competitividade as demandas criadas por cada projeto.
- Construção e Montagem: através da crescente demanda de contratos do tipo EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) , a Promon tem se especializado cada dia mais

nessa área, que transforma em realidade tudo o que foi projetado, implementando e dando forma ao que foi contratado. Além de se utilizar da experiência em outros ramos e promover treinamentos para os funcionários desta área, há o aprimoramento constante dos processos de trabalho e uma forte preocupação com questões relacionadas à segurança, qualidade, meio-ambiente e com o próprio material humano da empresa. As principais atividades realizadas em campo são os treinamentos, diligenciamento, comissionamento, *start-up* e questões relacionadas à pré-operação além da montagem propriamente dita.

2.3. Principais obras

A Promon já participou, no decorrer de sua história, de vários eventos de sucesso. Alguns exemplos a serem citados, nas duas últimas décadas são:

- Implantação da Linha Vermelha no Rio de Janeiro (via urbana entre o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro e o centro da cidade);
- Participação da construção do Metrô de Lisboa;
- Expansão da fábrica da Ford em Taubaté;
- Implantação da Usina Termelétrica de Uruguaiana;
- Ampliação do pólo industrial da Petrobrás em Guamaré;
- Unidade de geração de hidrogênio da REFAP;
- Expansão de usina da Cia. Siderúrgica de Tubarão;
- Contrato de ampliação da Fosfértil;
- dentre outros.

2.4. Área de atuação na empresa

O vínculo com a empresa foi estabelecido através de estágio realizado na área de Suprimentos da Promon Engenharia (cujos membros compõem o Centro de competências de gestão de fornecimentos), mais precisamente dentro do projeto da REVAP – Refinaria Henrique Laje, que foi realizado em consórcio com outras duas empresas.

O projeto no qual houve a inserção na empresa era do tipo EPC. Ou seja, a Promon era incumbida de projetar a refinaria por inteiro, desde as partes de projeto de engenharia – que traçariam os componentes das máquinas e plantas do local e definiriam as necessidades

posteriores –, passando pela parte de suprimentos – que é incumbida de ir ao mercado e adquirir os componentes necessários previstos inicialmente no projeto – e chegando na parte de construção – que se instala no local onde o projeto deve tomar forma e deve promover, além da montagem, os testes, comissionamento e partida do empreendimento.

Um fluxograma típico de um projeto EPC pode ser visto na figura 1.

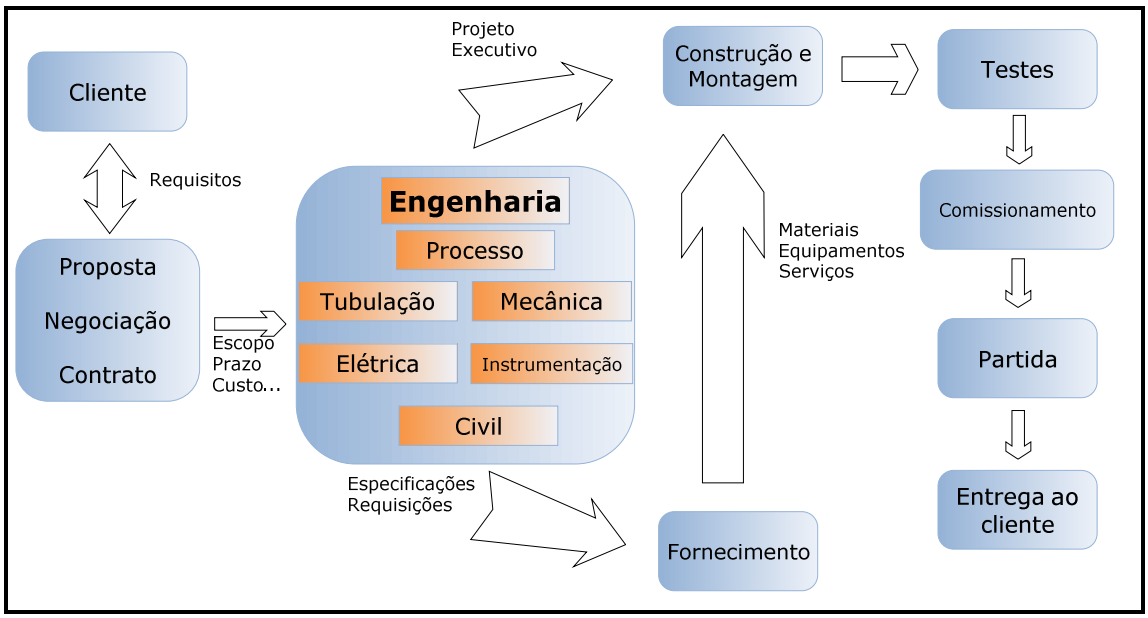

Figura 1: Fluxograma típico de um empreendimento tipo EPC

No fluxograma da figura 1, pode-se ver o processo em etapas: inicia-se com o cliente necessitando de um projeto e estabelecendo os requisitos que o mesmo deve possuir. Após a concorrência de várias empresas e consórcios pelo empreendimento cada um deles apresentando suas propostas, a negociação é feita para que um licitante seja vencedor e assine o contrato. Depois disso, são definidas as atividades de cada uma das áreas de conhecimento do PMI e a engenharia com suas 6 disciplinas (mecânica, elétrica, tubulação, processo, instrumentação e civil) começa a montar efetivamente o projeto e requisitar os materiais, equipamentos e serviços necessários ao departamento de suprimentos, que se encarrega de sua compra e fornecimento. Ao chegar na obra, os materiais são utilizados e a engenharia se encarrega de transformar o projeto – até então no papel – em realidade.

Um exemplo de organograma de um empreendimento deste tipo é apresentado na figura 2.

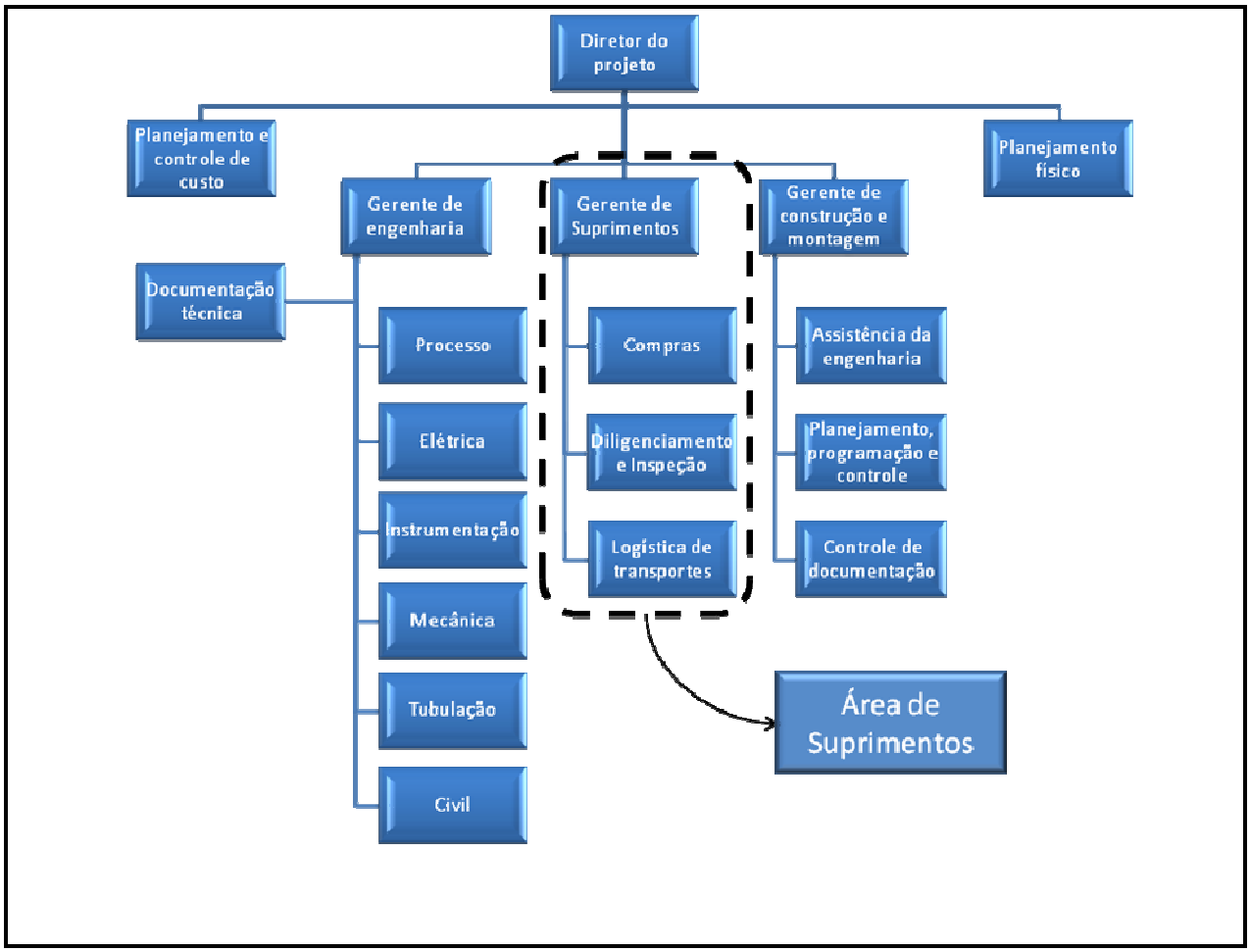

Figura 2: Organograma típico de um empreendimento tipo EPC

A área de Suprimentos da empresa é responsável, em linhas gerais, por receber as requisições de materiais da Engenharia do projeto e iniciar um processo de contratação de tudo o que será necessário para a constituição física do projeto. Aplicando os processos do SPG que, como dito anteriormente, possuem por base os mesmos princípios do PMI, a área de Suprimentos pode ser dividida em quatro micro-áreas: planejamento estratégico, compras, diligenciamento e inspeção e logística de transportes. Na figura 3, temos um fluxograma da área de Suprimentos, que apresenta os principais procedimentos executados.

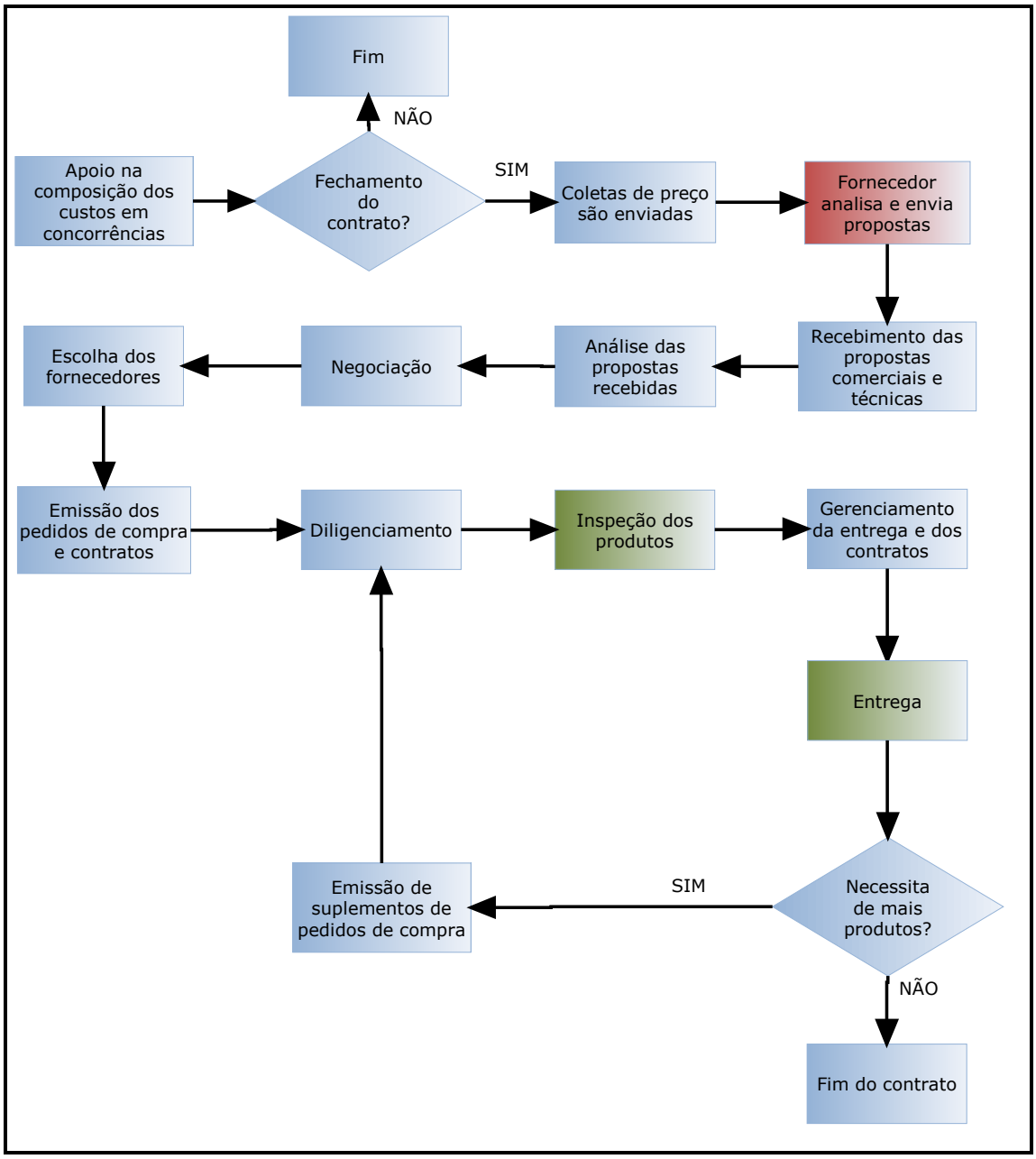

Figura 3: Fluxograma da área de Suprimentos

A micro-área de planejamento estratégico atua prioritariamente no início do projeto e cuida das questões de orçamentação, em estabelecer as diretrizes a serem seguidas quanto à divisão de tarefas dentro da área e quanto às necessidades do projeto e através de cotações ou estimativas compõe uma prévia dos custos dentro do mesmo. Toma decisões tendo em visto os cronogramas, realoca funcionários e tem profundo conhecimento daquilo que ocorre em todas as outras três micro-áreas.

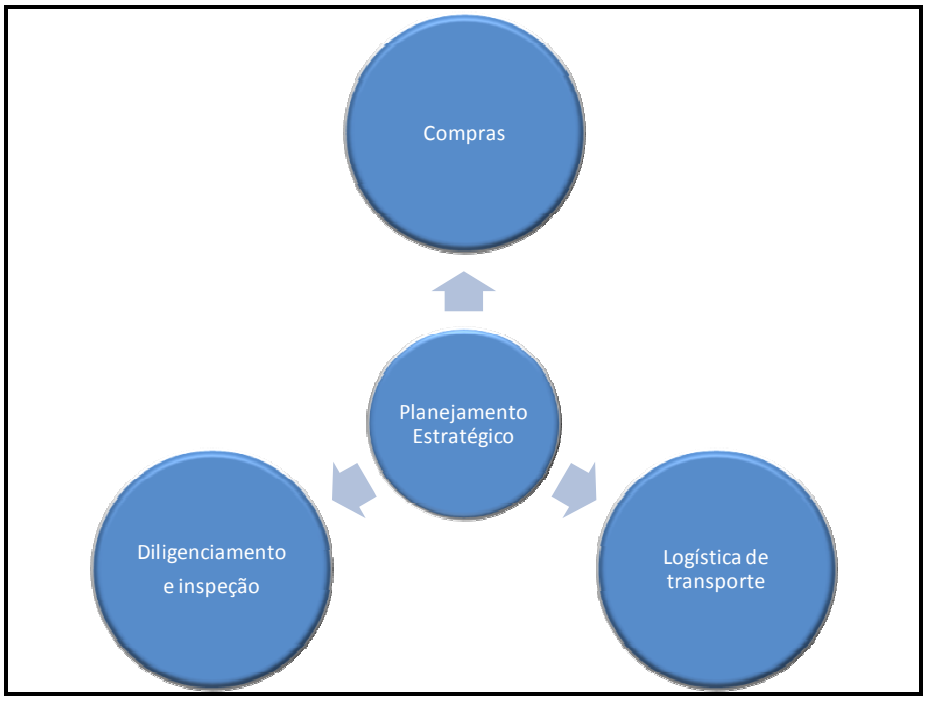

Figura 4: Inter-relacionamento entre as áreas de Suprimentos

A micro-área de compras é aquela que dá início a todo o processo de aquisição, inclusive tendo por base as diretrizes de Gestão de Aquisições do PMBOK. Ela recebe as listas de necessidades do projeto com relação a materiais, equipamentos e serviços necessários e vai ao mercado buscar cotações com a finalidade de verificar quais são as melhores oportunidades existentes para os produtos necessários.

Segundo Carvalho e Rabechini Jr. (2006), os principais processos de aquisições são: planejamento das aquisições, planejamento da solicitação, solicitação, seleção das fontes, administração de contratos e encerramento dos contratos. Estes processos praticamente descrevem a área de compras. Explicando em outras palavras, ela é o principal intermediador entre as área de engenharia e construção com os fornecedores, responsável por receber as propostas técnicas e comerciais dos proponentes e analisando-as num momento posterior. A área de compras separa os itens conforme as disciplinas de trabalho, verifica em uma lista (*Vendor List*) quais são os fornecedores pré-selecionados para tal fornecimento, elabora as coletas de preço com os itens a serem cotados e condições de fornecimento esperadas bem como as cartas-convite que são enviadas junto com o pedido de cotação para convidar o fornecedor a participar do processo de coleta. Em seguida, são recebidas as propostas dos interessados e são comparadas em termos de, prioritariamente, preço e também de prazo de fornecimento. Após a decisão do melhor fornecedor para cada tipo de material, é iniciado o processo de negociação com a finalidade de obter maiores descontos na aquisição. Sendo

fechado o acordo, o pedido de compra é emitido internamente, com a colocação de dados no sistema e impressão de vias para o fornecedor e também para a aprovação da diretoria.

Cabe a compras elaborar aditivos de pedidos, que complementem os pedidos já efetuados, bem como toda a comunicação com fornecedores referente às propostas e negociação. Toda a documentação é conferida e arquivada por este departamento de Suprimentos.

A micro-área de diligenciamento e inspeção tem a preocupação de saber como está o andamento das operações de fabricação e entrega dos materiais, bem como se encarrega de monitorar o processo de inspeção de todas as aquisições. Ela recebe relatórios das quantidades já fabricadas, em qual fase da operação as peças se encontram, as datas previstas e revisadas para a disponibilização para inspeção. Tem grande contato com a empresa contratada para inspeção dos materiais e equipamentos e recebe relatórios regularmente para ter controle das atividades já realizadas e por realizar e também para ter conhecimento da qualidade dos produtos que estão sendo apresentados.

Já a micro-área de logística de transportes é responsável pelas coletas de materiais nos fornecedores – ou pontos de entrega, em geral – e levar os produtos até a obra, onde serão efetivamente utilizados. Esse processo envolve a escolha da transportadora que tenha o serviço que melhor atenda as necessidades da operação e também um preço competitivo, afinal o papel da logística é fazer os produtos saírem de um ponto e chegarem a outro de forma otimizada, seja no aspecto de prazo ou no aspecto de custo.

Cabe também à logística toda a parte de verificação de notas fiscais, para que não ocorram erros nas entregas (faltas de produtos).

3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo, o foco será dado à micro-área de logística de transportes. Será descrito o processo atual de coletas bem como as partes envolvidas na questão operacional. Através da análise da situação atual das coletas realizadas, será definido o problema, ou seja, a situação que pode ser melhorada e, portanto, será o foco deste trabalho: a não eficiente utilização da capacidade dos veículos utilizados, o que implica em maiores gastos por parte da empresa.

Serão abordadas, ainda, idéias iniciais de alterações que devam ser feitas ao processo para que, num próximo momento, possamos modelar matematicamente a situação.

3.1. Descrição do problema

Dentro da área de logística de transportes, como já abordado anteriormente, temos como principal atividade a coleta de materiais nos fornecedores e a entrega dos mesmos na obra (cliente final). Porém o processo atual contém pontos a serem melhorados e é sobre este assunto que o presente trabalho versará.

As atividades da área de logística são, sobretudo, de gerenciamento da empresa terceirizada contratada, programando as coletas assim que os fornecedores a avisam que determinado lote de material já está pronto (fabricado e inspecionado) bem como de controlar o recebimento das notas fiscais de compra e a emissão de notas fiscais de venda dos produtos ao cliente final. Deste modo, a transportadora envia na data e local combinados o veículo do tipo especificado para coletar o material e levá-lo até o devido local de destino.

Porém, embora exista uma data de entrega no pedido de compra para que os materiais estejam prontos, imprevisibilidades acontecem e os materiais não ficam prontos todos em uma mesma data, ocorrendo atrasos e adiantamentos. Além disso, muitas vezes as fábricas (fornecedores) ligam para programar a coleta sem os produtos ainda estarem prontos, ocasionando uma grande espera para o início do carregamento dos veículos na data de programação marcada.

Um outro fato que incentiva os fornecedores a entregarem os materiais pouco a pouco é que, à medida que eles liberam o material e as notas ficais, o prazo para receber o pagamento começa a ser contado. Ou seja, quanto antes o material for decretado liberado, mais cedo a empresa pode receber o pagamento pelos produtos fornecidos. Isso explica o fato de muitas vezes eles se precipitarem em marcar as coletas: na ânsia da liberação dos produtos

que num breve futuro resultará no recebimento do capital, eles prevêem uma data de entrega otimista, sendo um fato externo à logística que acaba atrapalhando suas operações, pois um caminhão pode gastar mais horas do que o combinado para a realização desse carregamento.

Assim, verifica-se a existência de uma situação na qual há uma certa aleatoriedade nas coletas. Isto afeta diretamente o aproveitamento dos caminhões utilizados e poucas são as vezes em que é possível fazer um aproveitamento de veículos em rotas que passem por mais de um fornecedor. Isso resulta em custos altos que podem ser diminuídos com o auxílio de uma sistemática que concentre as coletas e utilize a roteirização de veículos de modo a otimizar a utilização dos caminhões com o objetivo de reduzir os custos com transporte.

Por histórico de outros projetos EPC realizados na empresa, através de conversas com gestores e supervisores do departamento, sabe-se que um valor aceitável a ser gasto com logística é até 4% do valor gasto com a compra de materiais e equipamentos. Ou seja, na teoria, o orçamento máximo de logística poderia ser calculado como 4% da soma de tudo o que compras gastou na aquisição de matéria-prima.

Neste projeto em específico, a REVAP, o orçamento inicial de logística estava previsto em cerca de 5 milhões de reais mas encerrou na casa dos 8 milhões. Isto pode parecer ruim à primeira vista, mas sabendo-se que o projeto como um todo estava com gastos acima do planejado e que o valor percentual gasto com logística foi cerca de 3,6% do total de aquisições, verificamos que o resultado não é desastroso. Porém, há uma grande chance de melhoria otimizando os gastos através da adequação dos procedimentos e metodologias dentro desta área com vistas a ter um gasto ideal de 2% na área, que é o recorde histórico de gasto logístico na empresa nas operações já realizadas – dado obtido com pessoas de grande experiência em projetos na empresa. Assim, é uma oportunidade a ser desenvolvida para próximos projetos.

Outra característica deste problema é a questão dos custos serem fixos para um mesmo caminhão quando as distâncias percorridas por eles estão dentro da mesma faixa ou variáveis quando a distância percorrida ultrapassa um determinado limite sendo que, a partir deste momento os custos se tornam variáveis. A figura 5 apresenta a variação de custos de um caminhão deste caso em função da distância percorrida.

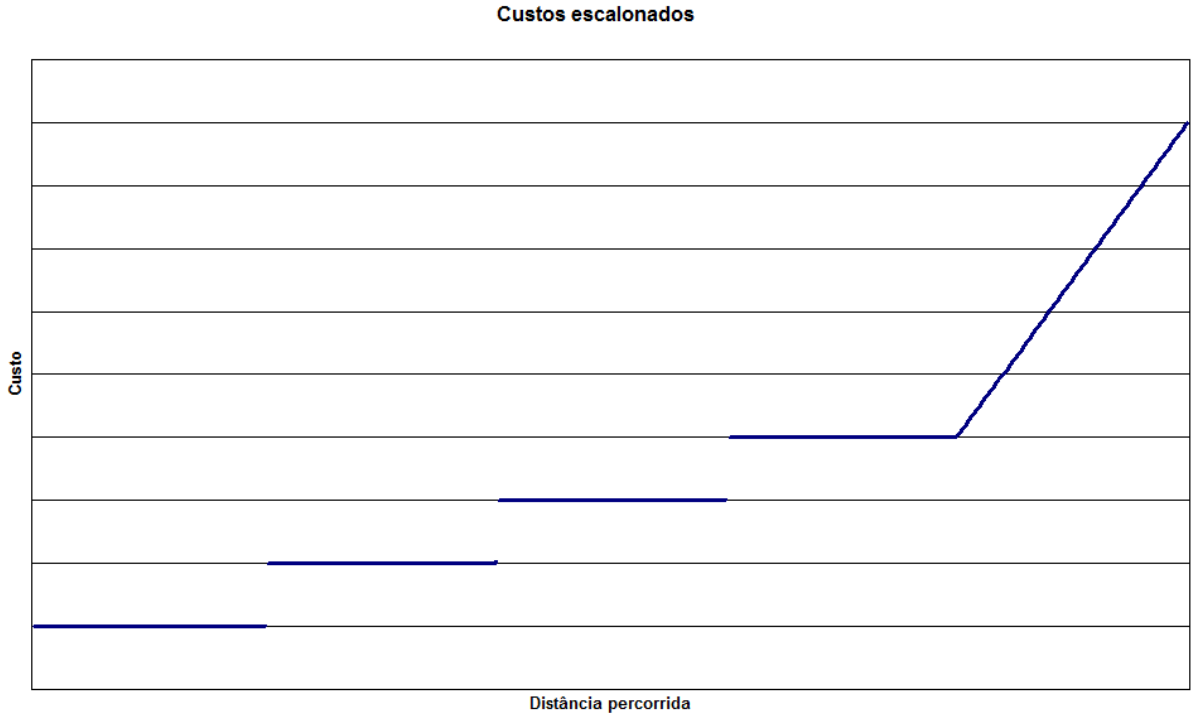

Figura 5: Curva exemplo da questão de custos escalonados do problema

Assim, será abordado um problema de decisão sobre roteirização de veículos com frota heterogênea (diversos tipos de caminhões que realizam os transportes), janelas de tempo nos fornecedores e o melhor aproveitamento dos veículos através da utilização de coleta fracionada com restrições de capacidade dos veículos para atingir o objetivo da minimização de custos, dado que tais custos não formam uma função contínua.

3.2. Processo atual

Como já inicialmente descrito acima, no processo atual temos praticamente uma programação de coletas informal, pois assim que o material é finalizado, as coletas vão sendo programadas e é definido, sem uma metodologia fixa, qual o veículo que deve realizar a coleta, em que data e em que local. Geralmente, o veículo que realizará o trabalho é escolhido conforme a tabela de disponibilidade da transportadora e conforme o peso e o volume das mercadorias a serem transportadas. A utilização do espaço interno dos caminhões deixa a desejar.

Detalhando, podemos dizer que o processo de transporte dos materiais e equipamentos pode ser dividido, em geral, em duas etapas. A primeira, quando o fornecedor entra em contato com a Promon e esta se incumbe de programar a coleta dos produtos, enviando um

veículo adequado à empresa em data então especificada. A transportadora terceirizada coleta o material e, após conferência, o leva até seu CD (centro de distribuição), onde o material fica estocado esperando a conclusão de um procedimento fiscal específico. Este procedimento consiste no recebimento da nota fiscal de compra do material – nota esta que fora coletada juntamente com o material e enviada ao escritório da Promon –, conferência dos dados tais como endereço, data, preço e peso e verificação de consistência com o Certificado de Liberação de Materiais, oriundo da Inspeção, e posterior emissão da nota fiscal de venda dos mesmos materiais com uma certa margem de lucro. Num projeto do tipo *EPC* os materiais são comprados e revendidos, possibilitando ganhos também nessa operação.

A segunda etapa do processo de transporte começa quando a nota fiscal de venda já foi emitida e então ela é enviada para o CD da transportadora de onde o material sairá com destino à obra também em veículo adequado e com horário programado e será recebido por pessoal do cliente, que efetuará a conferência do material descrito com o enviado no veículo. Após a finalização deste procedimento, o pagamento à Promon é realizado.

Na figura 6, apresentamos um fluxograma para melhor ilustrar o que ocorre na área de logística de transportes.

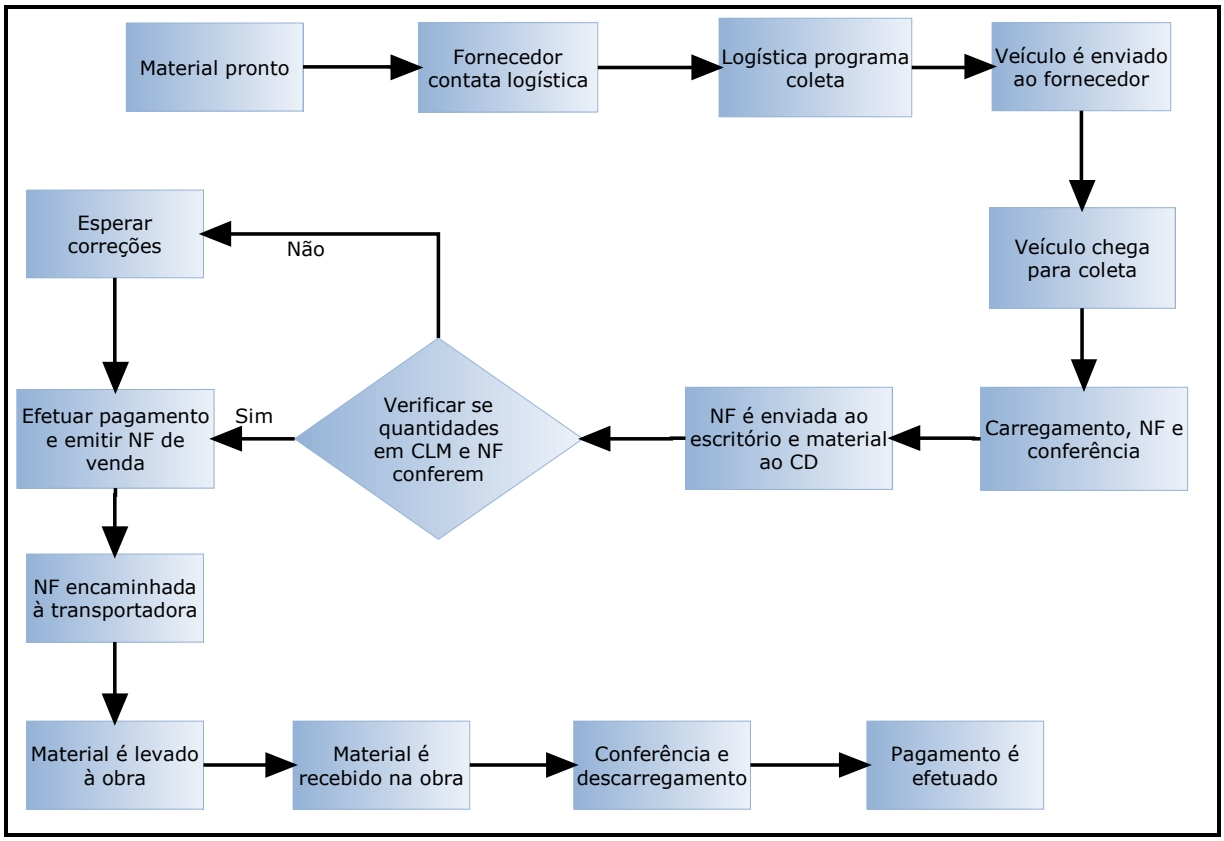

Figura 6: Fluxograma da área de logística de transportes

Atualmente, o caminho que é seguido pelo motorista da transportadora terceirizada é definido por ele próprio, conforme sua experiência.

3.3. Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é melhorar as atividades da empresa na área de logística através da utilização de técnicas e metodologias de Pesquisa Operacional, ou seja, sugerir para a empresa um modo de programar as coletas, utilizar os veículos e estabelecer rotas que levem em consideração todas as restrições que a realidade impõe por meio de um estudo aprofundado da situação.

Posteriormente será desenvolvido um algoritmo que traduza matematicamente as circunstâncias que permeiam o caso, permita a minimização dos custos de transporte que a empresa incorre atualmente pela falta de uma sistemática apropriada para o desenvolvimento de suas atividades.

Trata-se de um problema de roteirização de veículos com frota heterogênea e janelas de tempo nos fornecedores, sujeito a restrições de capacidade dos veículos no qual trabalharemos a inserção da coleta fracionada como um modo de melhor aproveitar a baixa ocupação dos caminhões que, em alguns casos, chega a ser de menos de 10% de sua capacidade em peso.

O custo total do serviço segue uma tabela de preços que, conforme a distância percorrida e o veículo utilizado, dá o valor da viagem feita. A Promon pode interferir nas operações da transportadora e definir qual o trajeto que será percorrido e em quais fornecedores o veículo deve passar. Se a rota for deixada por conta da transportadora, corre-se o risco de termos caminhos mais longos e que tragam lucro maior à transportadora e maiores gastos à Promon. Ou seja, é proveitoso um estudo que determine a roteirização dos veículos de modo que se tenha um melhor resultado (redução de gastos) para a empresa.

Caso seja necessário, haverá a sugestão de melhorias de procedimentos organizacionais que favoreçam a melhor aplicação das técnicas de Pesquisa Operacional. Este é um caso que envolve não somente a área de logística de transportes mas também todos os trâmites fiscais, necessidade (urgência) da obra e questões de cunho financeiro que realizam os pagamentos aos fornecedores e cobram os clientes através das medições das entregas.

Por exemplo, uma grande restrição que ocorre na área que impede que as coletas sejam acumuladas por muito tempo para que um mesmo caminhão possa fazer uma coleta

milk run[1] é o prazo de pagamento existente após a liberação da nota fiscal. Normalmente, após a emissão da nota fiscal de compra (oriunda do fornecedor), a Promon possui apenas 21 dias para liberar o pagamento. Ou seja, a coleta, a conferência e o pagamento devem ser efetuados dentro desse prazo. É interessante que o material já tenha sido vendido ao cliente final para que, com parte deste dinheiro, possa se pagar o fornecedor. Para tanto, é necessário que a nota fiscal de venda seja emitida e o material tenha sido entregue e aceito no cliente. Assim, pode-se verificar que tempo é uma grande restrição nesse caso haja visto que o não cumprimento do pagamento no prazo pode resultar em ações judiciais de cobrança dos fornecedores sobre a Promon. Uma mudança que poderia ser proposta seria a negociação do aumento desse prazo para 28 dias (corridos), prevendo isto inclusive contratualmente, o que deixariam os processos mais aliviados no que se refere à pressão por tempo.

As figuras 7 e 8 apresentam a mudança que este trabalho pretende implementar nas atividades de coleta da empresa.

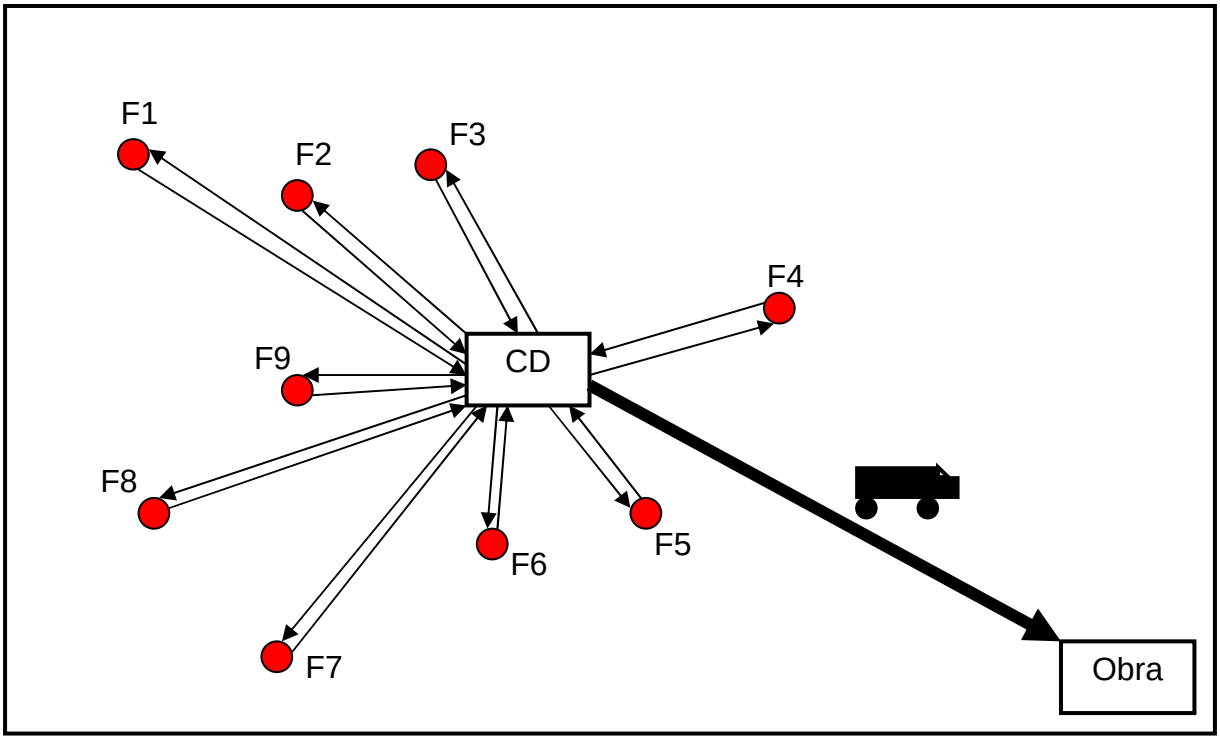

Figura 7: Esquema das coletas atuais

[1] *Milk run*: planejamento de coletas programadas no qual o objetivo é traçar uma rota que passe apenas uma vez em cada local durante seu trajeto e otimize a capacidade do veículo, resultando na redução dos custos de transporte. (Moura & Botter, 2002)

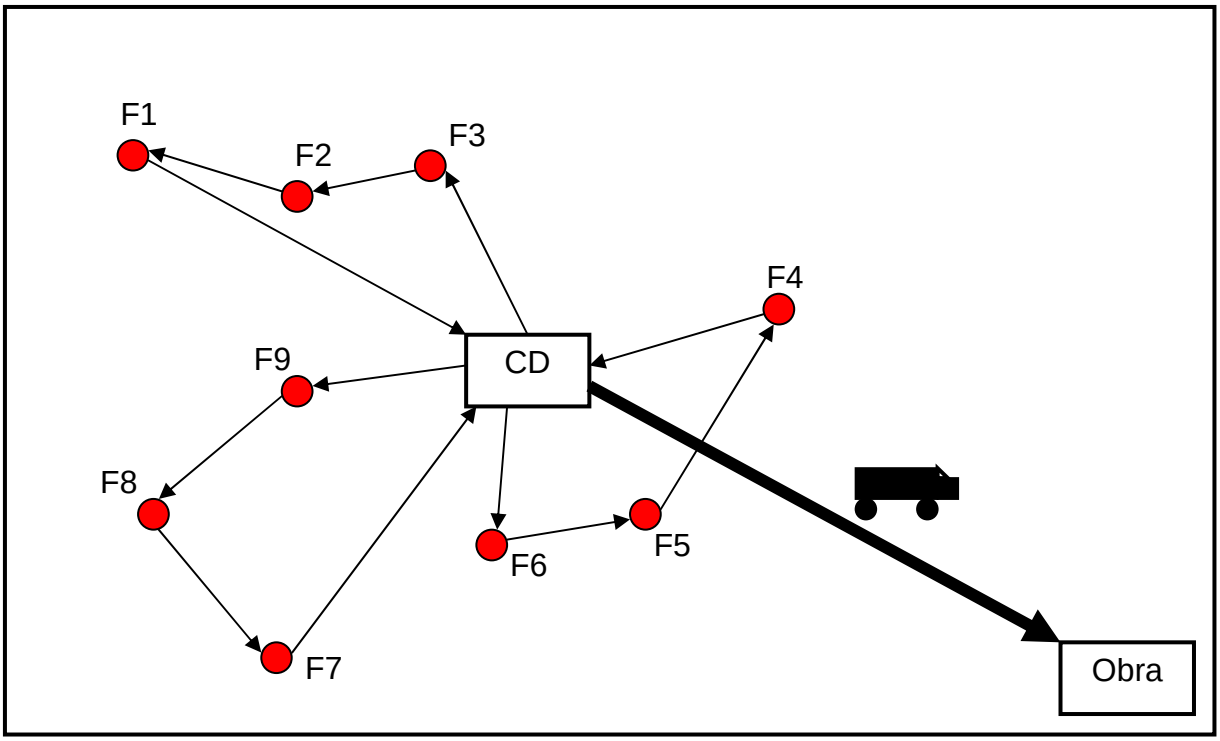

Figura 8: Esquema da proposta de roteamento a ser aplicada nas coletas

As figuras acima relatam, respectivamente, a situação atual e a proposta a ser feita. No caso atual, os veículos partem do CD (Centro de distribuição) e vão a cada fornecedor (F1, F2, F3, etc.) e voltam com a carga pega até o CD. Como já citado anteriormente, muitas vezes esta coleta é feita sem uma programação prévia e não se espera acumular uma quantidade de coletas que justifique a utilização de toda a capacidade de um veículo. Não se pode esperar muito tempo devido às questões de NF, porém o prazo de uma semana pode ser suficiente para coletar uma maior quantidade de materiais sem prejudicar tais procedimentos internos da empresa.

A proposta da figura 8 visará a fazer uma programação, utilizando os veículos apropriados e percorrendo o caminho que otimize a utilização de suas capacidades e a redução dos custos, conforme tabela de custeio acordada com a transportadora. Um veículo passará em vários locais em vez de passar em um ou dois (ou seja, em poucos) fornecedores, como é feito hoje em dia no projeto, resultando na baixa utilização da capacidade do veículo em grande parte das vezes.

4. ESTUDO DO PROBLEMA

Neste capítulo, serão abordados os principais autores e obras que versam sobre a questão do roteamento (ou roteirização) de veículos desde os casos mais simples, evoluindo até chegarmos no problema abordado: o roteamento de veículos com coletas fracionadas, frota heterogênea e janelas de tempo.

Alguns modelos baseados em programação matemática serão apresentados, bem como o raciocínio envolvido nas restrições e funções objetivo dos mesmos. Por fim, será apresentado um modelo de programação que traduz matematicamente as circunstâncias do problema, apresentando as restrições necessárias e condizentes ao caso abordado, com suas devidas explicações.

4.1. Roteirização de veículos

A preocupação com a roteirização de veículos é algo que vem ganhando relevância no cenário logístico, haja visto que esta ciência – a logística – tem adquirido cada vez mais um foco estratégico nas empresas pois, através de investimentos e estudos nesta área, podem ser conquistados diferenciais de atendimento, com ganhos em tempo, custo e qualidade para todos os interessados no transporte das cargas – fornecedores, transportadora e clientes.

Segundo Christofides(1985), um problema básico de roteirização de veículos (ou roteamento de veículos ou simplesmente PRV) consiste na programação de veículos que se encontram em um depósito central a fim de que os mesmos possam atender aos clientes dispersos em uma determinada região, conforme a demanda de cada um e a capacidade de cada veículo, de maneira a minimizar os custos despendidos nesta operação ou minimizar o tempo de percurso, entre outros. Em outras palavras, deve-se usar uma metodologia para que sejam definidas as melhores trajetórias para que, dentro das restrições do problema real, tenha-se a otimização como, por exemplo, a minimização dos gastos para o transporte dos produtos.

Trata da resolução de um sistema de roteamento que, conforme Goldbarg e Luna(2000) é um conjunto organizado de meios que possui como meta atender demandas localizadas em arcos ou nós de uma rede de transportes. Neste sistema (que podemos também chamar de malha ou rede), veículos devem ser utilizados para cobrirem as demandas associadas ao grafo com o menor custo possível, caracterizando a solução ótima.

Uma formulação para o problema clássico introduzido acima é apresentada por Fisher e Jaikumar (1981) *apud* Tsuda(2007) e consiste no seguinte:

Parâmetros

NV: número de veículos disponíveis para serem utilizados na roteirização

n: número total de clientes/fornecedores a serem atendidos, sendo que 0 representa o depósito central e os índices de 1 a *n* representam as diversas localidades a serem atendidas pelos veículos

C_v: capacidade do veículo *v* (em peso ou volume)

c_{ij} : custo da viagem da localidade (cliente/fornecedor) *i* para a localidade *j*

d_i : demanda da localidade *i*

S : Subgrafo qualquer do problema, excluído o depósito central

Variáveis

$$x_{ij}^v : \begin{cases} 1, \text{ se a rota de } i \text{ até } j \text{ é percorrida pelo veículo } v \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

$$y_{ij}^v : \begin{cases} 1, \text{ se a demanda de } i \text{ for atendida pelo veículo } v \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

Formulação

Função objetivo: $$\min \sum_i \sum_j \sum_v c_{ij} x_{ij}^v \qquad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_v y_0^v = NV \qquad (2)$$

$$\sum_v y_i^v = 1 \qquad i = 1, ..., n \qquad (3)$$

$$\sum_i q_i y_i \leq C_v \qquad v = 1, ..., NV \qquad (4)$$

$$\sum_{i} x_{ij}^{v} = y_{j}^{v} \qquad j = 1, ..., n;\ v = 1, ..., NV \qquad (5)$$

$$\sum_{j} x_{ij}^{v} = y_{i}^{v} \qquad i = 1, ..., n;\ v = 1, ..., NV \qquad (6)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij}^{v} \leq |S| - 1 \qquad S \subseteq \{1,...,n\}; 2 \leq |S| \leq n-1; v = 1,..., NV \qquad (7)$$

$$x_{ij}^{v} \in \{0,1\} \qquad i = 1, ..., n;\ j = 1, ..., n;\ v = 1, ..., NV \qquad (8)$$

$$y_{i}^{v} \in \{0,1\} \qquad i = 1, ..., n;\ v = 1, ..., NV \qquad (9)$$

A função objetivo do problema clássico (1) visa a minimização dos custos totais das viagens realizadas para atender todos os pontos do grafo. Pode ser utilizada também para minimizar as distâncias totais percorridas caso substituamos os valores de custos por valores de distâncias.

A restrição (2) garante que todas as rotas comecem e terminem no depósito (indicado por i = 0). Já o conjunto de restrições (3), garante que cada ponto(fornecedor/cliente) seja visitado por apenas um veículo. O conjunto de restrições (4) representa a limitação de capacidade do veículo a ser utilizado.

Os conjuntos de restrições (5) e (6) são restrições de conservação de fluxo e, respectivamente, impedem que um veículo termine sua rota em um nó que não seja o depósito central: para cada ponto há um arco de entrada para o veículo e um arco de saída.

O conjunto de restrições (7) impede a formação de sub-rotas. Os conjuntos de restrições (8) e (9) definem as variáveis x_{ij}^{v} e y_{i}^{v} como binárias.

Esta formulação básica pode ser incrementada – o que, normalmente, ocorre na prática. Existem várias restrições, das mais diversas ordens, que interferem na elaboração de um modelo matemático que descreva a situação como ela realmente se apresenta. Com relação a isto, Belfiore(2006) realizou uma ampla análise dos diferentes parâmetros que podem ser levados em consideração na composição de um modelo desta área da Pesquisa Operacional.

Em sua obra, Belfiore(2006) apresenta agrupados tais parâmetros que possuem influência num problema de roteamento de veículos. Um resumo adaptado das características mais relevantes e/ou associadas ao caso, baseado na classificação feita por Belfiore(2006) se encontra a seguir, na tabela 1:

Tabela 1: Dimensões e características de um problema de roteirização de veículos (Belfiore, 2006)

Dimensão	Características
Função objetivo	Minimizar custos de distribuição: fixos e variáveis
	Minimizar distância total percorrida
	Minimizar o número de veículos
	Minimizar a duração total das rotas
Restrições dos veículos	Limite de capacidade em peso e volume
	Operação de carga e descarga dos veículos
	Limitação do número de veículos disponível de cada tipo
Restrições junto a fornecedores	Janelas de tempo
	Atendimento parcial ou total das demandas
	Restrição de serviço em algum dia da semana
Variáveis de decisão	Roteiro que cada veículo deve percorrer
	Qual veículo deve atender cada cliente em cada viagem
	Quantidade transportada de cada fornecedor no veículo
	Instante do início de atendimento de cada cliente da rota
Tipos de operação	Coleta
	Entrega
	Coleta e entrega simultaneamente
Tipo de carga	Fracionada
	De lotação
Tipo de demanda	Determinística
	Probabilística
Localização da demanda	Localizada nos nós
	Localizada nos arcos
	Localizada nos nós e nos arcos
Tamanho da frota	Limitada
	Ilimitada
Tipo de frota	Homogênea
	Heterogênea
Depósitos de veículos	Um único depóstio
	Vários depósitos
Jornada de trabalho	Duração
	Horário de almoço e demais interrupções
	Permissão para viagens de mais de um dia
Outras hipóteses	Cada veículo pode visitar cada cliente uma vez na rota
	Cada cliente pertence a uma única rota
	Um cliente pode pertencer a mais de uma rota

Com os parâmetros acima podemos varrer uma vasta gama dos problemas de roteirização de veículos e começar a estruturar uma linha de raciocínio próxima da realidade da empresa estudada neste trabalho.

Interessante verificar a lista de possibilidades e variáveis que estão envolvidas nesse problema de decisão no qual as técnicas de Pesquisa Operacional serão de grande valia para resolução.

No caso estudado, haverá um problema de roteamento de veículos com coletas fracionadas, janelas de tempo e frota heterogênea de veículos. Importante ainda, salientar que o modelo clássico se refere a entregas e utilizaremos o mesmo raciocínio para coletas.

4.2. Roteirização de veículos com coletas fracionadas

Por coleta fracionada, entendamos quando um veículo que passe por um fornecedor coletando o material ali disponível não colete obrigatoriedade todo o material ali disponível. Isto pode acontecer em duas situações: quando a carga a ser pega excede a capacidade do veículo ou então quando o problema combinatório indica que é mais viável dividir a carga entre dois veículos para um melhor aproveitamento do espaço interno de ambos, que propicia que o mesmo se dirija a outro fornecedor e lá colete mais carga.

Neste caso, diferentemente do problema tradicional, um mesmo fornecedor pode receber a visita de mais de um veículo. Em sua obra, Tsuda (2007) aborda a questão das coletas fracionadas em uma empresa importadora de produtos japoneses, onde as entregas deveriam ser realizadas por duas vans de modo a percorrer a menor distância possível. No caso do problema abordado neste trabalho, temos uma preocupação semelhante pois a tabela de custos é escalonada conforme o caminhão e a distância total percorrida, mas o foco continua sendo no global: reduzir o custo total por meio da otimização do todo em custos e não pelas distâncias.

Chen *et al.* (2007), abordando a questão de roteamento de helicópteros, apresenta um exemplo que ilustra bem o conceito e a utilidade da coleta fracionada que pode ser aplicado nas atividades de uma empresa. Abaixo seguem duas figuras – 9 e 10 – que trazem um comparativo entre duas abordagens de carregamento:

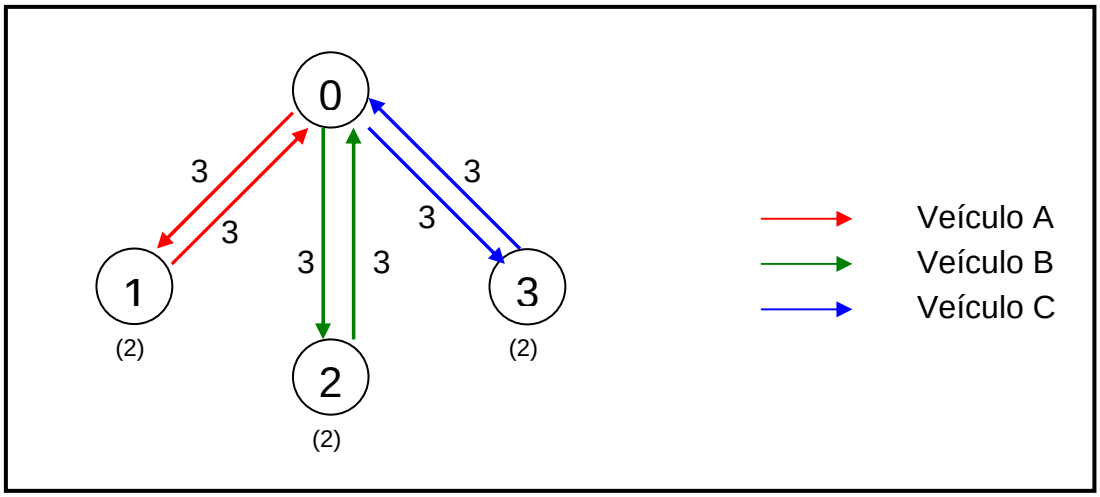

Figura 9: Esquema de coletas exclusivas (Chen *et al.*, 2007)

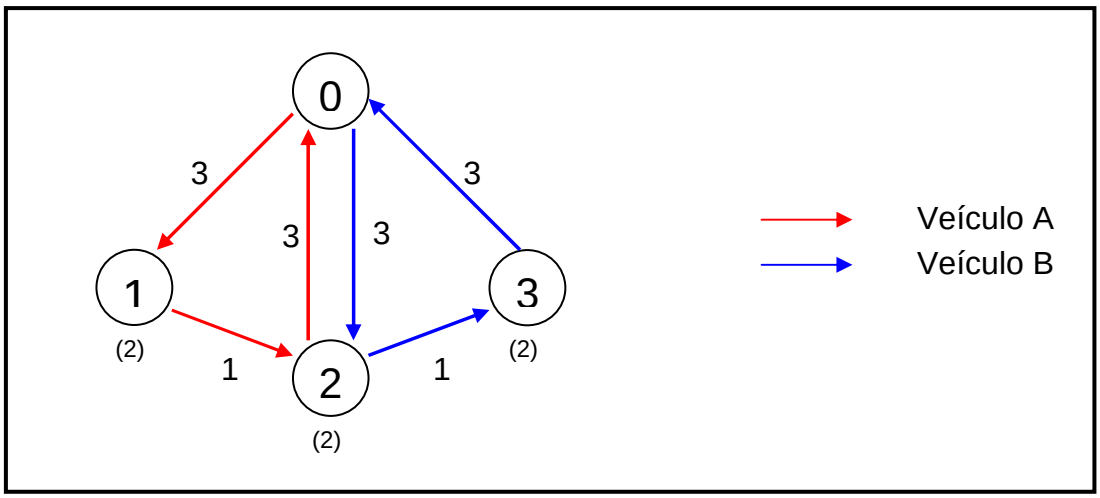

Figura 10: Esquema de utilização de coleta fracionada (Chen *et al.*, 2007)

Nas figuras 9 e 10 é apresentado um caso onde há um depósito central e 3 fornecedores a serem atendidos. Os custos de cada viagem são colocados em cada seta. A carga a ser coletada está entre parênteses (2 unidades em cada um dos fornecedores). Sabe-se que a frota neste caso é homogênea e tem capacidade de carregamento de 3 unidades. No primeiro caso, opta-se por cada veículo coletar a carga de cada um dos fornecedores separadamente e o custo total dessa operação é 18. Há ociosidade nos caminhões, pois são coletadas apenas duas unidades quando a capacidade é de 3.

No segundo caso, dois veículos distintos passam por um mesmo fornecedor, cada um deles pegando uma parcela da carga ali disponível. Isso implica em aproveitamento da capacidade interna do veículo e, na redução de custos para 14, conforme custos indicados na

figura 10. Ou seja, o fornecedor 2 não é atendido exclusivamente por um veículo com este tipo de coleta, configurando assim a coleta fracionada ou *split delivery*. A inclusão de possibilidades fracionadas na coleta amplia a questão combinatória já existente num problema normal de roteamento de veículos.

Utilizando este mesmo raciocínio no esquema apresentado nas figuras 7 e 8 poderíamos ter como resultado uma configuração como é mostrada na figura 11.

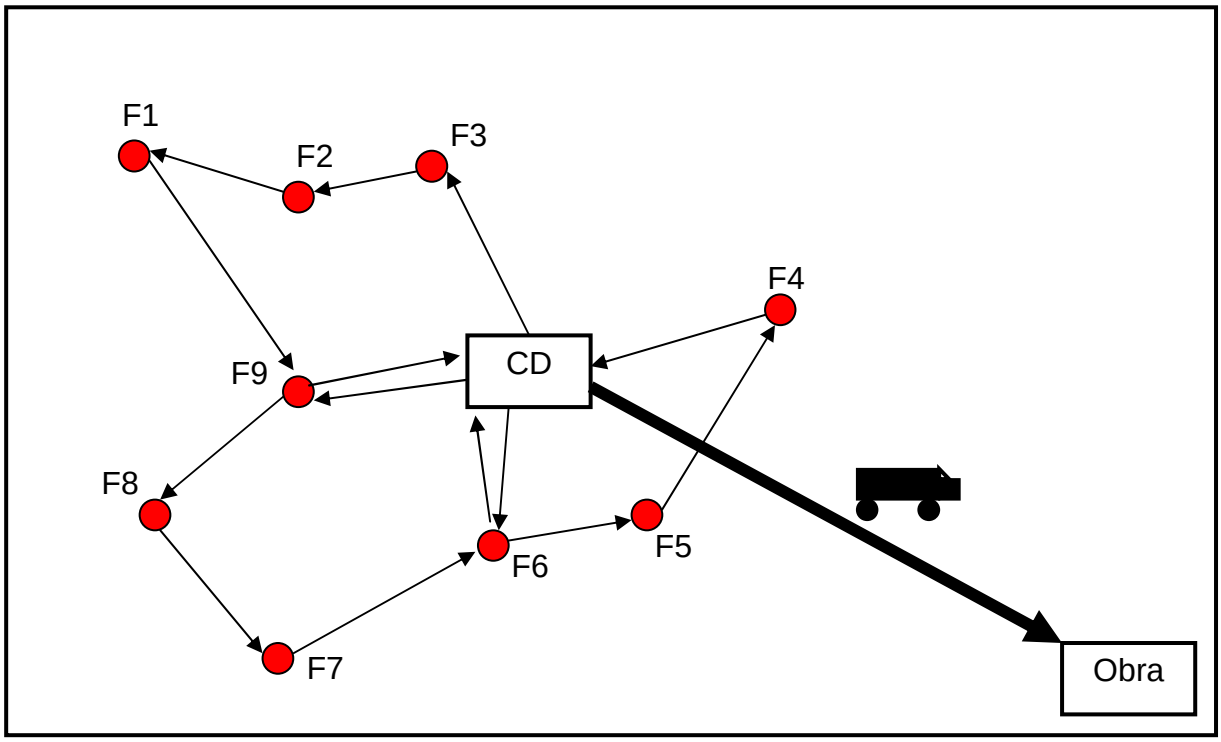

Figura 11: Esquema da proposta de roteamento a ser aplicada utilizando coletas fracionadas

A suposta configuração ótima apresentada acima(em resposta ao arranjo da figura 7) corresponde a um caso onde ocorrer coleta fracionada nos fornecedores 6 e 9 é a melhor solução para o problema em termos de aproveitamento de capacidade e conseqüente redução de custos.

4.3. Roteirização de veículos com janelas de tempo

Janelas de tempo são os limites mínimos e máximos de horário no qual a localidade a ser visitada pode receber um veículo para as ações de entrega ou coleta.

Recorrendo à literatura, verifica-se que Solomon (1987) aborda a questão de janelas de tempo em roteamento de veículos, sobretudo com heurísticas, que podem trazer como resultado uma aproximação muito boa com o que seria a situação ótima. Ele se utiliza de sete tipos de heurísticas construtivas:

- Heurística de economia: tendo como base o raciocínio de Clark & Wright (1964), explicado na próxima seção, busca agrupar na mesma rota pontos a serem visitados, utilizando um único veículo que suporte a demanda dos mesmos;
- Heurística de econômica com tempo limite de espera: variação da heurística anterior, acrescida da utilização de um tempo máximo de espera para evitar que dois pontos com distância temporal muito elevadas sejam unidos na mesma rota;
- Heurística do vizinho mais próximo, com orientação temporal: busca-se adicionar na mesma rota o ponto mais próximo, ponderando tal escolha em termos de distância, tempo e urgência;
- Heurística de inserção I1, I2 e I3: inicia-se a rota de cada veículo com o ponto mais distante, analisando o limite superior de sua janela de tempo e aqueles pontos que resultariam na menor soma de tempo e distância com relação ao depósito e insere outros pontos a serem incluídos na rota segundo critérios de ponderação de distância e tempo;
- Heurística de varredura com orientação temporal: com base na heurística de Gillet & Miller (1974), agrupa num determinado sentido de rotação com referencial no depósito, fornecedores que não extrapolem a capacidade do veículo. Tal raciocínio é explicado de modo mais detalhado na próxima seção.

Após tal explanação, Solomon se utiliza de 6 conjuntos de pontos a serem visitados utilizando tais heurísticas e faz uma análise do tempo computacional de cada uma delas.

Arenales *et al.* (2007) abordam o problema básico de roteamento de veículos incluindo a restrição de janelas de tempo, definido como o intervalo de tempo no qual o serviço deve ser iniciado para o fornecedor *i*. Assim, cada fornecedor pode possuir uma janela de tempo própria no qual deve ser atendido. O centro de distribuição poderia também possuir uma janela de tempo, mas isto não ocorre em nosso problema.

Isto posto, é apresentada por Arenales *et al.* (2007) a adição de algumas restrições para que o problema seja modelado. Considerando:

s_i^v : instante de chegada do veículo *v* ao fornecedor *i*

s_j^v : instante de chegada do veículo *v* ao fornecedor *j* (fornecedor diretamente visitado após *i*)

t_{ij} : tempo de trajeto entre os fornecedores *i* e *j*

a_i : início da janela de tempo no fornecedor *i*

b_i : término da janela de tempo no fornecedor *j*

$$x_{ij}^{v}(s_i^{v} + t_{ij} - s_j^{v}) \leq 0 \qquad i = 0, ..., n;\ j = 0, ..., n;\ v = 1,..., NV \quad (10)$$

$$a_i \leq s_i^{v} \leq b_i \qquad i = 0, ..., n;\ v = 1,..., NV \quad (11)$$

O conjunto de restrições (10) diz que se x_{ij}^{v} for igual a zero, a restrição já estará satisfeita pois a multiplicação que acontece no primeiro membro deve ter um valor menor ou igual a zero; já se x_{ij}^{v} for igual a 1, ou seja, se for percorrido o caminho direto do fornecedor *i* para o fornecedor *j* pelo veículo *v*, a desigualdade $s_j^{v} - (s_i^{v} + t_{ij}) \geq 0$ deve ser satisfeita, ou seja, o instante em que o veículo chega em *j* deve ser, no mínimo, o instante em que ele chegou em *i* mais o tempo de trajeto (e de carregamento em *i*).

Já o conjunto de restrições (11), apenas limita que o instante em que o veículo *v* chega ao ponto *i* deve estar dentro da janela de tempo apropriada.

Exemplificando, podemos ter casos onde os fornecedores só recebam veículos das 8h até às 17h. Outro fornecedor pode receber das 6h às 20h. Assim, a restrição de janelas de tempo visam à não permissão de coleta em todo e qualquer horário.

4.4. Roteirização de veículos com frota heterogênea

Os problemas de roteirização de veículos normalmente apresentam formulações com uma frota homogênea de veículos, ou seja, com veículos de mesma capacidade. Em nosso caso, temos à disposição alguns tipos de veículo distintos para serem utilizados nas coletas.

A respeito disso, alguns estudos já foram feitos sobre "*fleet size and mix vehicle routing problems*"(FSMVRP), como Golden *et al.* (1984) que apresentam tal situação como a evolução de um problema simples de roteamento(com número pré-determinado de veículos, todos com mesma capacidade) em conjuntura com o problema de dimensionamento de frota (determinar qual o tamanho da frota necessária e quantos veículos de cada tipo devem ser adquiridos ou alugados para satisfazer as demandas que são impostas). Após esta definição, ele apresenta um algoritmo – segundo Liu *et al.* (2009), a primeira formulação para problemas de FSMVRP – que visa a minimizar a soma dos custos de aquisição dos veículos e dos gastos nas rotas do trajeto a ser percorrido.

O problema de roteamento de veículos com frota homogênea já é considerado NP-árduo (Liu, 2009) – do inglês, *NP-hard* (*nondeterministic polynomial – time hard*) –, ou seja, exige um grande esforço computacional, cujo tempo para resolução cresce exponencialmente conforme o número de pontos de análise considerados, o que pode inviabilizar a resolução por um algoritmo exato que demore muito tempo para conseguir a solução ótima. Assim, na maioria das vezes, estes problemas são solucionados através de heurísticas e meta-heurísticas.

Dullaert *et al.* (2002), propõe uma heurística para o problema de roteamento de veículos de frota heterogênea, com janelas de tempo e dimensionamento de frota, tendo por base a heurística de inserção de Solomon (1987), utilizando inclusive os dados de seu problema para testar sua nova heurística com relação à eficiência computacional. Porém o grande trunfo de seu trabalho é ampliar o modelo de Solomon para uma frota heterogênea. Porém, antes de aplicá-la para os fornecedores que possuem demanda maior que a capacidade do maior veículo, o modelo prevê que seja enviado do CD um caminhão que será inteiramente carregado e voltará ao ponto de origem. Este passo é necessário para a aplicação da heurística em questão. Como critério de inicialização, as rotas iniciais são compostas pelo fornecedor mais distante ainda não roteado. A partir de então esta heurística construtiva de inserção passa a escolher a posição onde se dará a melhor inserção para redução do custo e qual fornecedor deve ser inserido. Para tanto, vale-se em suas análises de ponderações de acréscimo de distância, tempo e, especialmente, de custo fixo dos veículos de diferentes dimensões.

Belfiore (2006) apresenta um problema que envolve a frota heterogênea e também entregas fracionadas e janelas de tempo, ou seja, um problema de transporte que envolve a decisão de quanto coletar de carga em cada cliente e com qual veículo. Deve ser definido ainda qual o tipo deste veículo e o instante de início da coleta, dada a possibilidade da demanda não ser pega integralmente por um só veículo e as restrições de janela de tempo e tipos de veículo que podem ser recebidos impostas por cada um dos clientes. Como objetivo, deve ser feita a minimização do custo total desta operação.

Para atingir seu objetivo, Belfiore coleta dados de janelas de tempo, restrição a veículos e a demanda de cada um dos clientes, bem como as distâncias entre cada um deles. Para a resolução, ela aplica heurísticas – de economias e de inserção – para conseguir soluções iniciais e depois aplica a meta-heurística *Scatter Search* com intuito de aprimorar os resultados. Este procedimento baseia-se na análise de soluções presentes no chamado conjunto de referência(que vem a ser uma série de boas soluções iniciais) do problema, através da ponderação da combinação destas soluções.

Em sua obra, Belfiore aborda detalhadamente alguns tipos de problemas de roteamento de veículos, evoluindo dos casos mais simples até os mais complexos, como o que ela mesma aprofunda como tema de seu trabalho. É um trabalho que apresenta a eficiência do *Scatter Search* sobre o resultado das heurísticas e possui uma grande similaridade com o problema a ser solucionado no presente trabalho.

4.5. Heurísticas-base

Esta seção irá apresentar as principais heurísticas que são base para os estudos de muitos outros autores da área, no que diz respeito a trabalhos de roteamento de veículos: Clarke & Wright e Gillet & Miller. Como elas são base para compreensão de várias resoluções de problemas *NP-hard* é interessante que se entenda o raciocínio presente para, no futuro, ter maior base para estruturar uma heurística a ser utilizada na resolução do caso, se necessário.

A utilização de *savings algorithms*, como o de Clarke & Wright (1964) é comum para problemas deste nível de complexidade. Eles fornecem uma solução aproximada para o problema de uma maneira mais simples e rápida do que métodos exatos.

O algoritmo proposto por Clarke & Wright é um algoritmo de economias que parte de uma solução inicial e vai melhorando o resultado conforme o andamento das iterações de modo a minimizar, por exemplo, a distância total percorrida em uma rota. O princípio básico do algoritmo de Clarke & Wright, inclusive utilizado por Miura (2003) em sua dissertação sobre roteamento de veículos em uma empresa transportadora de frota homogênea, é descrito a seguir.

Tomemos um caso onde veículos devem coletar materiais em determinados nós, saindo de um determinado depósito e devendo retornar ao armazém após a coleta (situação semelhante com o que ocorre na figura 7). Temos que este é o pior caso de aproveitamento dos veículos: ele percorre a maior distância possível. No caso da figura 12, podem ser utilizados dois veículos, um para percorrer cada rota (ida e volta) simultaneamente ou um único veículo que pode percorrer as duas rotas.

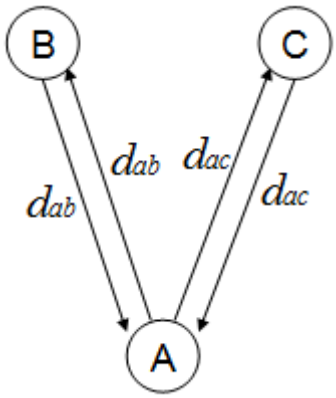

Figura 12: Coleta não-otimizada feita nos nós B e C

Temos que a distância percorrida total no caso da figura 12 é:

$$D = 2d_{ab} + 2d_{ac}$$

O algoritmo de Clark & Wright propõe a melhoria da solução atual buscada, isto é, minimizar a distância percorrida. Para tanto, se vale da idéia da desigualdade triangular[2] e calcula a economia gerada pela substituição das voltas (no caso de um d_{ab} e de um d_{ac}) pela ligação direta entre os nós (ou seja, pela inclusão de um d_{bc}). Assim, a figura 13 ilustra a situação otimizada.

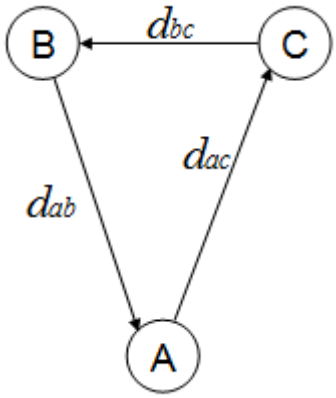

Figura 13: Coleta otimizada realizada nos nós B e C

[2] A desigualdade triangular afirma que, num triângulo, a soma de dois lados é sempre maior ou igual que o comprimento do terceiro lado.

Através deste exemplo, podemos calcular a distância percorrida nesta segunda configuração e, posteriormente, calcular a economia que se obteve.

$$D' = d_{ab} + d_{ac} + d_{bc}$$

E a economia é de:

$$e = D - D' = 2d_{ab} + 2d_{ac} - (d_{ab} + d_{ac} + d_{bc}) = d_{ab} + d_{ac} - d_{bc}$$

Pode-se notar que o raciocínio proposto por Clarke & Wright sempre melhora a situação, a não ser no caso onde os três pontos se localizam sobre uma mesma reta, onde este raciocínio apenas iguala a primeira configuração.

Esta heurística é baseada em um raciocínio simples, mas que num caso complexo pode auxiliar bastante na simplificação. Em uma rede com uma quantidade maior de nós, devemos calcular quais são as economias geradas entre cada par de nós, conforme o exemplo acima, e ordená-los em ordem decrescente de economias, realizando as trocas até que todos os nós da rede tenham sido atendidos. O objetivo é atender a todos os fornecedores, minimizando o total a ser percorrido, com cada rota começando e terminando no depósito, a demanda de cada fornecedor não pode exceder a carga do caminhão e cada fornecedor só pode ser atendido por um caminhão.

Outra heurística bastante conhecida para roteamentos é a de Gillet & Miller (1974). O *sweep algorithm* – ou algoritmo de varredura – consiste em, havendo um mapa de localização dos fornecedores a serem atendidos e a localização do depósito, definir um sentido de carregamento e rotacionar uma semi-reta com origem no depósito e incorporando os clientes "varridos" por esta semi-reta, num algoritmo de agrupamento-roteamento (GILLETT & MILLER *apud* SOSA *et al.*, 2007).

Nas figuras a seguir, será apresentado simplificadamente o método de varredura, importante para a compreensão da resolução de um problema de roteamento de grande porte, sem que seja necessário recorrer a uma solução exata, apenas viável.

A figura 14 mostra a configuração inicial de um depósito central do qual devem sair veículos que atendam a 15 localidades e retornem.

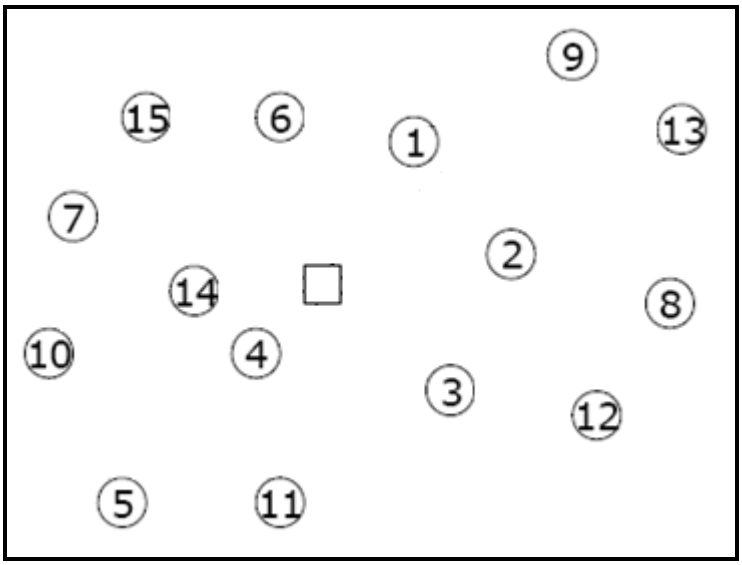

Figura 14: Fornecedores a serem atendidos e depósito central

Segundo o algoritmo de Gillett & Miller, o próximo passo é definir uma semi-reta de origem e um sentido de rotação para que seja iniciado o roteamento, conforme a figura 15.

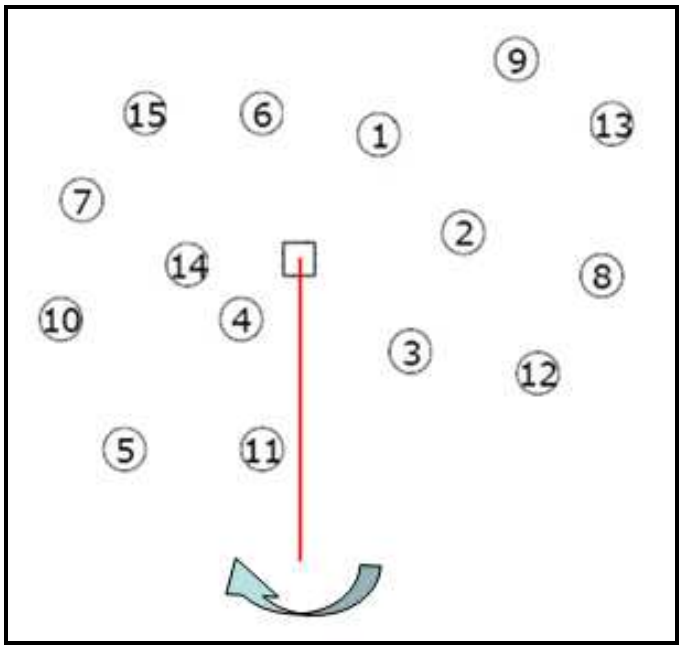

Figura 15: Definição da semi-reta de origem e do sentido de rotação

Devem ser unidos os fornecedores cujas demandas somadas não extrapolem a capacidade do veículo utilizado. Assim, podemos ter a configuração da figura 16 como viável.

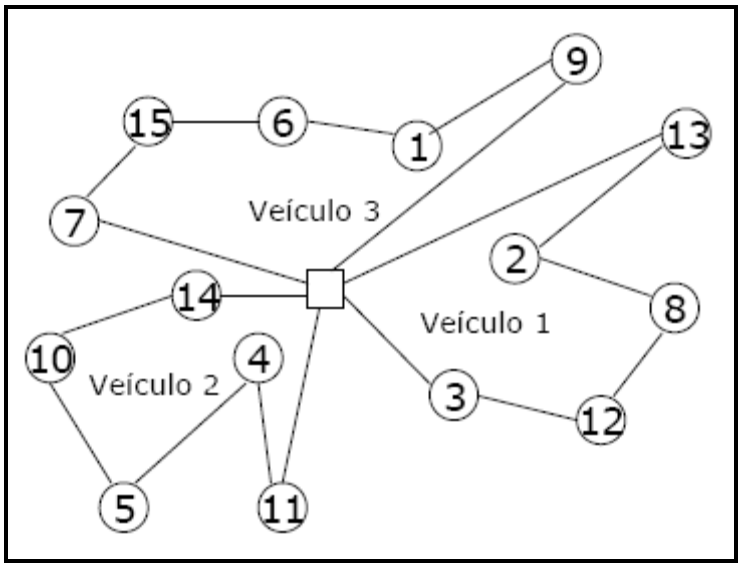

Figura 16: Resultado gráfico do roteamento pelo método de varredura

Tanto Clarke & Wright quanto Gillet & Miller originalmente possuem algoritmos (heurísticas) próprios para lidar com situações em que a frota é homogênea e precisa-se fazer um roteamento e conseqüente dimensionamento da frota necessária, porém são a base do raciocínio para autores que abordam heurísticas de roteamento para frotas heterogêneas. São possíveis adaptações como a que Belfiore (2006) traz em sua obra para o raciocínio de Clarke & Wright, na qual o roteamento deveria ser feito, inicialmente, com o veículo de menor capacidade e conforme esta fosse extrapolada.

Liu *et al.* (2009) projetam e implementam um chamado algoritmo genético (meta-heurística que traça uma analogia das combinações cromossômicas com a questão combinatória deste tipo de problema) para casos de FSMVRP com e sem custo fixo e o aplica numa série de casos, trazendo com resultados tabela com as soluções ótimas obtidas e o tempo necessário para a resolução computacional. Em seu estudo, faz um amplo estudo dos trabalhos já realizados sobre o tema, citando outros artigos que já trataram do FSMVRP, sempre levantando a questão das heurísticas e da complexidade computacional porém sem janelas de tempo.

Desrochers & Verhoog (1991) também se valem dos estudos feitos anteriormente com relação a heurísticas de resolução para propor uma nova forma de resolução destes problemas de grande ordem combinatória. Ressalta que os poucos algoritmos existentes até então eram oriundo de Clark & Wright, adaptações do *saving algorithm* inicial. O problema de dimensionamento e roteirização de uma frota heterogênea de veículos, segundo estes autores,

seria algo importante a ser estudado pois é um problema que atinge os três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional.

Assim, para este tópico do trabalho podemos encontrar vários autores que sugerem procedimentos heurísticos devido à alta característica combinatória de um problema desta espécie ainda mais quando unida com a peculiaridade de coleta fracionada.

4.6. Custos escalonados

Esta seção visará explicar o tópico de custos e mostrar um caso especial de formulação já desenvolvido e afirmar que o caso em questão possuirá um conceito de formulação inovador para esta questão.

Como já dissemos anteriormente, além das características de coleta fracionada, roteirização e dimensionamento de frota heterogênea e janelas de tempo, o problema conta com a peculiaridade de possuir custos escalonados, ou seja, para cada tipo de veículo utilizado e determinada distância percorrida com o mesmo, os custos são diferentes e nem sempre são lineares. Será apresentada na formulação do problema uma forma de lidar com esta situação. Winston (2004) apresenta uma formulação a ser usada para funções de custo sem descontinuidade.

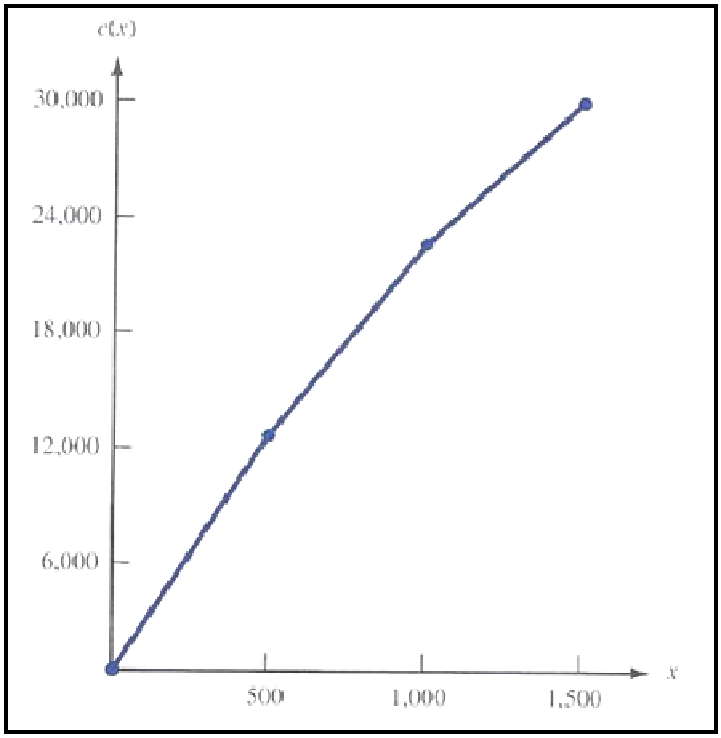

Figura 17: Exemplo de função de custos sem descontinuidade(Extraído de Winston, 2004).

Caso fosse necessária a utilização de uma função deste tipo, como o da figura 17, na formulação de um problema de otimização, poderia-se particionar esta função, estabelecendo diferentes funções para cada trecho e focar em cada um dos pontos de mudança de função. Sendo *n* os pontos de mudança, Winston (2004) descreve que $f(x)$ poderia ser substituída por $z_1 f(b_1) + z_2 f(b_2) + ... + z_n f(b_n)$ e acrescentadas as seguintes restrições:

$$z_1 \leq y_1; z_2 \leq y_1 + y_2; z_3 \leq y_2 + y_3; ...; z_{n-1} \leq y_{n-2} + y_{n-1}; z_n \leq y_{n-1} \quad (12)$$

$$y_1 + y_2 + ... + y_{n-1} = 1 \quad (13)$$

$$z_1 + z_2 + ... + z_n = 1 \quad (14)$$

$$y_i \in \{0,1\} \qquad i = 1, 2, ..., n\text{-}1 \quad (15)$$

$$z_i \geq 0 \qquad i = 1, 2, ..., n\text{-}1 \quad (16)$$

As variáveis z_i serão responsáveis pela ponderação da interpolação que será feita quando se quer o valor da função de um número que esteja entre os extremos de um intervalo (por exemplo, o valor da função de um número que esteja contido entre b_1 e b_2). O valor de y_i definirá o intervalo a ser considerado, ou seja, será de valor 1 e liberará as restrições (12) para que z_i possa ser positivo.

Assim, no caso da figura 16, deveriam ser considerados os pontos $f(0), f(500), f(1000)$ e $f(1500)$ para a utilização de seus valores nas restrições, o que possibilitaria pelo conjunto de restrições, que fosse possível obter o valor de $f(700)$, por exemplo.

Importante ressaltar, nesse ponto, que, para o problema abordado, existe uma tabela de custeio das coletas que apresenta um valor a ser cobrado dependendo do tipo de veículo utilizado e da distância percorrida pelo mesmo. Para os quatro primeiros tipos de trecho, a quantia é fixa e diferente para cada tipo de veículo. No último tipo de trecho, os custos começam a ser variáveis e cobrados por quilômetro percorrido, conforme já apresentado na figura 5.

Assim, em nosso caso não será possível a utilização das restrições sugeridas por Winston pois não se trata de um caso onde os custos são uma função contínua, mas sim são escalonados e, a partir de certa distância, começam a ser variáveis. Para ser utilizado, para

cada valor de distância, deveríamos ter um único valor de custo, porém nos limites dos intervalos isto não ocorre. É uma função descontínua, como pode-se ver na figura 18.

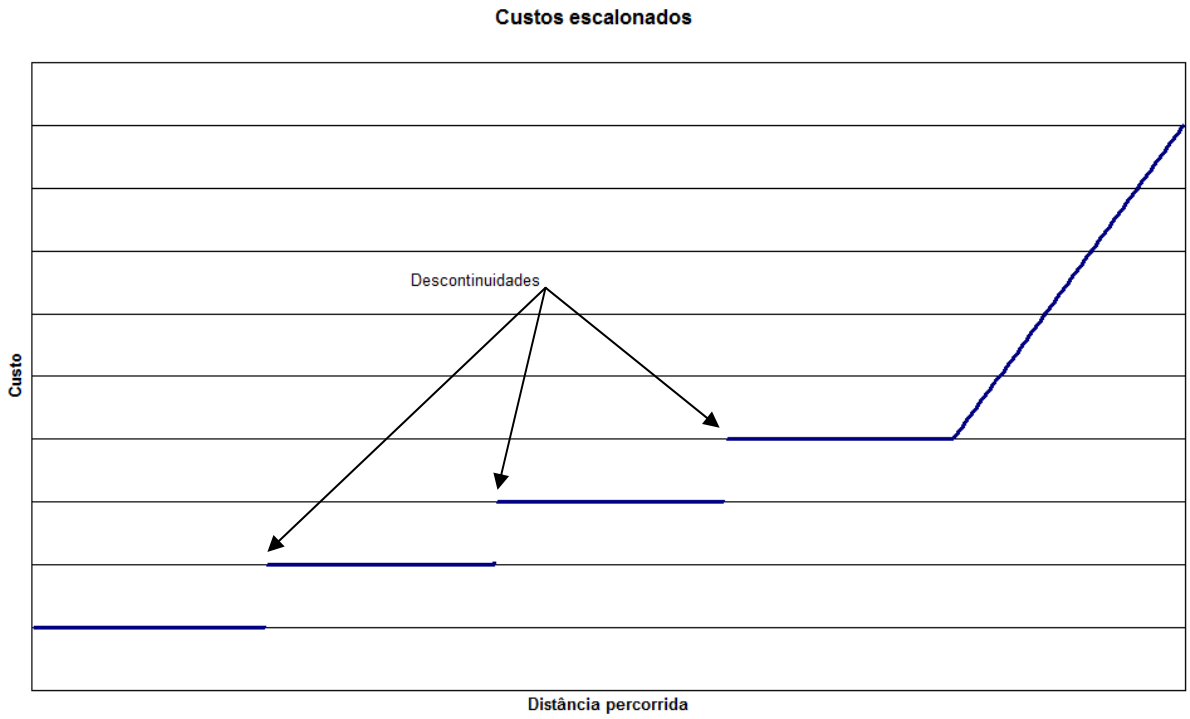

Figura 18: Função de custos com descontinuidade presente neste problema

Assim, será necessária uma formulação diferenciada, caracterizando um aspecto inovador com relação ao visto em Winston(2004).

4.7. Formulação do modelo proposto

Tendo em vista os estudos já feitos sobre o assunto e as características do problema ao qual o trabalho aborda, é sugerida uma formulação que represente matematicamente a questão da minimização de custos de um caso de roteirização de veículos com coletas fracionadas, frota heterogênea e janelas de tempo e conterá, também, a questão de custos diferenciados. Este modelo de programação linear inteira mista é apresentado a seguir.

Parâmetros:

$Q_z^v =$ Capacidade do veículo v de tipo z

$q_i =$ demanda do fornecedor i

c_{tz} = custo da utilização do veículo do tipo z num trecho *t*

S = sub-grafo qualquer do problema, excluindo o depósito

d_{ij} = distância entre os pontos *i* e *j*

t_{ij} = tempo entre os pontos *i* e *j* (calculado com base na distância e velocidade média do veículo entre os pontos)

tc_i = tempo de carregamento (valor 0 no depósito de origem)

a_i = início da janela de tempo do fornecedor *i*

f_i = fim da janela de tempo do fornecedor *i*

T = número de tipos de trechos possíveis

Z = número de tipos de veículos possíveis

NV = número de veículos

n = Número de fornecedores a serem visitados

Índices:

i = fornecedor de origem do trecho considerado

g = fornecedor intermediário entre *i* e *j* (utilizado em termos de conservação do fluxo)

j = fornecedor de destino do trecho considerado

z = tipos dos veículos (*truck*, carreta, etc.)

t = tipo de trecho percorrido (no que se refere aos preços relativos às distâncias percorridas)[3]

v = veículo alocado

Variáveis:

y_i^v = Fração de demanda do cliente *i* que será atendida pelo veículo *v*. É a parcela de demanda total de um fornecedor que será entregue pelo veículo *v*.

$$x_{ij}^v = \begin{cases} 1, \text{ se o veículo } v \text{ viaja diretamente do fornecedor } i \text{ para o fornecedor } j \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

[3] Como será abordado mais à frente, os custos são escalonados conforme a distância a ser percorrida pelo veículo

$$k_z^v = \begin{cases} 1, \text{ se o veículo } v \text{ for do tipo } z \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

$$b_t^v = \begin{cases} 1, \text{ se o veículo } v \text{ percorrer um trecho do tipo } t \\ 0, \text{ caso contrário} \end{cases}$$

p_{tz}^v = variável que une as informações de tipo de trecho e tipo de veículo

D^v = distância total percorrida pelo veículo v

C_T^v = custo caso o veículo v seja do tipo de trecho de custo variável

s_i^v = instante inicial do atendimento do fornecedor i pelo veículo v

Formulação:

F.o.: MIN $$\sum_{t=1}^{T-1}\sum_{z=1}^{Z}\sum_{v=1}^{NV} c_{tz}\, p_{tz}^v + \sum_{v=1}^{NV} C_T^v \qquad (12)$$

S. a.:

$$\sum_{i=0}^{n} x_{ig}^v - \sum_{j=0}^{n} x_{gj}^v = 0 \qquad g = 1, ..., n;\ v = 1, ..., NV;\ i \neq g; g \neq j \qquad (13)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{0j}^v = 1 \qquad v = 1, ..., NV \qquad (14)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{i0}^v = 1 \qquad v = 1, ..., NV \qquad (15)$$

$$\sum_{v=1}^{NV} y_i^v = 1 \qquad i = 1, ..., n \qquad (16)$$

$$\sum_{i=1}^{n} q_i y_i^v - Q_z^v \leq M(1 - k_z^v) \qquad v = 1,..., NV;\ z = 1,..., Z \qquad (17)$$

$$-(C_T^v - c_{Tz} D^v) \leq M(1 - p_{Tz}^v) \qquad v = 1,..., NV;\ z = 1,..., Z;\ t = T \qquad (18)$$

$$\sum_{j=0}^{n} x_{ij}^v \geq y_i^v \qquad i = 1, ..., \text{n};\ v = 1, ..., NV \qquad (19)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij}^{v} \leq |S| - 1 \qquad S \subseteq N \setminus \{0\}; |S| \geq 2 \text{ ; } v = 1, ..., NV \qquad (20)$$

$$\sum_{z=1}^{Z} k_z^{v} = 1 \qquad v = 1, ..., NV \qquad (21)$$

$$D^{v} = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} d_{ij} x_{ij}^{v} \qquad v = 1, ..., NV \qquad (22)$$

$$\left.\begin{aligned}
& D^{v} - 300 \leq M(b_5^{v}) \\
& D^{v} - 200 \leq M(b_5^{v} + b_4^{v}) \\
& D^{v} - 100 \leq M(b_5^{v} + b_4^{v} + b_3^{v}) \\
& D^{v} - 50 \leq M(b_5^{v} + b_4^{v} + b_3^{v} + b_2^{v}) \\
& D^{v} - 300 \geq -M(1 - b_5^{v}) \\
& D^{v} - 200 \geq -M(1 - b_5^{v} - b_4^{v}) \\
& D^{v} - 100 \geq M(1 - b_5^{v} - b_4^{v} - b_3^{v}) \\
& D^{v} - 50 \geq M(1 - b_5^{v} - b_4^{v} - b_3^{v} - b_2^{v}) \\
& \sum_{t=1}^{5} b_t^{v} = 1
\end{aligned}\right\} \quad v = 1, ..., NV \qquad (23)$$

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{z=1}^{Z} p_{tz}^{v} = 1 \qquad v = 1,..., NV \qquad (24)$$

$$(1 - b_t^{v}) + (1 - k_z^{v}) \geq (1 - p_{tz}^{v}) \qquad v = 1,..., NV;\ t = 1, ..., T;\ z = 1,..., Z \qquad (25)$$

$$a_i \leq s_i^{v} \leq f_i \qquad i = 1,..., n;\ v = 1,..., NV \qquad (26)$$

$$s_i^{v} + tc_i + t_{ij} \leq s_j^{v} + (1 - x_{ij}^{v})M \qquad v = 1,..., NV;\ i = 1,..., n;\ j = 1,..., n \qquad (27)$$

$$0 \leq y_i^{v} \qquad i = 1,..., n;\ j = 1,..., \text{n};\ v = 1,..., NV \qquad (28)$$

$$C_T^{v} \geq 0 \qquad v = 1,..., NV \qquad (29)$$

$$x_{ij}^{v} \in \{0,1\} \qquad i = 1,..., n;\ j = 1,..., \text{n};\ v = 1,..., NV \qquad (30)$$

$$k_z^{v} \in \{0,1\} \qquad v = 1, ..., NV;\ z = 1,..., Z \qquad (31)$$

$$b_t^{v} \in \{0,1\} \qquad v = 1, ..., NV;\ t = 1,..., T \qquad (32)$$

$$p_{tz}^{v} \in \{0,1\} \qquad v = 1, ..., NV;\ t = 1,..., T;\ z = 1, ..., T \qquad (33)$$

$$s_i^{v} \in reais \qquad (34)$$

4.8. Detalhamento do modelo proposto

Para melhor compreensão da formulação da seção anterior, a função objetivo, as restrições e as definições de variáveis serão explicadas nesta nova seção.

Função objetivo (12): $min \sum_{t=1}^{T-1}\sum_{z=1}^{Z}\sum_{v=1}^{NV} c_{tz}\, p_{tz}^{v} + \sum_{v=1}^{NV} C_T^{v}$

A função objetivo visa à minimização dos custos das coletas realizadas para o atendimento das demandas de todos os pontos (fornecedores). Ela é dividida em duas somatórias: a primeira, referente a veículos que percorrem menos de 300Km em seu percurso e por isso recaem nos tipos de trecho de 1 a 4, que são trechos de custo fixo; a segunda, referente a veículos que percorrem mais de 300Km em seu percurso e, por isso, recaem na faixa de custos variáveis. A primeira parcela da somatória é a soma, para todos os veículos utilizados em todos os tipos de veículos e nos tipos de trecho de custo fixo, dos produtos dos custos referentes a determinado trecho percorrido e tipo de veículo (c_{tz}) e suas respectivas variáveis binárias (p_{tz}^{v}). Os conjuntos de restrições (25) e (26) apresentarão melhor o raciocínio que envolve a variável p_{tz}^{v}. Em termos de entendimento da função objetivo, basta saber que, quando p_{tz}^{v} = 1, o custo referente a este custeio para determinado veículo será liberado para entrar na somatória. Do contrário, será computado custo zero, pois c_{tz} será multiplicado por zero oriundo da variável binária p_{tz}^{v}. A segunda parcela da somatória é referente aos casos onde o caminhão percorre mais de 300Km e os conjuntos de restrições (18) e (19) explicam o raciocínio existente por trás de C_T^{v}. Por ora, é necessário entender que, se o veículo percorrer um trecho de custo variável, será somado o valor referente a esta coleta, caso contrário será somado zero.

Conjunto de restrições (13): $\sum_{i=0}^{n} x_{ig}^{v} - \sum_{j=0}^{n} x_{gj}^{v} = 0 \qquad g = 1, ..., n;\ v = 1, ..., NV;\ i \neq g; g \neq j$

Este conjunto de restrições é responsável pela conservação de fluxo no sistema. Se um determinado veículo *v* chega a um fornecedor *g*, ele deve ter vindo de um outro fornecedor *i* e sair do ponto *g* com destino a um outro ponto *j*. Sendo assim, cada veículo só pode passar uma única vez por cada ponto em seu caminho e não podem interromper suas rotas em um cliente. Se o cliente *g* fizer parte da rota do veículo *v*, x_{ig}^{v} e x_{gj}^{v} terão valor 1 e as restrições

serão satisfeitas. Caso g não faça parte da rota deste veículo, x_{ig}^{v} e x_{gj}^{v} possuirão valor zero e as restrições também serão satisfeitas. Essa análise é feita para todo fornecedor e todo veículo utilizado.

Conjunto de restrições (14): $\sum_{j=1}^{n} x_{0j}^{v} = 1 \qquad v = 1, ..., NV$

Este conjunto de restrições diz que cada veículo deve partir da origem uma única vez e com destino a um único fornecedor. Ou seja, obriga que todo caminhão passe pelo centro de distribuição (índice 0) e se dirija a um fornecedor.

Conjunto de restrições (15): $\sum_{i=1}^{n} x_{i0}^{v} = 1 \qquad v = 1, ..., NV$

Estas restrições obrigam que cada veículo a ser utilizado chegue ao depósito central em um – e somente um – momento de seu percurso, vindo de um único fornecedor.

Conjunto de restrições (16): $\sum_{v=1}^{NV} y_{i}^{v} = 1 \qquad i = 1, ..., n$

Estas restrições garantem que a integralidade da demanda dos fornecedores seja atendida. Para cada fornecedor a soma das frações coletadas por cada veículo que passe por aquele ponto resulta em 1 (100%). Lembrando que y_{i}^{v} é uma variável real que varia entre os valores 0 e 1. Esta restrição é de extrema importância num problema de coletas fracionadas pois permite que mais de um veículo passe por um mesmo fornecedor, o que não seria possível na formulação clássica de Fisher e Jaikumar.

Conjunto de restrições (17): $\sum_{i=1}^{n} q_i y_{i}^{v} - Q_{z}^{v} \leq M(1 - k_{z}^{v}) \qquad v = 1,..., NV; z = 1,..., Z$

Este conjunto de restrições visa a verificar se a demanda que está sendo coletada por um veículo está infringindo a capacidade do mesmo. Como o modelo está incumbido de escolher o tipo de veículo *z* de cada veículo *v*, temos que ativar somente as restrições que comparem a carga coletada com a capacidade deste tipo de veículo e não com a capacidade dos demais. Por exemplo, se o modelo decidiu que o veículo a ser utilizado é uma carreta, devemos comparar a soma das coletas efetuadas por tal veículo com a capacidade de uma carreta e não com a capacidade de um *truck*. Assim, é utilizado um recurso chamado de

restrição ativada ou desativada descrita em Arenales *et al.* (2007). Se $k_z^v = 1$, o que significa que determinado veículo é de determinado tipo, a restrição transforma-se em $\sum_{i=1}^{n} q_i y_i^v \leq Q_z^v$, o que significa que a soma do que será coletado por um caminhão (a somatória das demandas q_i de cada ponto multiplicada por suas respectivas frações y_i^v) é menor do que o limitante de capacidade deste próprio tipo escolhido, que é o que realmente se quer (ativá-la). Caso $k_z^v = 0$, a restrição transforma-se em $\sum_{i=1}^{n} q_i y_i^v \leq Q_z^v + M$ e sendo *M* um número muito grande (*big M*), ela passa a não restringir nada, ou seja, fica desativada.

Conjunto de restrições (18)): $-(C_T^v - c_{Tz} D^v) \leq M(1 - p_{Tz}^v)$ $v = 1,..., NV$; $z = 1,..., Z$; $t = T$

Este conjunto de restrições estão intrinsecamente relacionados com a parte de custeio variável da formulação, valendo apenas para o tipo de trecho *T*, isto é, para o último tipo de trecho de custeio, aquele de custeio variável. Sendo p_{Tz}^v a variável binária que indicará se o veículo *v* percorrerá mais de 300Km em seu trajeto (se será do tipo de trecho *T*), temos que, se a mesma valer 1, implicará que l_{Tz}^v seja igual a zero segundo a restrição (18), o que deixará a restrição (19) como $C_T^v \geq c_{Tz} D^v$, ou seja, o custo da coleta variável C_T^v (utilizado na função objetivo) deve ser maior ou igual ao custo variável vezes a distância percorrida pelo veículo. Como C_T^v está na função objetivo e a mesma é de minimização temos que C_T^v será igual a $c_{Tz} D^v$ e não maior, que é o objetivo da restrição. Caso p_{Tz}^v seja igual a zero, queremos que C_T^v seja igual a zero, para que não aumente os custos na função objetivo (afinal, tal veículo não pertence a determinado tipo de trecho e tampouco é de determinado tipo). Com $p_{Tz}^v = 0$, l_{Tz}^v fica livre para assumir o valor 0 ou 1. Porém, por análise do conjunto de restrições (19) e sabendo que a função objetivo é de minimização, temos que a otimização levará o valor de C_T^v para o valor mais baixo possível. Isolando C_T^v nesta restrição, teremos $C_T^v \geq c_{Tz} D^v - M l_{Tz}^v$ e, como M é um valor muito grande e está negativo, temos que o segundo membro da desigualdade será negativo. Como o valor mínimo de C_T^v é zero e a otimização levará esta variável ao valor mais baixo possível, temos que C_T^v será zero se p_{Tz}^v for igual a zero.

Conjunto de restrições (19): $\sum_{j=0}^{n} x_{ij}^{v} \geq y_{i}^{v}$ $\quad i = 1, ..., n; v = 1, ..., NV$

Se um fornecedor for atendido por um determinado veículo, este mesmo veículo deve deixar este fornecedor com destino a um outro ponto do sistema. Se houver uma demanda y_i^v a ser pega pelo veículo *v* no fornecedor *i*, isto forçará que a variável binária x_{ij}^v tenha valor 1, indicando que este caminho seja percorrido pelo veículo *v*.

Conjunto de restrições (20): $\sum_{i,j \in S} x_{ij}^{v} \leq |S| - 1 \quad S \subseteq N \setminus \{0\}; |S| \geq 2; \quad v = 1, ..., NV$

Este conjunto de restrições visa a impossibilitar a formação de sub-rotas dentro do percurso do veículo, ou seja, impedir que haja um circuito fechado entre pontos do sistema (pontos estes que não incluam o depósito central). É o mesmo conjunto de restrições (7) do modelo de Fisher e Jaikumar(1981).

Conforme Tsuda(2007), essas restrições apresentam uma facilidade na modelagem e não necessitam do cálculo de parâmetros adicionais. É ressaltada, ainda, sua importância no contexto de um trabalho de roteamento de veículos com coletas fracionadas.

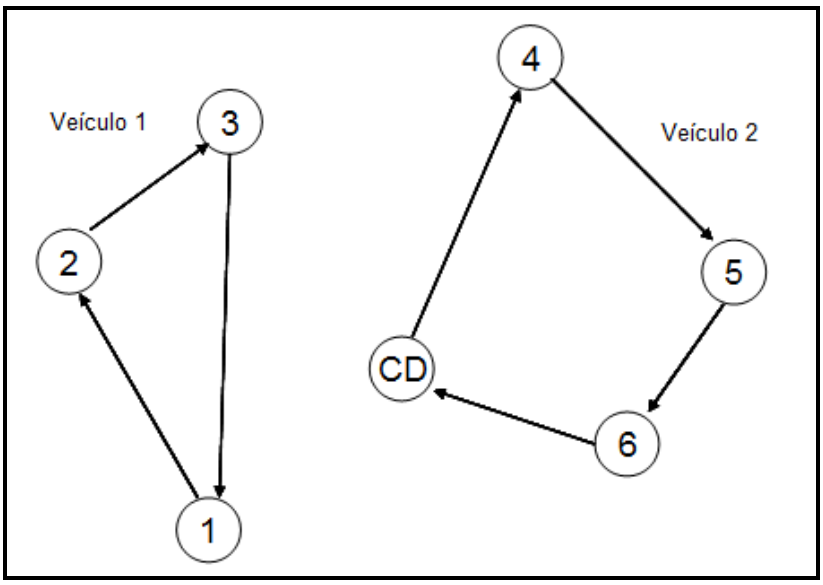

Figura 19: Exemplo de formação de sub-rota(pelo veículo 1) evitada pelo conjunto de restrições (20)

Conjunto de restrições (21): $\sum_{z=1}^{Z} k_z^v = 1 \qquad v = 1, ..., NV$

Este conjunto de restrições obriga que cada veículo *v* seja de um único tipo dentre todos os *Z* tipos existentes. Importante ressaltar nessa restrição que na realidade existirão *Z-1*

tipos de veículos a serem utilizados e 1 tipo de veículo que será dito de capacidade nula (chamado de “tipo fantasma”), para o qual todos os preços de frete (para todos os trechos) serão zero. Isso é necessário para que, aos veículos que não sejam utilizados seja associado um custo zero. Em outras palavras, não será coletado nenhum material por determinado veículo *v* e a minimização tenderá a associar o seu custo ao menor possível, que será o custo nulo desse veículo “tipo fantasma”, inclusive permitido isso pela restrição (17), onde o valor de Q_z^v será zero. Caso não fosse criado tal tipo de veículo, mesmo que o caminhão não fosse utilizado, isso acarretaria em um custo somado na função objetivo.

Definição de variável auxiliar (22): $D^v = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} d_{ij} x_{ij}^v \qquad v = 1, ..., NV$

Esta variável indica a distância percorrida por um determinado veículo *v* em todo o seu percurso, somando os valores de d_{ij}, que multiplicados devidamente por seus respectivos x_{ij}^v, resultarão na somatória que se deseja. Se x_{ij}^v for igual a 1, isso significará que tal caminho é percorrido por *v* e ativará o produto, somando o d_{ij} correspondente. Caso x_{ij}^v seja zero, o respectivo d_{ij} não será somado.

Conjuntos de restrições (23):

$$\left.\begin{array}{ll}
D^v - 300 \le M(b_5^v) & (23.1) \\
D^v - 200 \le M(b_5^v + b_4^v) & (23.2) \\
D^v - 100 \le M(b_5^v + b_4^v + b_3^v) & (23.3) \\
D^v - 50 \le M(b_5^v + b_4^v + b_3^v + b_2^v) & (23.4) \\
D^v - 300 \ge -M(1 - b_5^v) & (23.5) \\
D^v - 200 \ge -M(1 - b_5^v - b_4^v) & (23.6) \\
D^v - 100 \ge M(1 - b_5^v - b_4^v - b_3^v) & (23.7) \\
D^v - 50 \ge M(1 - b_5^v - b_4^v - b_3^v - b_2^v) & (23.8) \\
\sum_{t=1}^{5} b_t^v = 1 & (23.9)
\end{array}\right\} \quad v = 1, ..., NV$$

Este conjunto de restrições permite ao modelo que ele indique qual o tipo de trecho que cada caminhão está percorrendo, conforme a distância que o mesmo percorre em seu trajeto.

Importante salientar que as restrições (23) já estão nos moldes de nosso problema, utilizando as distâncias que limitam as faixas de trecho (50, 100, 200 e 300Km) e números de trechos existentes em nosso problema (5 trechos). Se o caminhão percorrer uma distância maior que 300 Km, ele recairá no tipo de trecho 5 – o trecho de custo variável. Neste caso, b_5^v assumirá o valor 1, e pela restrição (23.9) as demais variáveis deverão ter valor zero, pois a somatória de todas as variáveis b_t^v deve ser igual a 1. Caso o trecho percorrido esteja entre 200Km e 300Km, por exemplo, o modelo deve indicar que b_4^v seja igual a 1 e as demais, portanto, zero. Neste caso, na restrição (23.1), temos que b_5^v pode assumir o valor 0 ou 1 e pela restrição (23.5) b_5^v deve ser igual a 0. Temos a certeza de que b_4^v assumirá valor 1 pois a restrição (23.6) estará livre para assumir valor 0 ou 1 porém a restrição (23.2) obrigatoriamente assumirá o valor 1, caracterizando tal veículo com possuidor do tipo de trecho 4. Assumindo valor 1, b_4^v trava as demais restrições, não possibilitando que as demais variáveis b_t^v (com *t* diferente de 4) assumam valor diferente de 0. O mesmo raciocínio se aplica aos demais tipos de trecho.

Conjuntos de restrições (24): $\sum_{t=1}^{T}\sum_{z=1}^{Z} p_{tz}^v = 1$ $\qquad v = 1,..., NV$

Este conjunto de restrições utiliza as informações das variáveis b_t^v e k_z^v para indicar que cada veículo *v* só pode ser de um único tipo e percorrer um único tipo de trecho. Funciona em conjunto com o conjunto de restrições (25).

Conjunto de restrições (25): $(1-b_t^v)+(1-k_z^v) \geq (1-p_{tz}^v)$ $\quad v = 1,..., NV;\ t = 1, ..., T;\ z = 1,...,Z$

O raciocínio envolvido por trás deste conjunto de restrições é o seguinte: se, para um veículo *v*, $b_t^v = 1$ e $k_z^v = 1$, p_{tz}^v referente a este determinado *t* e este específico *z* deve ser igual a 1, ou seja, une as informações das duas variáveis binárias em apenas uma. Matematicamente isto ocorre pois no primeiro membro da desigualdade, teremos a soma zero, que forçará o segundo membro a também ser zero. Nos demais casos, onde b_t^v for diferente de 1 ou k_z^v for diferente de 1 (ou ambos), p_{tz}^v fica livre para assumir valor 0 ou 1. Porém, pelo conjunto de restrições (24), fica assegurado que elas terão valor zero, pois a somatória de todos os valores

de p_{tz}^{v} (para todo *t* e todo *z* em cada *v*) deve ser igual a 1 e obrigatoriamente o valor de p_{tz}^{v} deve ser igual a 1 para aquele *t* e aquele *v* onde $b_t^v = 1$ e $k_z^v = 1$.

Conjunto de restrições (26): $a_i \leq s_i^v \leq f_i \quad i = 1,..., n; v = 1,..., NV$

Este conjunto de restrições estabelece os limites das janelas de tempo para cada fornecedor, os horários mínimos e máximos de atendimento(de chegada do veículo *v* no fornecedor *i*).

Conjunto de restrições (27): $s_i^v + tc_i + t_{ij} \leq s_j^v + (1 - x_{ij}^v)M \quad v = 1,..., NV\ i = 1,..., n;\ j = 1,..., n$

Este conjunto de restrições indica que, se $x_{ij}^v = 1$,ou seja, se o veículo *v* percorre o trajeto do fornecedor *i* diretamente para o fornecedor *j*, o instante de chegada em *j* será, no mínimo, o instante de chegada em *i* mais os tempos de percurso de *i* até *j* e o tempo de carregamento em *i*. Caso este trajeto não seja percorrido por *v*, a restrição fica desativada, pois o *big M* nada restringe nessas restrições.

Conjunto de restrições (28): $0 \leq y_i^v \quad i = 1,..., n; v = 1,..., NV$

Este conjunto de restrições define que a variável y_i^v seja real e seu valor esteja entre 0 e 1 pois, por definição, ela é a fração de carga a ser coletada em *i* pelo veículo *v*. Sendo uma fração de um todo, seu valor só pode estar entre 0 e 1.

Conjunto de restrições (29): $C_T^v \geq 0 \qquad v = 1,..., NV$

Esta restrição impede que, quando em faixa de custo variável, C_T^v não possa ser negativo. Como visto no conjunto de restrições (18), quando p_{tz}^v é igual a zero, sem esta restrição, C_T^v poderia assumir um valor negativo para minimizar a função objetivo.

Definição das variáveis: $x_{ij}^v \in \{0,1\}$ (30)

$k_z^v \in \{0,1\}$ (31)

$b_t^v \in \{0,1\}$ (32)

$p_{tz}^v \in \{0,1\}$ (33)

Definição de tais variáveis como sendo binária, ou seja, o valor das mesmas só pode ser ou 0 ou 1.

Definição das variáveis: $s_i^v \in R$ (34)

As variáveis s_i^v representam os instantes em que os veículos v chegam aos fornecedores i, portanto podem assumir qualquer valor dentro das janelas de tempo de cada fornecedor, conforme conjunto de restrições (26).

Importante salientar que, onde ocorrem os limitantes superiores NV, será utilizada a quantidade n, que é o número máximo de veículos que pode ser utilizado numa rota (sendo um atendendo a cada fornecedor, como é feito hoje em dia). Caso algum veículo não precise ser utilizado, seu custo será nulo, como explicado no conjunto de restrições (21).

5. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção, abordar-se-á o processo de recolhimento de dados e informações relativos ao problema para que, numa etapa posterior, os mesmos possam ser utilizados para a determinação da solução do problema.

Através da localização dos fornecedores e centro de distribuição e também dos preços praticados pela transportadora terceirizada, foi traçada uma análise com o auxílio de tabelas e mapas a fim de facilitar a visualização e o dimensionamento do problema para em uma etapa posterior seja possível trabalhar com esses dados com vistas à otimização.

5.1. Dados de localização dos fornecedores

Inicialmente, para o atual projeto, foram levantados no departamento de Suprimentos quais são os fornecedores dos quais algum material foi adquirido e, conseqüentemente, exigiu que alguma coleta fosse realizada. Desse modo, foram encontrados 55 fornecedores e um único centro de distribuição. O centro de distribuição foi intitulado F0 e cada um dos fornecedores receberam uma numeração de F1 a F55.

Para cada um deles, pesquisou-se o nome, a localização e o CEP (Código de endereçamento postal). Por questões de sigilo, o nome de cada um dos fornecedores não pode ser divulgado e trabalharemos com a denominação acima descrita.

Através do site de localização My Geo Position[4], os endereços ou CEP foram utilizados para que fossem obtidos os dados de longitude e latitude de cada um dos pontos e do centro de distribuição. Estes dados são de fundamental importância para calcularmos todas as distâncias entre eles, as quais serão necessárias numa próxima etapa para avaliar qual a melhor estratégia de roteamento a ser seguida, ou seja, as distâncias serão dados fundamentais para que, na metodologia de resolução, consiga-se avaliar quais são os melhores caminhos que resultem na minimização dos custos.

Dessa forma, elencando cada um dos fornecedores e suas respectivas latitudes e longitudes em graus, dividiu-se os valores por 57,3 para se obter os mesmos também em radianos, tendo como resultado a tabela 2.

[4] Acesso através do site http://pt.mygeoposition.com/, em 06 de junho de 2009

Tabela 2: Latitudes e longitudes dos fornecedores e centro de distribuição

	Latitude Graus	Longitude Graus	Latitude Radianos	Longitude Radianos
F0	-23,515982	-46,926535	-0,410401	-0,818962
F1	-23,456235	-47,404123	-0,409358	-0,827297
F2	-23,642790	-46,720346	-0,412614	-0,815364
F3	-22,884314	-43,517930	-0,399377	-0,759475
F4	-23,686014	-46,592837	-0,413368	-0,813139
F5	-23,725419	-46,599634	-0,414056	-0,813257
F6	-23,553087	-46,594680	-0,411049	-0,813171
F7	-23,540895	-46,608383	-0,410836	-0,813410
F8	-23,769518	-46,717688	-0,414826	-0,815317
F9	-23,329687	-46,920201	-0,407150	-0,818852
F10	-23,656392	-46,700217	-0,412852	-0,815013
F11	-23,432618	-46,409775	-0,408946	-0,809944
F12	-23,514769	-46,720062	-0,410380	-0,815359
F13	-23,353498	-47,692291	-0,407565	-0,832326
F14	-22,816944	-43,387374	-0,398201	-0,757197
F15	-23,654078	-46,510847	-0,412811	-0,811708
F16	-23,524470	-46,743618	-0,410549	-0,815770
F17	-23,636168	-46,718238	-0,412499	-0,815327
F18	-22,811732	-43,024318	-0,398111	-0,750861
F19	-23,550717	-46,531307	-0,411007	-0,812065
F20	-22,950721	-46,530335	-0,400536	-0,812048
F21	-23,602694	-46,640215	-0,411914	-0,813965
F22	-23,668952	-46,529433	-0,413071	-0,812032
F23	-23,431670	-46,410478	-0,408930	-0,809956
F24	-23,509392	-46,758731	-0,410286	-0,816034
F25	-23,287420	-45,701841	-0,406412	-0,797589
F26	-23,524235	-46,703137	-0,410545	-0,815063
F27	-23,039247	-46,965977	-0,402081	-0,819651
F28	-23,457371	-47,416227	-0,409378	-0,827508
F29	-23,476461	-46,776269	-0,409711	-0,816340
F30	-23,305167	-45,957901	-0,406722	-0,802058
F31	-23,724097	-46,604187	-0,414033	-0,813337
F32	-23,512406	-46,697098	-0,410339	-0,814958
F33	-22,806273	-43,339724	-0,398015	-0,756365
F34	-23,592914	-46,605392	-0,411744	-0,813358
F35	-23,533815	-46,214537	-0,410712	-0,806536
F36	-23,641085	-46,715217	-0,412584	-0,815274
F37	-23,524683	-46,527094	-0,410553	-0,811991
F38	-23,704872	-46,595749	-0,413698	-0,813189
F39	-23,487897	-46,616846	-0,409911	-0,813558
F40	-23,474883	-47,432791	-0,409684	-0,827797
F41	-22,941585	-45,417886	-0,400377	-0,792633
F42	-19,972459	-44,014760	-0,348559	-0,768146
F43	-23,543659	-46,501222	-0,410884	-0,811540
F44	-23,471209	-46,468997	-0,409620	-0,810977
F45	-23,092455	-47,191872	-0,403010	-0,823593
F46	-22,754040	-47,322711	-0,397104	-0,825876
F47	-28,869431	-51,551478	-0,503830	-0,899677
F48	-22,863403	-43,246710	-0,399012	-0,754742
F49	-23,604127	-46,924300	-0,411939	-0,818923
F50	-21,837673	-46,566230	-0,381111	-0,812674
F51	-12,997491	-38,460677	-0,226832	-0,671216
F52	-23,672905	-46,620713	-0,413140	-0,813625
F53	-22,790662	-47,229496	-0,397743	-0,824249
F54	-23,389090	-47,350466	-0,408187	-0,826361
F55	-23,567339	-46,607201	-0,411297	-0,813389

Para se ter uma idéia da dispersão e da distância entre os fornecedores com os quais estamos lidando, bem como da localização do centro de distribuição com relação aos mesmos, foram utilizadas as ferramentas *Google Earth* e *Google Maps*, que permitem o *upload* de dados de latitude e longitude para a criação de um mapa próprio. A figura 20 apresenta a planilha utilizada para inserir os dados que serão utilizados pelo software que gerará o mapa com a localização dos pontos requeridos através de marcadores.

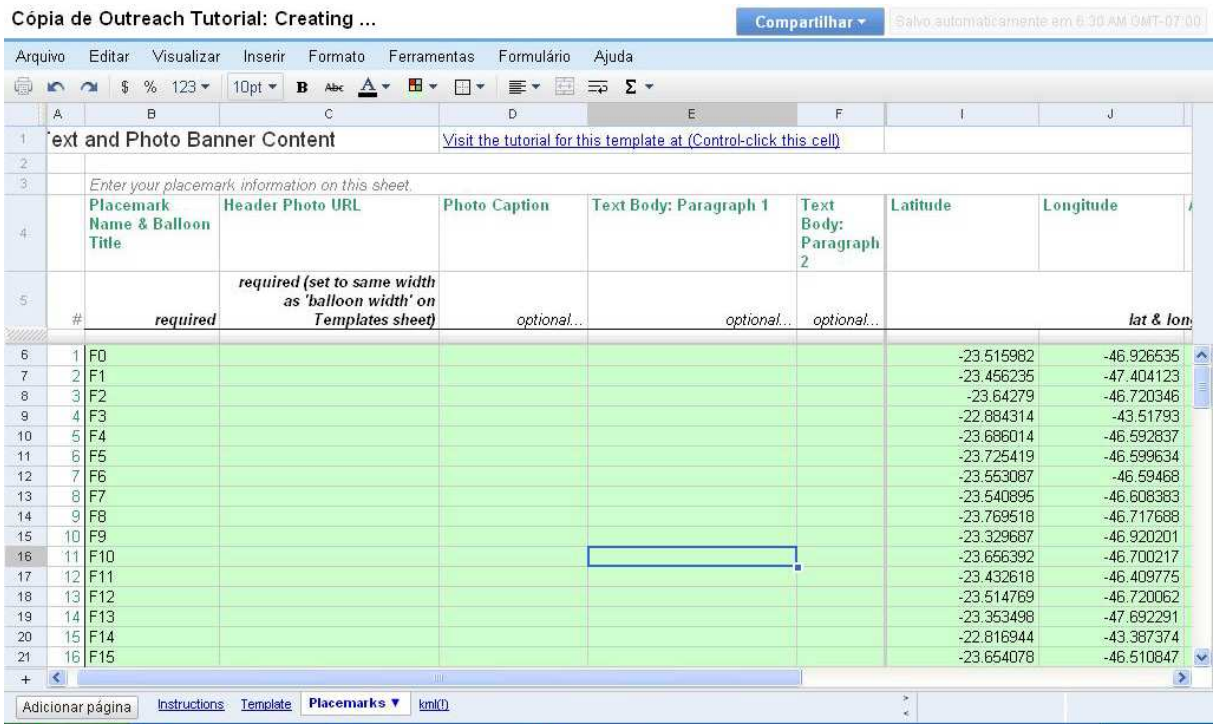

Figura 20: Planilha de inserção de dados para obtenção do mapa plotado

As figuras 21 e 22, portanto, são o resultado deste procedimento.

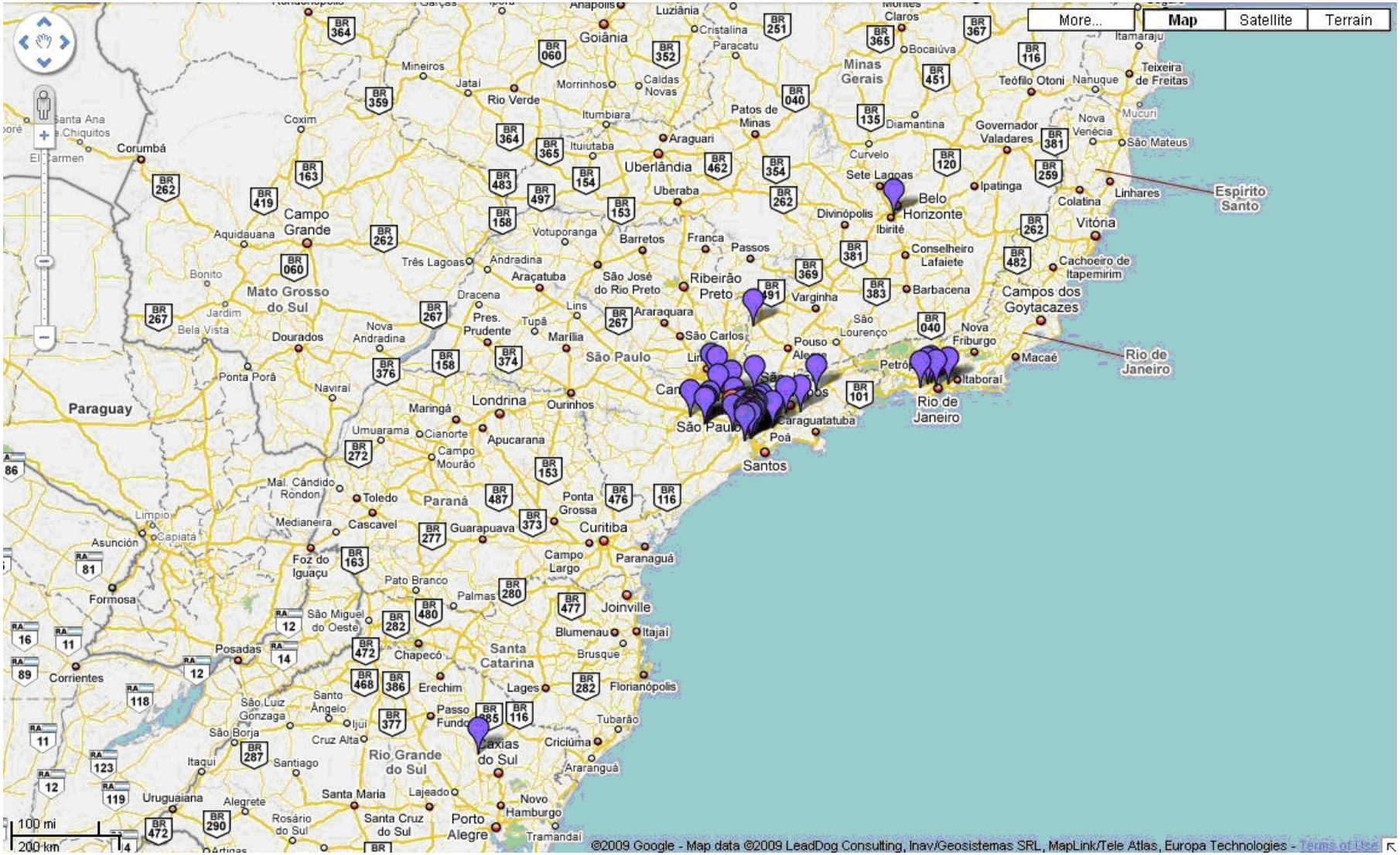

Figura 21: Mapa plotado representando os fornecedores a serem visitados

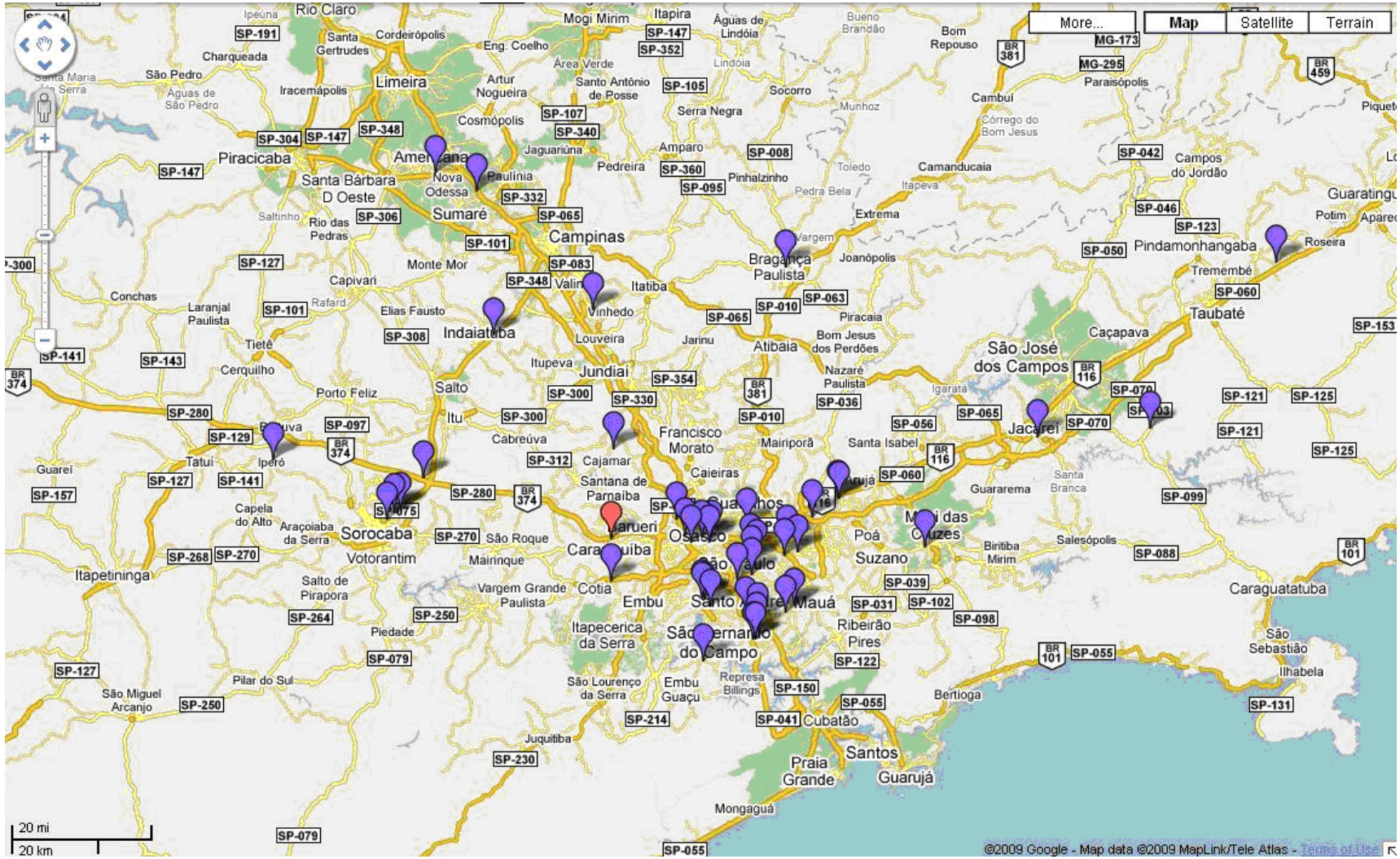

Figura 22: Visão aproximada dos fornecedores a serem atendidos no estado de São Paulo

Assim, podemos notar que a maior parte dos fornecedores se encontra na região metropolitana do estado de São Paulo e também no interior paulista, ocorrendo poucos casos de coletas a serem realizadas fora do estado (MG, RJ e RS). O Centro de distribuição é localizado próximo à região metropolitana, o que facilita bastante em termos de redução de percurso nas coletas.

O próximo passo da análise é transformar os dados de latitude e longitude em distâncias entre os pontos. Para tanto, será utilizada a técnica de estimativa de milhagens (Ballou, 2005), na qual se calcula a distância entre dois pontos levando em consideração a curvatura da superfície da Terra. A fórmula utilizada para este cálculo é a seguinte:

$$D_{A-B} = 3959\{\arccos[sen(LAT_A) \times sen(LAT_B) + \cos(LAT_A) \times \cos(LAT_B) \times \cos|LONG_B - LONG_A|]\}$$

Onde:

D_{A-B} = distância do grande círculo entre os pontos A e B (milhas)

LAT_A = latitude do ponto A (radianos)

$LONG_A$ = longitude do ponto A (radianos)

LAT_B = latitude do ponto B (radianos)

$LONG_B$ = longitude do ponto B (radianos)

A fórmula acima dá a distância desejada em milhas. Para que possamos trabalhar com as medida em quilômetros, que será a unidade utilizada em termos de custeio, devemos multiplicar por 1,61 o resultado da equação.

Com esta método de cálculo de distâncias, consegue-se uma boa precisão e são evitadas distorções . É chamado de “método do grande círculo”. A distância euclidiana (distância considerando-se os dois pontos no mesmo plano, em linha reta) seria falha devido à não possibilidade de projetar o globo terrestre perfeitamente em um plano.

A tabela 3 apresenta as distâncias em quilômetros entre 25 fornecedores e também o centro de distribuição (F0).

Tabela 3: Visão parcial da tabela de distâncias entre os fornecedores

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0		60,49	31,14	437,28	47,87	50,01	41,94	40,06	43,46	25,50	34,27	65,85	25,91	98,67	455,34	55,44	22,98	30,87	500,23	49,81	91,99	37,82	54,01	65,79	21,07	156,93
1	60,49		89,48	495,05	106,49	107,39	102,42	100,52	96,14	63,19	92,44	124,86	86,22	38,82	512,88	115,26	83,41	89,49	558,07	110,28	129,84	97,90	113,50	124,78	81,32	215,05
2	31,14	89,48		415,70	17,04	18,88	19,97	19,79	17,34	49,64	3,14	48,42	17,52	128,22	434,02	26,30	16,45	0,94	478,41	26,84	97,66	11,45	24,19	48,43	18,88	136,77
3	437,28	495,05	415,70		401,71	403,98	397,55	398,86	419,86	432,47	413,70	371,44	411,83	529,18	18,87	390,65	414,99	415,23	63,03	389,72	379,74	404,64	393,43	371,50	416,44	280,36
4	47,87	106,49	17,04	401,71		5,46	18,19	19,95	19,37	63,75	14,05	41,58	28,35	145,24	420,13	11,17	29,08	17,13	464,27	20,05	100,91	12,85	8,28	41,64	31,89	124,40
5	50,01	107,39	18,88	403,98	5,46		23,59	25,27	15,97	67,45	15,75	46,60	32,54	146,20	422,45	14,80	32,89	19,24	466,45	25,39	106,35	17,54	11,71	46,67	35,66	127,60
6	41,94	102,42	19,97	397,55	18,19	23,59		2,40	33,39	51,03	19,36	28,46	16,58	140,45	415,77	17,36	19,09	19,22	460,37	7,96	82,81	8,87	17,84	28,47	21,43	117,84
7	40,06	100,52	19,79	398,86	19,95	25,27	2,40		34,15	48,66	19,55	28,99	14,46	138,45	417,06	19,73	17,11	18,97	461,71	9,76	81,34	9,35	20,12	28,98	19,35	118,99
8	43,46	96,14	17,34	419,86	19,37	15,97	33,39	34,15		65,32	15,63	60,13	34,86	134,84	438,34	30,35	33,69	18,25	482,29	37,97	114,48	24,80	27,30	60,17	35,96	143,50
9	25,50	63,19	49,64	432,47	63,75	67,45	51,03	48,66	65,32		52,54	65,63	35,67	97,05	450,20	67,89	34,67	49,00	495,50	57,43	71,38	51,29	67,52	65,52	31,87	153,21
10	34,27	92,44	3,14	413,70	14,05	15,75	19,36	19,55	15,63	52,54		47,59	19,54	131,20	432,04	23,74	18,85	3,57	476,38	25,64	98,88	10,51	21,47	47,61	21,41	135,09
11	65,85	124,86	48,42	371,44	41,58	46,60	28,46	28,99	60,13	65,63	47,59		40,53	161,42	389,52	32,85	43,74	47,68	434,38	22,22	67,66	37,11	35,65	0,16	45,04	91,12
12	25,91	86,22	17,52	411,83	28,35	32,54	16,58	14,46	34,86	35,67	19,54	40,53		124,03	429,95	32,43	3,24	16,61	474,74	24,18	80,78	15,65	31,88	40,48	4,91	131,59
13	98,67	38,82	128,22	529,18	145,24	146,20	140,45	138,45	134,84	97,05	131,20	161,42	124,03		546,78	153,84	121,37	128,20	592,19	148,21	156,22	136,36	152,15	161,32	119,13	250,26
14	455,34	512,88	434,02	18,87	420,13	422,45	415,77	417,06	438,34	450,20	432,04	389,52	429,95	546,78		409,06	433,12	433,54	45,79	407,97	396,61	422,93	411,85	389,58	434,54	298,41
15	55,44	115,26	26,30	390,65	11,17	14,80	17,36	19,73	30,35	67,89	23,74	32,85	32,43	153,84	409,06		34,15	26,11	453,24	14,37	96,27	17,68	3,09	32,93	36,85	113,25
16	22,98	83,41	16,45	414,99	29,08	32,89	19,09	17,11	33,69	34,67	18,85	43,74	3,24	121,37	433,12	34,15		15,61	477,89	26,87	82,96	16,81	33,35	43,69	2,80	134,77
17	30,87	89,49	0,94	415,23	17,13	19,24	19,22	18,97	18,25	49,00	3,57	47,68	16,61	128,20	433,54	26,11	15,61		477,95	26,19	96,71	10,80	24,08	47,68	18,07	136,20
18	500,23	558,07	478,41	63,03	464,27	466,45	460,37	461,71	482,29	495,50	476,38	434,38	474,74	592,19	45,79	453,24	477,89	477,95		452,53	442,36	467,40	456,00	434,44	479,37	343,33
19	49,81	110,28	26,84	389,72	20,05	25,39	7,96	9,76	37,97	57,43	25,64	22,22	24,18	148,21	407,97	14,37	26,87	26,19	452,53		82,09	15,40	16,18	22,25	29,08	110,20
20	91,99	129,84	97,66	379,74	100,91	106,35	82,81	81,34	114,48	71,38	98,88	67,66	80,78	156,22	396,61	96,27	82,96	96,71	442,36	82,09		90,27	98,27	67,51	81,66	113,98
21	37,82	97,90	11,45	404,64	12,85	17,54	8,87	9,35	24,80	51,29	10,51	37,11	15,65	136,36	422,93	17,68	16,81	10,80	467,40	15,40	90,27		16,58	37,13	19,59	125,44
22	54,01	113,50	24,19	393,43	8,28	11,71	17,84	20,12	27,30	67,52	21,47	35,65	31,88	152,15	411,85	3,09	33,35	24,08	456,00	16,18	98,27	16,58		35,73	36,10	116,24
23	65,79	124,78	48,43	371,50	41,64	46,67	28,47	28,98	60,17	65,52	47,61	0,16	40,48	161,32	389,58	32,93	43,69	47,68	434,44	22,25	67,51	37,13	35,73		44,98	91,17
24	21,07	81,32	18,88	416,44	31,89	35,66	21,43	19,35	35,96	31,87	21,41	45,04	4,91	119,13	434,54	36,85	2,80	18,07	479,37	29,08	81,66	19,59	36,10	44,98		136,15
25	156,93	215,05	136,77	280,36	124,40	127,60	117,84	118,99	143,50	153,21	135,09	91,12	131,59	250,26	298,41	113,25	134,77	136,20	343,33	110,20	113,98	125,44	116,24	91,17	136,15	

Porém, utilizar apenas o “método do grande círculo” não é suficiente para quantificar a distância percorrida na realidade. As localidades são ligadas através de ruas ou rodovias, o que implica que dois pontos não podem ser percorridos por uma “linha reta” (ou seja, não há um caminho que ligue diretamente dois pontos pelo menor caminho possível, como faz a teoria). Assim, é necessário que se multiplique as distâncias teóricas por um fator maior que 1, a fim de que isto traduza a distância real.

No âmbito deste tema, Novaes (1989) discute modelos de regressão simples que tentam ajustar a distância teórica (chamada por ele de distância euclidiana, medida por uma linha reta entre dois pontos, sem a utilização do método do grande círculo) à real, através de um estudo feito com 110 ligações rodoviárias e 33 ligações ferroviárias do estado de São Paulo. No que tange ao analisado para rodovias, ele apresenta retas de melhor ajuste para casos de distâncias euclidianas superiores e inferiores a 60 Km:

$$D = 23{,}9 + 1{,}11\overline{DE}\ ,\ \overline{DE} \geq 60Km$$

$$D = 1{,}48\overline{DE}\ ,\ \overline{DE} < 60Km$$

O estudo, realizado na década de 70, apresentou bons resultados e coeficiente de correlação $R^2 = 0{,}989$, se aproximando da correlação linear perfeita, o que garante grande fidedignidade ao que ocorre na prática.

Ballou (2005) também aborda esta questão da diferença entre a distância real e a teórica. Ele sugere a utilização do fator de sinuosidade e apresenta uma tabela que é o resultado de um estudo feito para o cálculo do fator médio de circuito para vários países, com base em amostras coletadas. Apresenta ainda, uma espécie de regra: quando se utiliza a distância linear simples (euclidiana) entre dois pontos, deve-se utilizar o fator multiplicativo 1,21 para rodovias e 1,24 para ferrovias; porém, quando se utiliza o método do grande círculo, é indicado o uso dos coeficientes obtidos em seu estudo.

A tabela 4 apresenta os países para os quais o estudo foi realizado, evidenciando a quantidade de amostras (pontos de coleta de dados), o fator médio de circuito (obtido pela divisão do trajeto realmente realizado pela distância calculada pela fórmula do método do grande círculo) e o desvio-padrão.

Tabela 4: Tabela de fator médio de circuito por país (Ballou *et al*., 2002)

País	Número de pontos	Fator médio de circuito	Desvio-Padrão
África do Sul	91	1,23	0,12
Arábia Saudita	21	1,34	0,19
Argentina	66	1,22	0,15
Austrália	77	1,28	0,17
Bielorússia	21	1,12	0,05
Brasil	**120**	**1,23**	**0,11**
Canadá	49	1,30	0,10
China	66	1,33	0,34
Egito	21	2,10	1,96
Estados Unidos	299	1,20	0,17
Alemanha	31	1,32	0,95
Espanha	61	1,58	0,80
França	9	1,65	0,46
Inglaterra	37	1,40	0,66
Itália	11	1,18	0,10
Hungria	36	1,35	0,25
Índia	105	1,31	0,21
Indonésia	16	1,43	0,34
Japão	36	1,41	0,15
México	49	1,46	0,43
Nova Zelândia	4	2,05	1,63
Polônia	45	1,21	0,09
Rússia	78	1,37	0,26
Tailândia	28	1,42	0,44
Ucrânia	36	1,29	0,12

Neste caso, será utilizado o fator de sinuosidade para o Brasil, proposto por Ballou, pois, além de estar lidando com o método do grande círculo – para o qual é mais indicado este fator multiplicativo, segundo o mesmo -, o estudo é mais recente, o que pode trazer um resultado mais verossímil com a realidade atual, haja visto as mudanças ocorridas no trânsito e nas vias nas últimas décadas.

Sendo assim, a nova tabela de distâncias será aquela multiplicada pelo fator de 1,23 em todas as suas células, embora o desvio padrão sugira um intervalo de fatores de circuito.

5.2. Demais dados pertinentes ao problema

Sabendo a localização de cada um dos possíveis fornecedores e, consequentemente, todas as distâncias entre eles, podemos elencar quais outros dados são necessários para que possamos trabalhar na resolução do caso. Conforme, o próprio modelo proposto, os outros parâmetros são:

- Capacidade dos veículos

A transportadora contratada trabalha com 5 tipos de veículos, possuindo frota ilimitada. Ou seja, o *mix* de veículos a ser utilizado pode contar com qualquer quantidade de qualquer um dos tipos de veículos, na proporção necessária.

A tabela 5 apresenta os 5 tipos de veículo e suas respectivas capacidades.

Tabela 5: Tipos de veículo e suas respectivas capacidades

Tipo de veículo	Capacidade
Sprinter	1 tonelada
910	3 toneladas
Toco	6 toneladas
Truck	12 toneladas
Carreta	24 toneladas

Neste ponto, é necessário abordar que a análise se limitará às restrições de capacidade dos veículos e não às de volume, haja visto que os materiais ou equipamentos a serem coletados são densos. Ou seja, esta é uma premissa que será assumida para a realização do trabalho.

- Demandas

É fundamental que tenhamos as informações das demandas em cada um dos fornecedores para que possamos começar a elaborar a roteirização conforme a necessidade de caminhões para efetuar a coleta, sabendo para quais localidades devem ser enviados veículos, quais os tipos, e pertencentes a quais tipos de trecho. A demanda é o que vai reger cada uma das roteirizações, as quais planeja-se que sejam realizadas semanalmente.

- Custos

Como já foi abordado anteriormente, este problema possui um custeio não convencional pois não se baseia em custos fixos ou custos variáveis, mais sim em custos escalonados: há um patamar de custos para cada faixa de distância percorrida. Para melhor exemplificar o caso, a tabela 6 apresenta os custos aplicados no projeto, conforme o tipo de trecho percorrido e tipo de veículo. Vale ressaltar que os custos estão multiplicados por um fator devido à confidencialidade dos dados.

Tabela 6: Custos conforme cada tipo de veículo e faixa de distância percorrida

Distância(km)	*Carreta (24 t)*	*Truck (12t)*	*Toco (6t)*	*910 (3t)*	*Sprinter (1t)*
D <= 50	R$ 1.543,50	R$ 956,97	R$ 710,01	R$ 617,40	R$ 493,92
50 < D <= 100	R$ 1.543,50	R$ 1.296,54	R$ 895,23	R$ 771,75	R$ 617,40
100 < D <= 200	R$ 2.315,25	R$ 1.790,46	R$ 1.327,41	R$ 1.234,80	R$ 1.049,58
200 < D <= 300	R$ 2.623,95	R$ 2.160,90	R$ 1.790,46	R$ 1.543,50	R$ 1.358,28
D > 300	R$ 8,75/km	R$ 7,20/km	R$ 5,97/km	R$ 5,15/km	R$ 4,53/km

A tabela apresenta que, para cada faixa de distâncias – também chamadas de tipo de trecho -, há um custo fixo dentro daquela mesma faixa, exceção feita quando a distância total percorrida por um veículo é superior a 300 Km, onde começa a valer o custeio variável.

Para melhor visualizar-se a situação, a figura 23 apresenta esta informação de maneira gráfica.

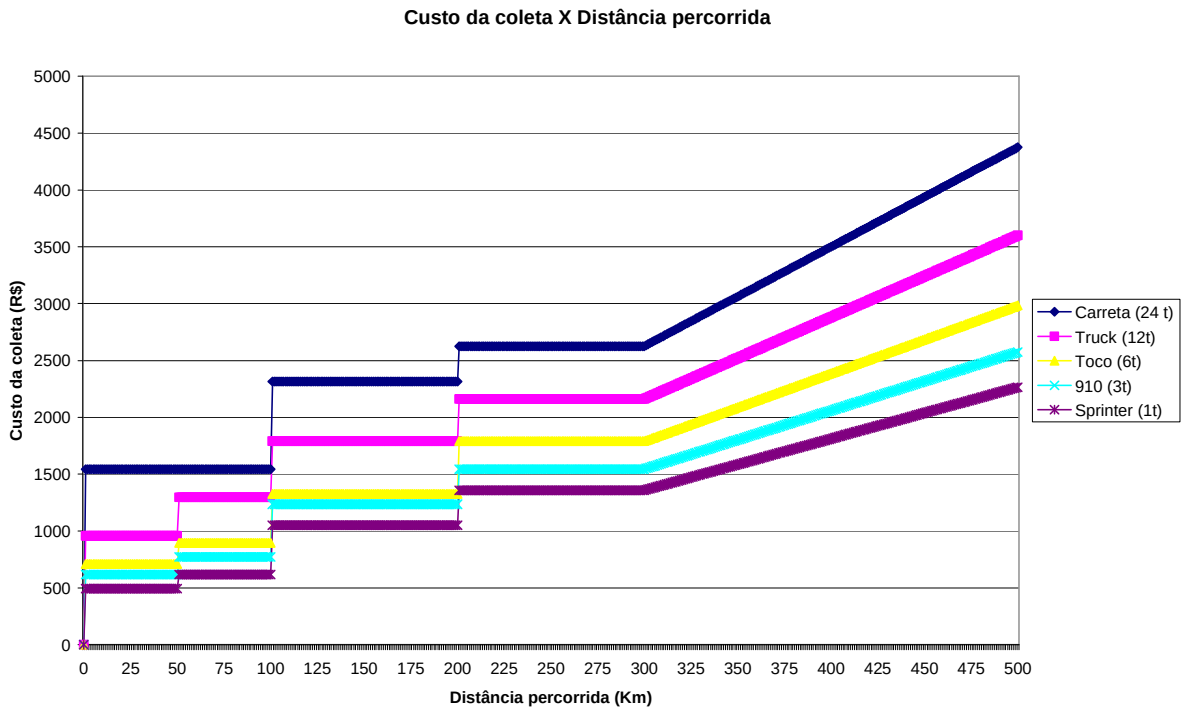

Figura 23: Função de custos com descontinuidade presente neste problema

- <u>Janelas de tempo</u>

São necessários os limites mínimos e máximos de horário dentre os quais o caminhão pode iniciar as suas atividades em um fornecedor ou no centro de distribuição. Este intervalo entre os limites é o que se chama de janela de tempo.

Será definido, por simplificação, o intervalo de 6h às 22h para o CD (sendo o horário de fim desta janela, facilmente ajustável para eventualidades) e o intervalo das 6h às 17h para os fornecedores.

- Tempos

O tempo de carregamento em cada fornecedor será estabelecido como um valor fixo de espera mais um valor variável conforme a quantidade de carga a ser coletada. O tempo de deslocamento de um veículo entre dois pontos será calculado pela distância entre os dois pontos – como mostra a tabela 3 -, dividida por uma velocidade média do percurso.

- Número de veículos e número de fornecedores

O número de fornecedores será dado do problema: todos aqueles fornecedores cuja demanda não é nula. O número de veículos a ser utilizado será definido pelo próprio modelo como aqueles que não tiverem sua capacidade utilizada.

Tendo em mãos todos estes dados, o próximo passo é, a partir do modelo abordado nas seções 4.6 e 4.7, programá-lo em algum *software* de otimização com vistas à obtenção de uma solução exata para o problema.

O próximo capítulo abordará a questão da programação do modelo, que se valerá dos parâmetros e dados acima discorridos para chegarmos à solução requerida.

6. RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Nesta seção, serão descritos os passos seguidos para a programação e resolução do problema aqui abordado. Serão explicadas as hipóteses assumidas bem como as dificuldades encontradas para se encontrar a melhor solução. Os passos da implementação computacional também serão explicados.

6.1. Programação e resolução exata do modelo

Nesta seção será abordada a programação do modelo em *software* de otimização para a obtenção da solução exata, tomando por base o modelo proposto e explicado nas seções 4.7 e 4.8 do presente trabalho. Como já foi abordado, este tipo de problema é *NP-hard*. Para a tentativa de resolução exata e validação do modelo proposto, inicialmente foi modelado uma situação básica: uma malha com apenas 4 fornecedores a serem roteirizados.

Nesta etapa, foi necessária a escolha de um *software* no qual fosse possível a modelagem matemática. Foi escolhido o software *Xpress MP* da *Dash Optimization*, disponível no laboratório de informática da Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. Esta escolha foi devida à interface amigável do software, ao prévio conhecimento da linguagem do programa – pois o mesmo já havia sido utilizado pelo autor – e também à recente difusão do mesmo no meio acadêmico.

A malha de teste proposta é a que segue na figura 24.

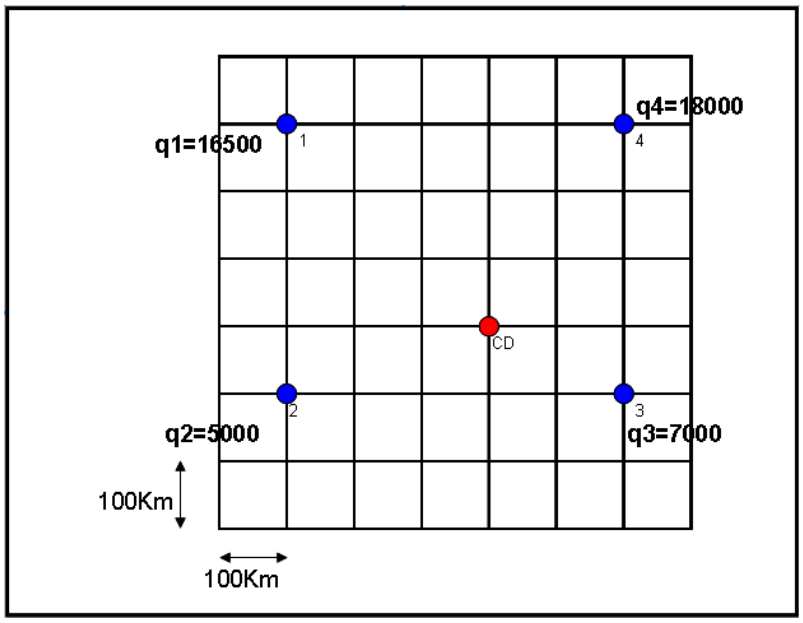

Figura 24: Malha de testes, com localização dos fornecedores e demandas

Para este exemplo da figura 24, a matriz de distâncias entre os pontos da malha é a da tabela 7:

Tabela 7: Distâncias entre os pontos da malha de teste(valores em km)

	CD	F1	F2	F3	F4
CD	0	426	316	224	361
F1	426	0	400	640	500
F2	316	400	0	500	640
F3	224	640	500	0	400
F4	361	500	640	400	0

As janelas de tempo propostas são de 6h às 22h no centro de distribuição e de 6h às 17h nos demais pontos. A capacidade dos veículos é idêntica àquela apresentada na tabela 5 e os custos àqueles da tabela 6.

A seguir, foi elaborada a programação no *Xpress*, em linguagem *mosel*, como pode ser vista no Apêndice A.

O arquivo de inicialização consta no Apêndice B e o resultado impresso no Apêndice C.

O resumo da otimização, por meio de suas estatísticas é trazido pela figura 25, oriunda da tela do próprio programa.

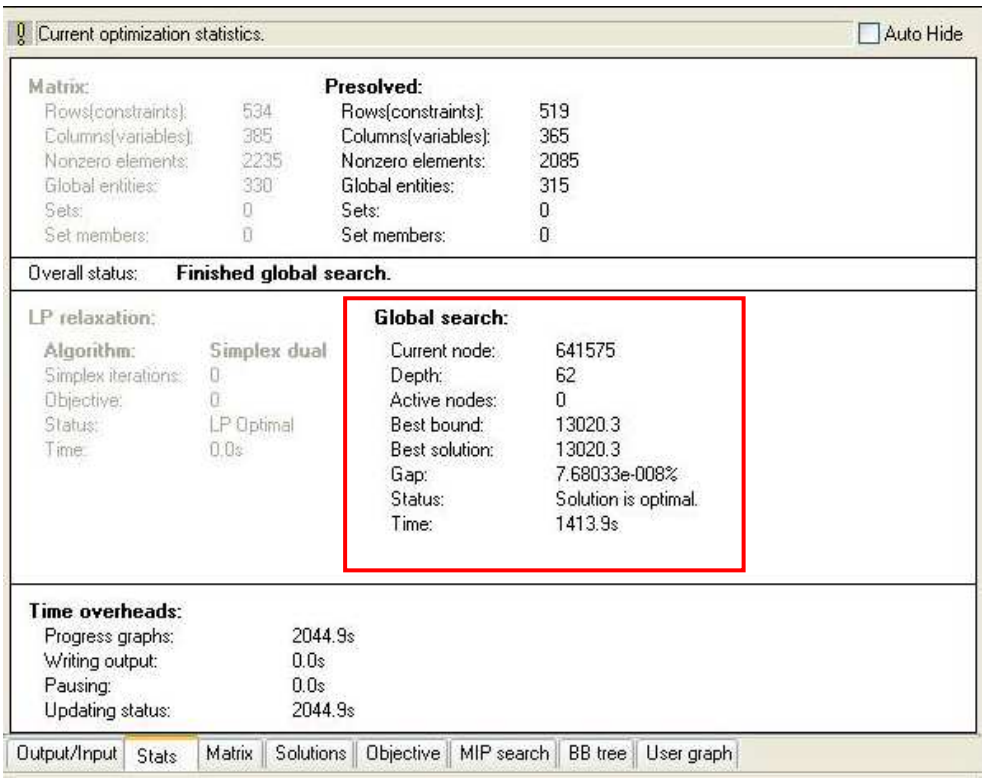

Figura 25: Resultado da otimização da malha de teste

O Apêndice C mostra que a programação matemática traduziu o que a formulação propunha e trouxe um resultado bastante coerente, que realmente otimiza o caso desta malha de teste.

Mas pode-se perceber que para uma malha simples, houve a necessidade de cerca de 24 minutos. Sabendo-se que o tempo para resolução de um problema deste tipo é exponencial, podemos concluir que para o porte de nosso problema, o método exato não é aplicável.

Para se ter uma idéia do quão demorado este modelo poderia ser, fez-se o experimento de utilizar a modelagem para quantidades de fornecedores de 1 até 4, para verificar qual seria o melhor modelo de aproximação para o modelo em análise. Assim, obteve-se os tempos da tabela 8:

Tabela 8: Tempo de execução da modelagem em relação à quantidade de fornecedores

Número de fornecedores	Tempo (s)
1	3,7
2	7,4
3	485,7
4	1413,9

Os tempos utilizados na tabela 8 podem ser conferidos nos resultados apresentados Apêndice D.

Importante salientar que, no caso de uma real análise estatística mais acurada, deveriam ser feitos alguns testes de repetição para considerarmos a média e o desvio-padrão dos tempos de execução. Porém o intuito aqui é apenas validar a hipótese dos tempos não serem incrementados de forma linear ou outra, mas sim de forma exponencial. Apesar disso, os valores utilizados podem se mostrar bem consistentes pelo fato de sempre serem obtidos resultados de tempo muito próximos para um mesmo caso executado em um mesmo computador.

Utilizando os dados da tabela 8, recorremos ao *Microsoft Excel* para obter gráficos de aproximação dos dados obtidos com modelos exponenciais e potenciais, bem como os coeficientes de correlação dos dados com estes modelos. O resultado é apresentado nas figuras 26 e 27, com número de fornecedores no eixo horizontal e tempo de execução no eixo vertical.

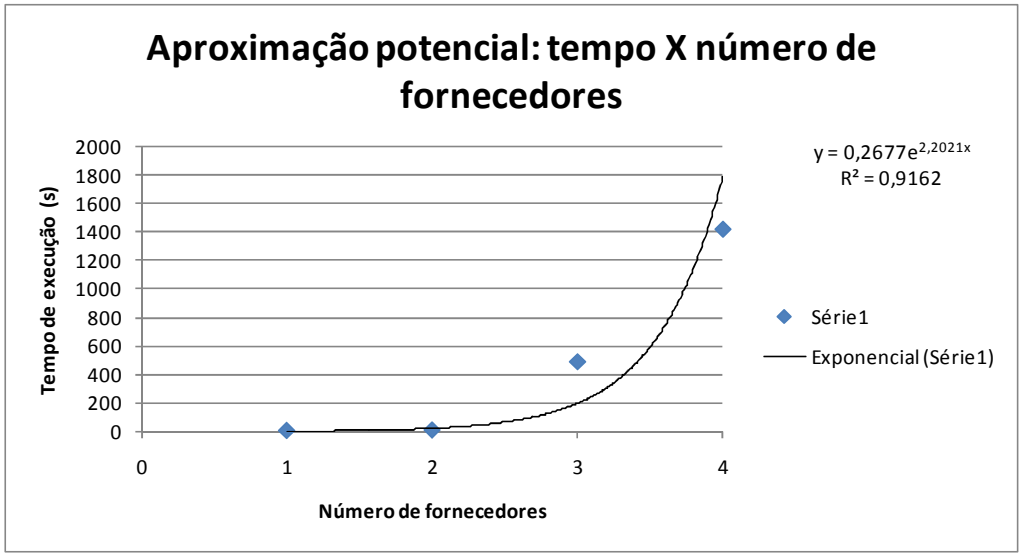

Figura 26: Resultado da aproximação dos experimentos a um modelo exponencial

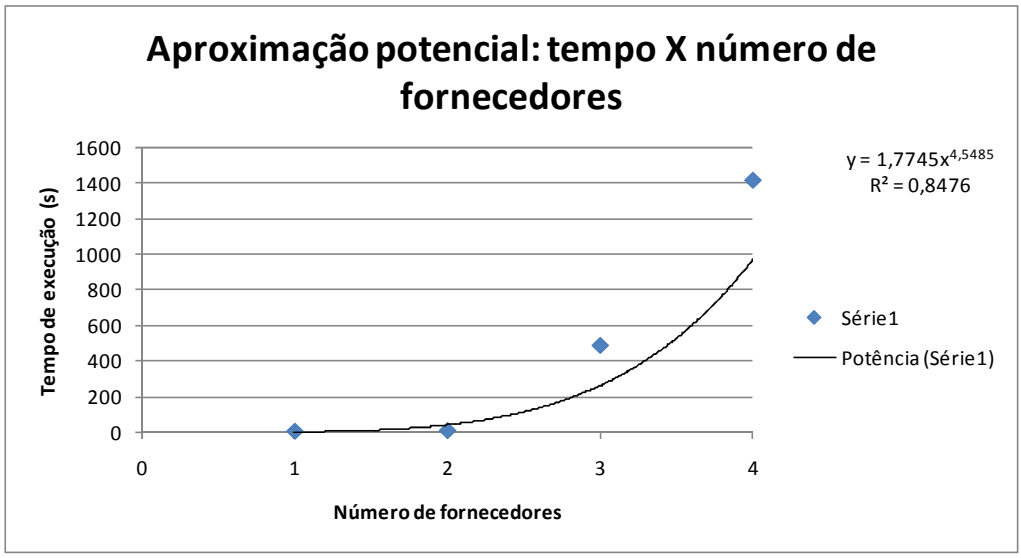

Figura 27: Resultado da aproximação dos experimentos a um modelo potencial

O *Microsoft Excel* fornece ainda as equações de aproximação e o coeficiente de correlação com as mesmas. Por esta breve análise, podemos verificar que os dados se ajustam melhor a um modelo exponencial realmente, confirmando a hipótese do *NP-hard*, pois o coeficiente de correlação da aproximação exponencial é mais próximo a 1 – correlação positiva perfeita –, ou seja, o valor 0,9162 para o coeficiente de correlação[5] indica uma correlação bem forte entre os dados e o modelo exponencial. O *Microsoft Excel* se vale do

[5] O coeficiente de correlação mede o ajuste dos pontos experimentais à curva de ajuste. Quanto mais próximo a 1 estiver seu valor, mais positiva é a correlação, ou seja, mais adequado a tal modelo os experimentos estão.

método dos mínimos quadrados para determinar a função de aproximação exponencial e de métodos numéricos iterativos para resolver os problemas que não são lineares.

Utilizando a função $y = 0{,}2677e^{2{,}2021x}$, gerada no mesmo gráfico como a equação de aproximação exponencial e atribuindo os valores de fornecedores de 5 a 12, obtemos os valores da tabela 9.

Tabela 9: Estimativas de tempo de execução

Número de fornecedores	Tempo (s)
5	16197,492
6	146489,89
7	1,32E+06
8	1,20E+07
9	1,08E+08
10	9,80E+08
11	8,86E+09
12	8,02E+10

Assim, considerando estas estimativas, pode-se verificar, na prática, que o método exato não será aplicável para a resolução do problema. Portanto, o próximo passo é utilizar um método heurístico que solucione, de um modo prático e rápido este problema.

6.2. Heurística a ser utilizada e adaptações

Com base na revisão bibliográfica, e especialmente no trabalho de Belfiore (2006), pode-se perceber que existem algumas heurísticas já desenvolvidas e habitualmente utilizadas para problemas de roteirização de veículos. Belfiore(2006) aplica algumas delas e obtém, em seu trabalho, um melhor resultado com a heurística de inserção de Dullaert(2002), que por sua vez teve suas idéias oriundas de Solomon(1987). Por promover os maiores ganhos no trabalho de Belfiore(2006), que possui vários traços similares com este trabalho, será utilizada a heurística de Dullaert(2002) para a resolução do presente problema.

Serão necessárias algumas adaptações com relação à heurística original pois ela não trabalha com coleta fracionada e também não apresenta as questões dos custos escalonados.

Esta heurística é classificada como construtiva e de inserção. Uma heurística construtiva pode ser definida como aquela que constrói uma rota partindo de uma solução vazia, considerando apenas o próximo passo, com critério de escolha basicamente local até

atingir a rota completa(CAMPELLO & MACULLAN, 1994) apud (CORDENONSI, 2008). E é dita como de inserção por objetivar incluir fornecedores dentro da rota já formada a fim de maximizar a utilização da capacidade do veículo que se está utilizando, ou do capital que se está investindo nesta rota. Ou seja, a inserção visa minimizar a ociosidade.

Em seu trabalho, Dullaert(2002) inicia cada rota com o critério do fornecedor mais distante a ser incluído e com o menor veículo disponível. Isso evita que, em uma última rota apenas restem os fornecedores mais distantes para serem roteados e, além disso, com esta inicialização o veículo tem um caminho longo de ida e de volta no qual outros fornecedores poderão ser incluídos no trajeto caso respeitem os limites de carga e de janelas de tempo.

Após inicializar a rota de um veículo, o critério do fornecedor a ser inserido na rota é ser o menor valor de uma ponderação que considera o acréscimo de distância na rota, o acréscimo de tempo e a possível alteração de custo fixo do veículo utilizado.

$$c_1(i,u,j) = \alpha_1 c_{11}(i,u,j) + \alpha_2 c_{12}(i,u,j) + \alpha_3 c_{13}(i,u,j)$$

onde:

$c_{11}(i,u,j) = d_{iu} + d_{uj} - \mu d_{ij}, \mu \geq 0$ - termo responsável pelo acréscimo de distância

$c_{12}(i,u,j) = b_j^{new} - b_j$ - termo responsável pelo acréscimo de tempo

$c_{13}(i,u,j) = F(z_i) + F(z_j) - F(z_i + z_j)$ - termo responsável pela alteração de custo fixo do veículo

sendo:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: pesos para ponderação, respectivamente, dos temos c_1, c_2 e c_3

d_{ij}: distância entre os pontos *i* e *j*

b_j: instante de início do atendimento de *j* pelo veículo em questão (antes da inserção)

b_j^{new}: instante de início do atendimento de *j* pelo veículo em questão (depois da inserção)

$F(z_i)$: custo fixo do menor veículo que comporta a carga *z* a ser pega no fornecedor *i*

μ: multiplicador que indica que a desvantagem(vantagem) de retirar esta rota pode ser maior do que a simples distância entre os nós (por exemplo, se a rota possui pontos de parada e de abastecimento e é bem asfaltada, μ poderia assumir um valor maior que 1, indicando que há

uma desvantagem maior que somente a distância entre os pontos em retirar esse arco do roteiro)

Essa ponderação indicará onde inserir um novo fornecedor, ou seja, entre quais fornecedores *i* e *j* (já roteados sequencialmente podendo, no início, um deles ser o CD) cada um dos fornecedores *u* ainda não roteados devem ser inseridos. O acréscimo de distância a ser percorrida é dado pelo valor de c_{11}, que é a diferença entre a soma das distâncias entre os fornecedores já roteados até *u* menos a distância entre *i* e *j*, cujo caminho direto não será mais feito com a inclusão. O acréscimo de tempo total na rota com a inserção desse fornecedor *u* é dado por c_{12} - que nada mais é senão a diferença entre os instantes de término do roteiro – e o acréscimo com o custo fixo do veículo utilizado, por c_{13}, onde podemos quantificar o quanto pode se ganhar com a união de mais um fornecedor na rota.

Nesta primeira etapa, abre-se cada um dos ramos da rota já estabelecida e analisa-se os fornecedores ainda não roteados. Deste modo, é definido entre quais pontos *i* e *j* já roteados é o melhor lugar para se incluir um novo fornecedor, ou seja, o de menor c_1. Vale ressaltar que nessa fase foram definidos os melhores *i* e *j* para cada *u* ainda não roteado e na segunda etapa, escolhe-se qual *u* será incluído nesta rota, e pelo critério c_1 já se saberá onde incluí-lo . O critério c_2 tenta maximizar os benefícios da inserção e é definido por:

$$c_2(i,u,j) = \lambda(d_{0u} + t_{0u}) + s_u + F(z_u) - c_1(i,u,j), \lambda \geq 0$$

sendo:

t_{0u} : tempo de percurso entre o centro de distribuição e o fornecedor *u*

s_u : tempo de serviço do ponto *u*

λ : multiplicador que leva em consideração não somente a própria distância e tempo de ir do CD até o fornecedor *u*, análogo ao raciocínio de μ no critério 1.

Os demais termos continuam com o mesmo significado da primeira etapa.

O critério c_2 verifica, qual o melhor *u* a ser inserido, tendo em vista que já se sabe qual é o melhor arco *i-j* onde inseri-lo. Será inserido o fornecedor *u** que apresentar o maior valor de c_2. A primeira parte traduz a ponderação que representa enviar um veículo do CD para coletar a carga em *u*. A segunda parte, $c_1(i,u,j)$, apresenta a subtração do critério 1.

Assim, a maior diferença entre coletar utilizando um veículo vindo do CD até *u* e uni-lo à rota do presente veículo, que resulta no critério 2, indica o fornecedor a ser incluso.

Quando não há mais fornecedor que estabeleça uma inserção factível, é aberta uma nova rota. Para melhor entendimento, a figura 28, extraída de Belfiore(2006), apresenta as etapas do algoritmo de Dullaert(2002) original.

Passo 1

- Para cada fornecedor:

Enquanto a demanda remanescente for maior do que a capacidade do maior veículo capaz de atender o fornecedor **faça**

Envie um caminhão deste tipo com carga completa

Recalcule a demanda remanescente

Fim enquanto

Passo 2:

Baseado na demanda remanescente

Programa Principal

Enquanto houver fornecedor ainda não alocado **faça**

Executar Rotina Início de Rota

Enquanto for possível inserir fornecedor na rota em construção **faça**

Executa Rotina Verificação se o fornecedor *u* ainda não alocado é viável e escolha do novo veículo

Executa Rotina Escolha da melhor posição para cada fornecedor *u* viável

Executa Rotina Escolha do melhor fornecedor *u** a ser inserido

Fim enquanto

Fim enquanto

Início Rotina Início de Rota

Escolhe-se fornecedor *u* mais distante ainda não alocado

Tipo de veículo = menor veículo viável capaz de atender a demanda do fornecedor *u*

Fim Rotina Início de Rota

Início Rotina Verificação se o fornecedor *u* ainda não alocado é viável e escolha do novo veículo

Tipo de veículo = menor veículo viável (em termos de capacidade e tipo de veículo) capaz de atender a demanda da rota

Fim Rotina Verificação se o fornecedor *u* ainda não alocado é viável e escolha do novo veículo

Início Rotina Escolha da melhor posição para cada fornecedor *u* viável

Enquanto houver um fornecedor u viável ainda não alocado faça

Passo 1: calcular c_1 para cada arco com fornecedores i e j roteados consecutivamente

$$c_1(i,u,j) = \alpha_1 c_{11}(i,u,j) + \alpha_2 c_{12}(i,u,j) + \alpha_3 c_{13}(i,u,j)$$

Passo 2: calcular a melhor posição para cada fornecedor *u*, que é aquela que minimiza o acréscimo de distância, tempo e custo fixo do veículo

$$c_1(i(u),u,j(u)) = \min_p [c_1(i_{p-1},u,i_p)],\ p = 1,\ldots,m$$

Fim Rotina Escolha da melhor posição para cada fornecedor *u* viável

Início Rota Escolha do melhor fornecedor u* a ser inserido

$$c_2(i,u^*,j) = \max_u [c_2(i,u,j)]$$ *u* ainda não selecionado e factível

$$c_2(i,u,j) = \lambda(d_{0u} + t_{0u}) + s_u + F(z_u) - c_1(i,u,j), \lambda \geq 0$$

Fim Rotina Escolha do melhor fornecedor u* a ser inserido

Figura 28: Descrição do algoritmo de Dullaert(2002), extraída de Belfiore (2006)

No caso do problema abordado neste trabalho, aplicaremos o mesmo raciocínio de inserção mas com algumas modificações. Inicialmente, como há pontos nos quais a demanda a ser coletada é maior do que a capacidade do maior veículo disponível (carreta, de capacidade de 24 toneladas), iremos enviar o número de carretas necessário para terem sua capacidade total utilizada até que a demanda restante nesse fornecedor seja menor que 24 toneladas. Este ato de lotar um veículo com a carga de um só consumidor chama-se *truckload* e é o mais vantajoso pois a carreta é o veículo que apresenta o menor custo por Km rodado por Kg de material coletado.

Há ainda casos onde não é possível coletar a carga dentro da janela de tempo que se tem, devido às grandes distâncias entre o centro de distribuição e o fornecedor. Estas são chamadas coletas especiais, que devem ser programadas de outra forma, dentro de condições específicas e, portanto, estes fornecedores devem ser excluídos da roteirização e devem ser enviados veículos dedicados aos mesmos. Estas duas etapas supra-citadas compõem a pré-roteirização.

As duas etapas de cálculos c_1 e c_2 foram condensadas em uma única etapa de cálculos, que analisa qual o melhor fornecedor a ser inserido e o melhor local de inserção para o mesmo. Isto se deve às características de custo e também para a simplificação de sua aplicação e modelagem. Ou seja, não haverá a necessidade de duas etapas, como no algoritmo original.

Para melhor ser entendido o raciocínio contido nesta adaptação do algoritmo, a descrição do mesmo pode ser vista na figura 29.

PRÉ-ROTEIRIZAÇÃO
Para cada fornecedor
    Enquanto demanda remanescente no fornecedor for maior que a capacidade do maior veículo (no caso, 24000 Kg) **faça**
    Truckload com carreta
    Retire essa demanda do fornecedor
    Recalcule a demanda remanescente
    Fim enquanto
Fim para

Para cada fornecedor
    Se janela de tempo é infringida quando se atende a um único fornecedor **faça**
    Realize coleta especial
    Retire este fornecedor e sua demanda do roteamento
    Fim se
Fim para

ROTINA PRINCIPAL
Enquanto a demanda não roteada em um período > 0 **faça**
    Executa Rotina Início de Rota
    Enquanto maior ganho > 0 **faça**
        Para cada fornecedor ainda não roteado
            Para cada arco com fornecedores roteados consecutivamente no atual veículo
                Executa Rotina de Verificação da janela de tempo
                Se inclusão do fornecedor ainda não roteado respeita janela de tempo
                Se soma de demanda atual do veículo mais a deste fornecedor <= 24000
                Executa Rotina calcular ganho
                Senão
                Executa Rotina calcular ganho (para coleta fracionada, lotando veículo)
                Fim se
                Fim se
                Fim para
        Fim para
        Executar Rotina Maior Ganho
        Se maior ganho > 0
        Incluir fornecedor de maior ganho na respectiva posição
        Somar tempo de percurso e de carregamento, distância e carga ao atual veículo
        Retirar esta demanda roteada do fornecedor *u* roteado
        Recalcular demanda remanescente
        Fim se
    Fim enquanto
Fim enquanto

Início Rotina Início de Rota
    Escolhe-se fornecedor *u* mais distante ainda não alocado
    Tipo de veículo = menor veículo viável capaz de atender a demanda do fornecedor *u*
    Recalcular demanda remanescente
Fim Rotina Início de Rota

Início Rotina de Verificação da janela de tempo
    Somar instante inicial da rota do atual veículo com todos os tempos de atendimento dos fornecedores já inclusos em sua rota até então.
    Somar o tempo necessário para sair do ponto *i*, início do arco em que está sendo analisada a inclusão, até o fornecedor *u*, que se quer incluir, ao valor calculado no passo anterior
    Verificar se é extrapolada a janela de tempo do fornecedor *u*
Fim Rotina de Verificação da janela de tempo

Início Rotina Calcular Ganho
    Ganho = Custo da situação atual do veículo + custo para rotear fornecedor em análise sozinho - custo de inclusão deste fornecedor *u* na rota do atual veículo
    Guardar este valor
Fim Rotina Calcular Ganho

Início Rotina Maior Ganho
    Verificar entre todos os valores guardados de ganhos nas inclusões dos factíveis *u* neste veículo (nesta rodada de análise) qual é o maior. Caso dois fornecedores incorram em mesma distância, opta-se por aquele que minimize a distância total percorrida do veículo.
Fim Rotina Maior Ganho

Figura 29: Descrição do algoritmo de Dullaert(2002) adaptado pelo autor

As duas etapas de pré-processamento – *truckload* e coletas especiais – já foram abordadas. Retirando as demandas de *truckload* e as coletas especiais, que não atendem às janelas de tempo, podemos ter certeza que qualquer outro ponto poderá ter sua demanda integralmente pega no início de uma rota. Com relação ao critério de inicialização da rota de cada um dos veículos, não há alteração: utiliza-se o fornecedor mais distante ainda não roteado.

Para a escolha do próximo fornecedor a entrar na rota deste veículo, o algoritmo calcula para todos aqueles fornecedores que ainda não foram roteados – e que atendam à janela de tempo – o ganho que se tem ao acrescentá-lo em determinada posição, ou seja, entre dois fornecedores adjacentes já roteados. Este ganho pode ser entendido como a diferença entre o gasto de se manter a rota atual mais a alocação um novo veículo somente para este fornecedor que se deseja incluir menos o gasto que se teria caso se alocasse este fornecedor no atual veículo. Quando a capacidade do maior veículo não é excedida com a entrada deste novo fornecedor, calcula-se o ganho para uma coleta típica. Caso a capacidade do maior veículo seja excedida, calcula-se este mesmo ganho para uma coleta fracionada, ou seja, para lotar uma carreta (pegar a carga necessária para chegar a 24 toneladas) e ainda termos uma determinada quantidade a ser pega por um outro veículo neste determinado fornecedor.

Assim, com esta formulação, percebemos que a coleta fracionada somente é possível de acontecer na carreta pois, em termos gerais, compensa-se mais trabalhar com veículos maiores e preenchê-los integralmente, caso as restrições sejam atendidas.

O maior ganho nesta operação resulta no fornecedor a ser inserido. Caso não haja nenhum ganho positivo – ou porque as restrições não foram atendidas ou porque não há mais nenhuma inclusão que compense no atual veículo -, inicia-se um novo veículo e começa-se novamente este procedimento.

Quando ocorre de dois pontos analisados fornecerem o mesmo ganho, opta-se por aquele que minimiza a distância total a ser percorrida. Por causa dos valores serem associados a faixas de distância nos 4 menores tipos de veículo pode acontecer que, para distâncias percorridas distintas, obtenha-se o mesmo valor a ser gasto. Esse cálculo pode ser considerado análogo ao c_{11}.

6.3. Implementação computacional da heurística

Para a implementação desta heurística será utilizada a linguagem VBA (*Visual Basic for Applications*) no *Microsoft Excel*. As etapas do algoritmo expresso na figura 29 serão traduzidas em linguagem computacional para que, com a inserção dos dados, as macros construídas executem a roteirização.

A partir de uma planilha com as demandas a serem pegas em determinada semana e da matriz de distâncias como a apresentada na tabela 3, porém somente com os fornecedores a serem atendidos naquela específica semana.

A matriz de distâncias de cada semana é obtida através de macro específica – como mostra o Apêndice E - , que seleciona apenas as linhas dos fornecedores daquela semana a partir da planilha total de distâncias (tabela 3), que já levou em conta o fator de sinuosidade.

Conforme o Apêndice F, a programação da heurística é composta por duas funções e uma rotina principal. A primeira função, intitulada “tipodeveiculo”, fornece o tipo de determinado veículo, dada a quantidade de carga que o mesmo deverá carregar. Ou seja, esta função é responsável por determinar o menor veículo que possa carregar toda a demanda prevista para o mesmo. A segunda função, de nome “custocam”, fornece o custo de determinado veículo em função de seu tipo e da distância que estará percorrendo. Ou seja, é a forma prática de se obter os dados apresentados na tabela 6, que consta de cinco tipos de trecho (sendo o último, de maior comprimento, aquele de custo variável) e cinco tipos de caminhão.

A seguir são expressas as variáveis utilizadas e uma breve definição das mesmas. Então são efetuadas as etapas de gravação dos dados a serem utilizados e a fase de pré-roteirização (*truckload* e cargas especiais) cujas demandas são descontadas para, na seqüência, ser iniciada a roteirização propriamente dita dos fornecedores na qual ela será passível de otimização. O critério de inicialização para o fornecedor mais distante é cumprido e então a formulação testa, para todos os fornecedores ainda não roteados desta semana – pois a análise de roteirização deste problema é feita semanalmente – qual é o melhor fornecedor a ser incluído e onde deve ser feita esta inclusão, onde ocorreria o maior ganho em termos de gastos menores com a inclusão do mesmo na rota do veículo atual.

Importante ressaltar neste ponto que os dados de demanda para a execução da programação são dados reais de um projeto, de duração de 94 semanas, cujo número de fornecedores máximo atendido em uma semana foi 27. Por isso na programação existem estes limites dentro das matrizes utilizadas e menção a planilhas de denominação semanal.

Quando incluído na rota, a atualização do roteiro do veículo é feita, incluindo o fornecedor recém-roteado na posição que lhe foi designada e adicionando uma posição àqueles que estão a sua frente no percurso.

São ainda, geradas planilhas com os resultados da formulação proposta, que gerarão, ao final, o gasto total com o projeto e serão fundamentais para a análise de viabilidade de aplicação da formulação proposta.

Uma melhor explicação do funcionamento do modelo pode ser acompanhada, passo a passo no Apêndice F.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo abordaremos as premissas utilizadas na elaboração do experimento computacional com vistas à obtenção dos resultados. Será realizado o comparativo entre a solução obtida na simulação e os valores reais para a validação do modelo proposto.

7.1. Premissas do experimento computacional heurístico

Para a modelagem da heurística utilizada foi adaptada a heurística de Dullaert(2002) para que a mesma estivesse nos moldes das características deste problema, possibilitando a coleta fracionada e o trabalho com os custos escalonados. Porém algumas outras premissas tiveram que ser levadas em conta para a obtenção dos resultados finais.

A primeira premissa é o valor da velocidade utilizada, assumida média em todo o percurso no qual o caminhão estiver em movimento. Conforme dados obtidos da transportadora, a velocidade média a ser considerada para os veículos é de 45Km/h, onde estão inclusos problemas comuns de trânsito numa região próxima à metropolitana do Estado. Há alguns trechos onde se anda com maior velocidade e outros com menor, pelo porte do veículo. Porém, conforme a transportadora pode-se utilizar o valor de 45 Km/h para todos os veículos sem perda de consistência das informações.

Outra questão importante a ser ressaltada é o valor das janelas de tempo. As janelas de tempo do problema não são tão estreitas e visam representar a realidade, na qual os fornecedores não aceitam iniciar o carregamento em um horário muito tarde. Isso evita que se utilize um mesmo veículo para realizar várias e pequenas coletas que demandariam muito tempo. Há alguns trabalhos onde as janelas de tempo são mais estreitas, implicando em uma maior dificuldade no roteamento, como ocorre no trabalho de Belfiore (2006). Em nosso caso, a janela de tempo é relativamente ampla e considerada das 6h às 17h para todos os fornecedores a serem roteados.

Com relação ao tempo de carregamento dos veículos, utilizou-se uma função para determinar o tempo gasto em cada um dos fornecedores. Esta função fornece o tempo em função da quantidade de carga a ser coletada e, conseqüentemente, carregada no veículo. Conforme dados da transportadora, uma carreta de 24 toneladas é carregada completamente em cerca de 3 horas. Sendo assim, numa divisão simples, temos que demora-se 0,125 minuto/t de carregamento. Além deste tempo variável, será assumido que, em qualquer coleta, por

menor que seja, gasta-se ao menos meia hora para procedimentos de espera, posicionamento e retirada do veículo e conferência de nota fiscal. Assim, chega-se à seguinte função:

$$\text{Tempo de carregamento} = 0{,}5 + 0{,}125.q \ \text{(em horas)}$$

Sendo q a quantidade de carga a ser pega no fornecedor, em toneladas.

Outra premissa é presumir que todo veículo sairá do CD às 6 horas da manhã para início das atividades. No CD há a possibilidade de flexibilidade das rotas, mas assumiu-se esse horário de partida por ser o início de turno de motoristas. Mas em coletas com cargas especiais, por exemplo, um caminhão pode sair mais cedo do CD com objetivo de chegar dentro da janela de tempo do fornecedor.

Coletas de *truckload* – lotar carreta com carga de um só fornecedor, modo mais barato de se rotear, por apresentar o menor custo por Km por tonelada – e coletas especiais – aquelas nas quais não se conseguiria atender um único fornecedor dentro de sua janela de tempo partindo do CD às 6h, por ser um ponto bem distante – são realizadas antes de começar-se a rotina de roteirização, para que a programação possa escolher todos os pontos que realmente estejam livres destas restrições.

Na elaboração desta solução, foram utilizados dados de um projeto de 94 semanas para que seja testada a consistência da aplicação em um projeto conforme uma demanda real e para posterior comparação com aquilo que de fato ocorreu. Como já dito anteriormente, os dados de demanda são reais, somente os valores de preço sofreram multiplicação por um fator de modo a manter sigilo dos gastos. Assim, para a utilização do algoritmo para apenas uma semana – que é o modo como se pretende aplicar esta formulação a um projeto, modificações nos parâmetros da formulação devem ser feitos. Foi estabelecido também o limite máximo de 27 fornecedores por ser o maior número de pontos a serem roteados dentro de uma semana nesse projeto.

Por definição, o CD foi sempre denominado 0 (zero) em todas as semanas e os outros pontos foram nomeados, seqüencialmente, de 1 até o número de fornecedores a serem roteados naquela semanas. Portanto, o fornecedor intitulado como “1” em uma semana não é, obrigatoriamente, o fornecedor “1” de uma semana subseqüente qualquer. Porém, foram tomados os devidos cuidados para a utilização das adequadas distâncias, referentes aos seus respectivos fornecedores durante os cálculos.

7.2. Resultados obtidos

Com a aplicação do algoritmo, por fim, obteve-se uma programação para os veículos, em duas partes. Uma considerando as viagens de pré-roteirização e outra considerando os veículos que sofrerão processo de roteirização em si. Assim, temos a elaboração de dois relatórios a partir dos dados gerados. As tabelas 10 e 11 apresentam uma visão parcial dos relatórios de pré-roteirização.

Tabela 10: Visão parcial do relatório de *truckload*

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
truckload	3	1	120000	5	910,69	Carreta
truckload	8	1	120000	5	410,65	Carreta
truckload	9	4	120000	5	410,65	Carreta
truckload	11	9	24000	1	231,11	Carreta
truckload	12	1	24000	1	86,92	Carreta
truckload	12	3	192000	8	910,69	Carreta
truckload	12	4	24000	1	45,96	Carreta
truckload	13	5	72000	3	410,65	Carreta
truckload	14	9	48000	2	410,65	Carreta
truckload	14	10	24000	1	106,98	Carreta
truckload	15	2	48000	2	51,00	Carreta
truckload	15	6	96000	4	63,09	Carreta
truckload	15	8	72000	3	410,65	Carreta
truckload	16	4	24000	1	86,92	Carreta
truckload	16	7	24000	1	249,99	Carreta
truckload	16	9	96000	4	63,09	Carreta
truckload	16	11	72000	3	410,65	Carreta
truckload	16	13	24000	1	1853,13	Carreta
truckload	17	5	24000	1	68,54	Carreta
truckload	17	12	96000	4	410,65	Carreta
truckload	17	14	48000	2	1853,13	Carreta
truckload	18	1	24000	1	100,01	Carreta
truckload	18	4	24000	1	178,71	Carreta
truckload	18	7	24000	1	410,65	Carreta
truckload	18	10	120000	5	1853,13	Carreta

A tabela completa referente à tabela 10 é apresentada no Apêndice G.

Tabela 11: Visão parcial do relatório de coletas especiais

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
especial	6	1	1739	1	1219,74	910
especial	9	1	20000	1	1000,46	Carreta
especial	13	7	22000	1	1853,13	Carreta
especial	14	13	24000	1	3620,27	Carreta
especial	16	13	17990	1	1853,13	Carreta
especial	17	14	9000	1	1853,13	*Truck*
especial	18	10	6000	1	1853,13	Toco
especial	20	16	22000	1	1853,13	Carreta
especial	22	14	23250	1	3620,27	Carreta
especial	24	7	13	1	3620,27	Sprinter
especial	25	10	2601	1	1219,74	910
especial	27	2	6300	1	1000,46	*Truck*
especial	27	10	150	1	3620,27	Sprinter
especial	31	16	13634	1	3620,27	Carreta
especial	35	4	5438	1	1000,46	Toco
especial	36	10	9000	1	1219,74	*Truck*
especial	39	2	325	1	1000,46	Sprinter
especial	40	17	8190	1	1219,74	*Truck*
especial	40	20	4878	1	1853,13	Toco
especial	40	23	2439	1	3620,27	910
especial	41	4	1358	1	1219,74	910
especial	42	9	7317	1	1000,46	*Truck*
especial	43	5	23050	1	1219,74	Carreta
especial	44	2	2840	1	1000,46	910
especial	45	18	1871	1	1219,74	910
especial	45	20	18275	1	1853,13	Carreta
especial	45	22	10905	1	3620,27	*Truck*

A tabela completa referente à tabela 11 é apresentada no Apêndice H.

Para os veículos roteirizados, foram feitos dois relatórios: um de cunho mais prático, com a separação por viagem, ou seja, por coleta realizada em cada arco que o veículo percorre, contendo o fornecedor de saída e de chegada de cada arco, o horário estimado de saída e de chegada, a carga coletada e a distância percorrida em cada arco. O outro, pode ser considerado de cunho mais gerencial e traz informações por veículo utilizado, especialmente distância, carga coletada e o custo que se teve com cada um deles. Os relatórios elaborados podem ser vistos parcialmente nas tabelas 12 e 13.

Tabela 12: Visão parcial do relatório detalhado de coletas roteirizadas

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
1	1	0	1	06:00:00	07:12:00	4049,6	54,01
1	1	1	0	08:12:23	09:24:24	0,0	54,01
2	1	0	1	06:00:00	07:05:09	209,0	48,87
2	1	1	0	07:36:43	08:41:52	0,0	48,87
3	1	0	1	06:00:00	16:07:07	20550,0	455,34
3	1	1	0	19:11:15	29:18:22	0,0	455,34
4	1	0	1	06:00:00	06:28:05	346,0	21,07
4	1	1	0	07:00:41	07:28:47	0,0	21,07
5	1	0	2	06:00:00	06:53:24	2877,0	40,06
5	1	2	1	07:44:59	07:48:10	1200,0	2,40
5	1	1	0	08:27:10	09:23:05	0,0	41,94
7	1	0	1	06:00:00	10:33:45	24000,0	205,32
7	1	1	0	14:03:45	18:37:31	0,0	205,32
8	1	0	1	06:00:00	10:33:45	4293,0	205,32
8	1	1	0	11:35:57	16:09:43	0,0	205,32
9	1	0	2	06:00:00	06:52:03	20454,0	39,05
9	1	2	4	09:55:28	13:39:50	1777,0	168,28
9	1	4	0	14:23:09	18:56:55	0,0	205,32
9	2	0	3	06:00:00	07:25:01	454,0	63,77
9	2	3	0	07:58:26	09:23:28	0,0	63,77
10	1	0	1	06:00:00	10:33:45	22000,0	205,32
10	1	1	0	13:48:45	18:22:31	0,0	205,32
11	1	0	3	06:00:00	07:27:47	2000,0	65,85
11	1	3	7	08:12:47	11:21:43	22000,0	141,69
11	1	7	0	14:36:43	19:10:29	0,0	205,32
11	2	0	8	06:00:00	07:29:08	5823,0	66,86
11	2	8	9	08:42:48	09:48:20	18177,0	49,15
11	2	9	0	12:34:40	15:08:45	0,0	115,56
11	3	0	10	06:00:00	06:16:05	12363,0	12,06
11	3	10	8	10:17:03	11:37:40	11637,0	77,66
11	3	8	0	13:34:56	15:04:05	0,0	66,86
11	4	0	1	06:00:00	07:06:40	5076,0	50,01
11	4	1	3	08:14:44	09:16:52	18924,0	46,60
11	4	3	0	12:08:48	13:36:36	0,0	65,85
11	5	0	4	06:00:00	06:37:23	12037,0	28,05
11	5	4	1	08:37:40	09:18:15	11853,0	30,43
11	5	1	6	12:45:44	14:13:59	110,0	109,94
11	5	6	0	14:44:49	16:09:51	0,0	63,77

Tabela 13: Visão parcial do relatório gerencial de coletas roteirizadas

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
1	1	108,02	4049,62	R$ 1.327,41	Toco
2	1	97,73	209,00	R$ 617,40	Sprinter
3	1	910,69	20550,00	R$ 7.968,52	Carreta
4	1	42,15	346,00	R$ 493,92	Sprinter
5	1	84,39	4077,00	R$ 895,23	Toco
7	1	410,65	24000,00	R$ 3.593,16	Carreta
8	1	410,65	4293,00	R$ 2.451,56	Toco
9	1	412,65	22231,00	R$ 3.610,68	Carreta
9	2	127,55	454,00	R$ 1.049,58	Sprinter
10	1	410,65	22000,00	R$ 3.593,16	Carreta
11	1	412,87	24000,00	R$ 3.612,58	Carreta
11	2	231,56	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
11	3	156,58	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
11	4	162,46	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
11	5	232,20	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
11	6	84,15	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
11	7	76,87	18227,00	R$ 1.543,50	Carreta
12	1	923,06	19700,00	R$ 8.076,74	Carreta
12	2	910,69	23086,00	R$ 7.968,52	Carreta
12	3	214,73	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
12	4	287,55	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
12	5	99,61	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
12	6	98,89	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
12	7	93,45	10813,00	R$ 1.296,54	*Truck*
12	8	45,96	5808,00	R$ 710,01	Toco
13	1	438,48	11165,00	R$ 3.157,06	*Truck*
13	2	197,34	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
13	3	220,43	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
13	4	98,87	20848,00	R$ 1.543,50	Carreta
13	5	86,92	1415,00	R$ 771,75	910
14	1	910,69	21491,98	R$ 7.968,52	Carreta
14	2	421,55	24000,00	R$ 3.688,57	Carreta
14	3	314,25	24000,00	R$ 2.749,67	Carreta
14	4	213,30	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
14	5	168,05	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
14	6	222,82	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
14	7	124,59	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
14	8	99,70	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
14	9	95,74	16737,00	R$ 1.543,50	Carreta

Estes relatórios, em sua integralidade, podem ser vistos nos Apêndices I e J, respectivamente.

Visualmente, as rotas dos veículos se formarão e perceberemos que as distâncias percorridas pelos primeiros veículos, geralmente, serão maiores que as dos demais veículos, haja vista a condição de inicialização.

A tabela 14 apresenta a correspondência entre os pontos do mapa e os fornecedores.

Tabela 14: Correspondência entre pontos da semana 11 e seus respectivos fornecedores

Ponto	Fornecedor
0	F0
1	F5
2	F6
3	F11
4	F26
5	F36
6	F40
7	F41
8	F45
9	F46
10	F49

As figuras 30 e 31 ilustram, como exemplo, a formação das rotas dos 7 veículos necessários para roteirizar todos os pontos da semana 11.

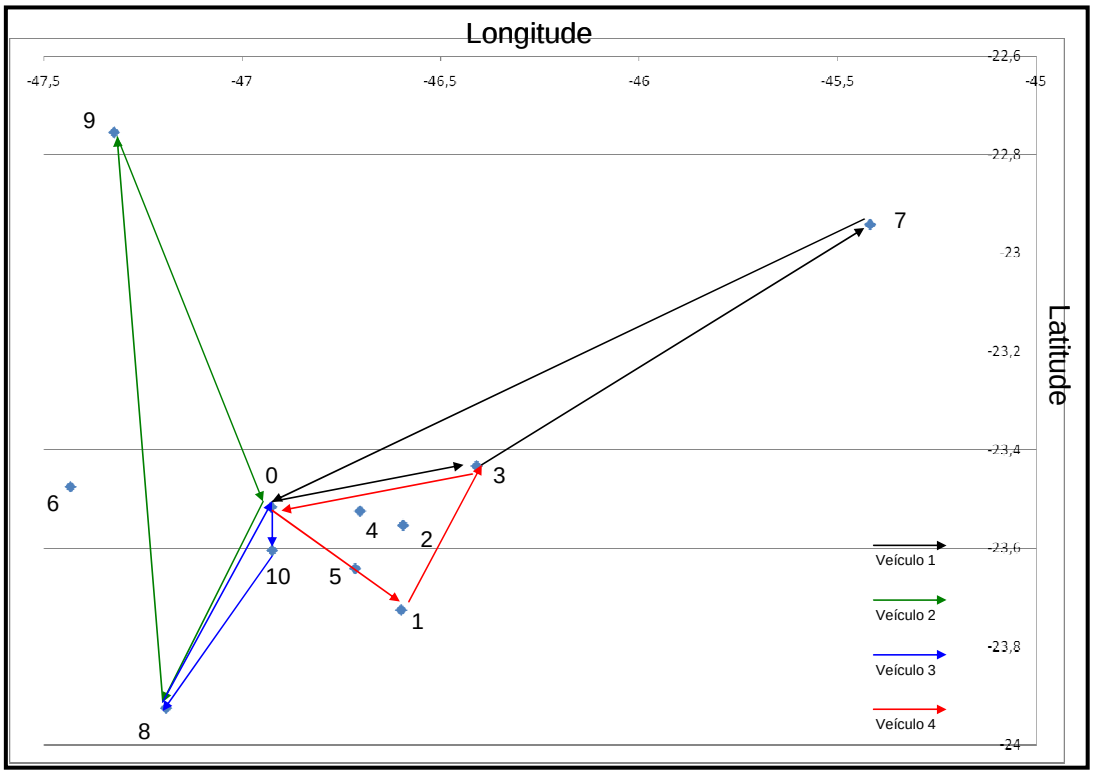

Figura 30: Rotas a serem percorridas pelos veículos de 1 a 4 da semana 11

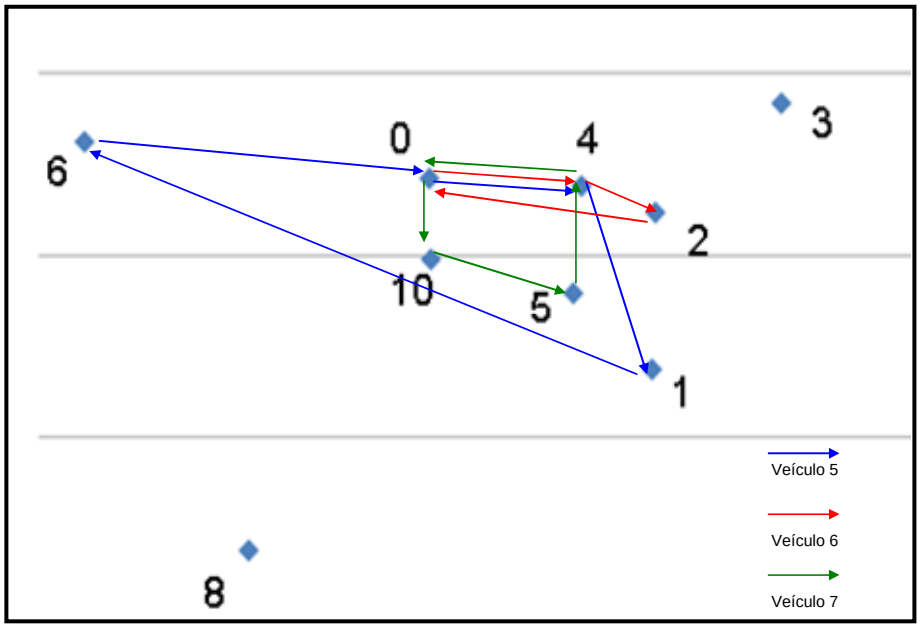

Figura 31: Rotas a serem percorridas pelos veículos de 5 a 7 da semana 11(visão aproximada da figura 29)

Como já dito anteriormente, os números utilizados na saída dos relatórios não correspondem ao número dos fornecedores por isso faz-se necessária a tabela de correspondência. A figura 30 apresenta o roteamento dos quatro primeiros veículos, no esquema que considera as latitudes e longitudes dos fornecedores a serem roteados, como visto na tabela 2. A figura 31 traz uma visão aproximada dos fornecedores mais próximos do esquema, onde será realizado o roteamento pelos veículos de número 5 a 7.

Pode-se perceber que, pelo critério de inicialização utilizado, as rotas dos primeiros veículos a fazerem roteirização possuem distâncias mais longas do que os últimos. Verificar que as figuras apresentadas não estão em escala pois os eixos não são graduados da mesma forma.

Finalmente, em termos de custo, pode-se comparar a situação atual com o proposto. Para facilitar esta análise, os custos do projeto foram divididos por semana, como mostra a tabela 15.

Tabela 15: Comparativo de custos de transporte do projeto

Semana	Proposto	Atual	Semana	Proposto	Atual
1	R$ 1.327,41	R$ 2.562,21	**49**	R$ 23.047,68	R$ 38.799,54
2	R$ 617,40	R$ 617,40	**50**	R$ 59.348,77	R$ 65.399,29
3	R$ 47.811,13	R$ 74.721,97	**51**	R$ 21.451,79	R$ 35.212,59
4	R$ 493,92	R$ 493,92	**52**	R$ 55.454,38	R$ 81.233,81
5	R$ 895,23	R$ 1.543,50	**53**	R$ 54.837,46	R$ 75.615,90
6	R$ 6.281,67	R$ 11.050,85	**54**	R$ 19.009,30	R$ 67.239,26
7	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	**55**	R$ 26.414,84	R$ 47.673,98
8	R$ 20.417,34	R$ 21.558,93	**56**	R$ 41.171,59	R$ 57.539,25
9	R$ 31.380,04	R$ 33.523,42	**57**	R$ 30.498,25	R$ 64.027,91
10	R$ 3.593,16	R$ 5.707,98	**58**	R$ 31.857,92	R$ 69.443,35
11	R$ 19.201,93	R$ 23.349,96	**59**	R$ 46.215,59	R$ 56.244,77
12	R$ 93.221,89	R$ 101.215,03	**60**	R$ 41.663,15	R$ 61.289,27
13	R$ 37.405,85	R$ 42.507,13	**61**	R$ 771,75	R$ 771,75
14	R$ 69.446,28	R$ 73.553,26	**62**	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80
15	R$ 37.676,24	R$ 51.460,42	**63**	R$ 7.809,81	R$ 9.384,18
16	R$ 86.644,18	R$ 127.050,58	**64**	R$ 6.482,70	R$ 7.223,58
17	R$ 92.847,11	R$ 124.690,88	**65**	R$ 12.882,90	R$ 20.383,58
18	R$ 110.679,70	R$ 158.524,87	**66**	R$ 26.183,10	R$ 53.385,26
19	R$ 30.882,26	R$ 39.514,81	**67**	R$ 16.367,18	R$ 28.336,98
20	R$ 84.181,97	R$ 105.376,50	**68**	R$ 25.148,44	R$ 44.527,95
21	R$ 25.493,50	R$ 40.060,83	**69**	R$ 15.133,43	R$ 27.233,47
22	R$ 89.172,76	R$ 106.109,23	**70**	R$ 4.503,51	R$ 9.724,05
23	R$ 20.073,81	R$ 28.153,44	**71**	R$ 7.459,91	R$ 14.261,94
24	R$ 53.443,80	R$ 68.878,80	**72**	R$ 5.740,10	R$ 15.002,82
25	R$ 32.552,36	R$ 49.715,50	**73**	R$ 7.779,24	R$ 13.798,89
26	R$ 41.840,43	R$ 49.774,02	**74**	R$ 17.946,17	R$ 30.283,85
27	R$ 35.020,81	R$ 42.429,61	**75**	R$ 23.655,76	R$ 28.902,15
28	R$ 2.625,01	R$ 9.044,91	**76**	R$ 3.395,70	R$ 6.451,83
29	R$ 18.058,95	R$ 26.362,98	**77**	R$ 12.855,73	R$ 20.929,25
30	R$ 12.382,56	R$ 16.179,57	**78**	R$ 3.858,75	R$ 8.828,82
31	R$ 88.755,68	R$ 95.881,92	**79**	R$ 5.741,95	R$ 10.156,23
32	R$ 12.348,00	R$ 18.120,69	**80**	R$ 14.044,48	R$ 17.785,90
33	R$ 16.052,40	R$ 31.638,44	**81**	R$ 10.633,35	R$ 15.048,52
34	R$ 14.318,95	R$ 19.355,49	**82**	R$ 8.270,96	R$ 14.012,78
35	R$ 15.019,63	R$ 26.655,64	**83**	R$ 21.304,44	R$ 24.703,83
36	R$ 35.608,17	R$ 46.042,23	**84**	R$ 3.569,17	R$ 7.810,11
37	R$ 6.575,31	R$ 15.898,05	**85**	R$ 6.988,27	R$ 11.829,34
38	R$ 7.985,02	R$ 18.799,83	**86**	R$ 24.899,59	R$ 27.764,09
39	R$ 11.940,88	R$ 23.331,91	**87**	R$ 4.845,43	R$ 10.588,41
40	R$ 61.035,12	R$ 83.612,14	**88**	R$ 8.947,89	R$ 11.037,38
41	R$ 9.660,55	R$ 18.598,49	**89**	R$ 3.951,36	R$ 6.853,14
42	R$ 27.064,23	R$ 33.741,28	**90**	R$ 2.747,43	R$ 7.501,41
43	R$ 14.840,18	R$ 21.199,40	**91**	R$ 29.498,66	R$ 34.808,30
44	R$ 13.235,74	R$ 16.781,21	**92**	R$ 1.790,46	R$ 5.340,51
45	R$ 70.450,29	R$ 90.983,90	**93**	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85
46	R$ 10.642,60	R$ 25.467,75	**94**	R$ 895,23	R$ 895,23
47	R$ 29.316,07	R$ 35.731,72	**Total**	**R$ 2.472.927,92**	**R$ 3.358.438,52**
48	R$ 14.148,88	R$ 23.471,62	**Ganho**	**26,4%**	

Portanto, pela breve análise da tabela 15, pode-se verificar que o roteamento proposto neste trabalho traria um ganho de 26,4% para a logística de transporte deste projeto. Por causa da não utilização do roteamento atualmente temos que, em nenhuma semana, a situação atual foi piorada. Isto é, sempre há um ganho ou, ao menos, o mesmo gasto com relação ao caso original.

Para conhecimento, existe um custo de *Ad valorem*, um percentual cobrado (0,25%) sobre o valor da carga transportada, mas este custo não é alterado com a mudança da forma de transporte pois, de um modo ou de outro, toda a carga será carregada. Este *Ad valorem* somente será distribuído de uma outra forma entre os caminhões, o que não traz nenhuma diferença em termos práticos de ganho ou perda. Portanto, é importante esclarecer que este ganho de 26,4% se refere ao ganho sobre as coletas realizadas nos fornecedores, não sobre o total gasto em logística, o que incluiria os gastos com *Ad valorem* e com o transporte entre o CD e a obra, como mencionado ainda no capítulo 3 deste trabalho.

Além de ganhos financeiros, a emissão destes relatórios traria benefícios organizacionais à área de logística de transportes da empresa, que teria a ordem de suas coletas e a previsão melhor estruturados do que atualmente, onde a preocupação é, principalmente, ser interface entre os fornecedores e a transportadora para programação das coletas e, também, o controle das notas fiscais.

Com relação ao número de veículos utilizados e o *mix* (percentual de cada tipo), temos uma breve análise da mudança conseguida com a roteirização nas figuras 32 e 33.

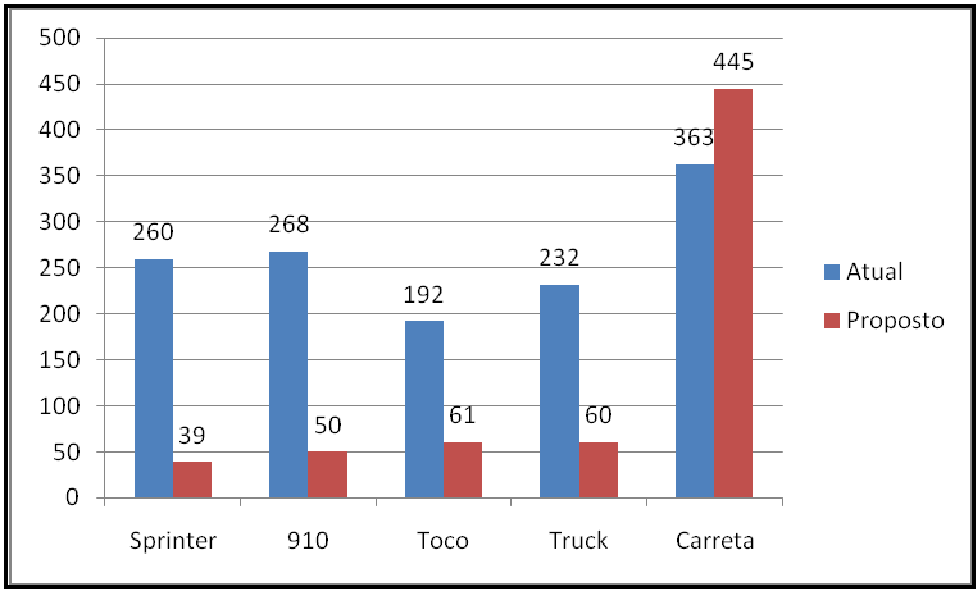

Figura 32: Mudança no número de veículos, por tipo, com a proposta de roteirização

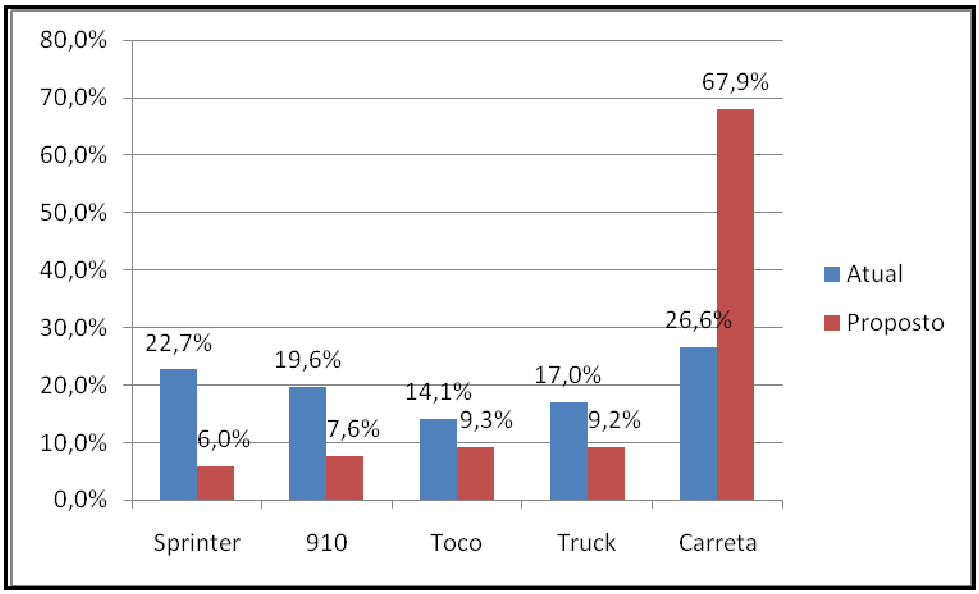

Figura 33: Mudança percentual na utilização dos veículos, por tipo, com a proposta de roteirização

Pelas figuras 32 e 33, podemos notar que, na situação atual, a utilização dos veículos é mais uniforme do que na situação roteirizada proposta, que tem por base o raciocínio da utilização da carreta, aproveitando por completo sua capacidade através das coletas fracionadas num veículo que possui o custo por quilômetro por tonelada mais baixo dentre todos os veículos. Podemos notar também que, com a roteirização o número de veículos utilizados para a coleta dos materiais reduz quase que pela metade. Isso pode ser explicado pela grande ociosidade existente na situação inicial e pela baixa ociosidade que a roteirização executada propõe.

7.3. Análises de sensibilidade

Nesta seção, o propósito será analisar como o resultado obtido é alterado conforme a mudança dos *inputs*, ou seja, sob a mudança dos parâmetros ou condições iniciais. Será analisada a inclusão de novos tipos de veículos, com capacidades intermediárias a alguns daqueles que já são levados em conta.

Há de se ressaltar nesta seção que, por vezes, não é interessante para uma transportadora fechar uma negociação disponibilizando vários tipos de veículo, haja visto que a transportadora visa obter ganho sobre a ociosidade que a empresa que a contrata implica, isto é, caso não tenha sido feita uma boa roteirização, haverá um uso de um maior número de veículos e, conseqüentemente, um valor mais alto a ser pago para ela. Assim, isso explica

porque uma empresa, que mesmo que disponha de uma frota com várias capacidades distintas, prefere não fechar um acordo em pacote para uma empresa, haja visto que a chance de reduzir a ociosidade em uma coleta e, assim, reduzir seu ganho, é maior. Porém, com uma negociação mais eficiente – e porte do projeto, que implica na alteração da quantidade de coletas e previsão de ganho da transportadora – é possível que se consiga trabalhar com mais tipos de veículo.

Assim, esta análise se pautará em fazer o mesmo experimento computacional da seção 7.2, alterando – através de inclusões – os tipos de caminhão disponíveis, em três etapas, chamadas de análises:

- Análise 1: inclusão apenas do veículo de capacidade de 9 toneladas;
- Análise 2: inclusão apenas do veículo de capacidade de 18 toneladas;
- Análise 3: inclusão dos veículos de capacidade 9 toneladas e 18 toneladas.

O objetivo é verificar como os resultados se comportarão com mais estas opções de veículos, análise essa que visará à diminuição da ociosidade dos veículos com relação à solução já proposta.

Os preços a serem utilizados para estes veículos devem ser valores intermediários aos valores que se possui, ou seja, intermediários aos valores dos veículos já utilizados. Por exemplo, o veículo de 9 toneladas de capacidade deve possuir um valor intermediário entre o veículo de 6 toneladas e o de 12 toneladas já usados. Optou-se por não utilizar interpolação linear entre a quantidade de carga e os custos já tidos, mas sim por trabalhar novamente com uma regressão no *Excel*, haja visto que os preços não são lineares. Assim, obteve-se uma curva quadrática com boa aproximação – valor do coeficiente de correlação maior que 0,99 – para cada caso (em cada faixa de preço) e, conseqüentemente, os preços a serem usados tomando por hipótese que esta regressão seja válida para o custeio. As tabelas, gráficos e funções utilizadas podem ser vistas no Apêndice L.

Na tabela 16, seguem os dados comparativos entre todas as situações já abordadas.

Tabela 16: Comparativo entre cenários das análises de sensibilidade de inclusão de veículos

Semana	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Proposto	Atual
1	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 2.562,21
2	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40
3	R$ 47.811,13	R$ 47.811,13	R$ 47.811,13	R$ 47.811,13	R$ 74.721,97
4	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92
5	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 1.543,50
6	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 11.050,85
7	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16
8	R$ 20.417,34	R$ 20.417,34	R$ 20.417,34	R$ 20.417,34	R$ 21.558,93
9	R$ 31.380,04	R$ 31.380,04	R$ 31.380,04	R$ 31.380,04	R$ 33.523,42
10	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16	R$ 5.707,98
11	R$ 19.201,93	R$ 19.201,93	R$ 19.201,93	R$ 19.201,93	R$ 23.349,96
12	R$ 93.221,89	R$ 93.221,89	R$ 93.221,89	R$ 93.221,89	R$ 101.215,03
13	R$ 37.405,85	R$ 37.405,85	R$ 37.405,85	R$ 37.405,85	R$ 42.507,13
14	R$ 69.350,86	R$ 69.269,69	R$ 69.269,69	R$ 69.446,28	R$ 73.553,26
15	R$ 37.676,24	R$ 37.676,24	R$ 37.676,24	R$ 37.676,24	R$ 51.460,42
16	R$ 86.644,18	R$ 84.563,09	R$ 83.791,34	R$ 86.644,18	R$ 127.050,58
17	R$ 92.320,39	R$ 91.769,00	R$ 90.706,04	R$ 92.847,11	R$ 124.690,88
18	R$ 110.679,70	R$ 110.679,70	R$ 110.679,70	R$ 110.679,70	R$ 158.524,87
19	R$ 30.882,26	R$ 29.386,76	R$ 29.386,76	R$ 30.882,26	R$ 39.514,81
20	R$ 82.927,30	R$ 81.450,05	R$ 81.450,05	R$ 84.181,97	R$ 105.376,50
21	R$ 25.493,50	R$ 25.412,33	R$ 25.412,33	R$ 25.493,50	R$ 40.060,83
22	R$ 89.172,76	R$ 88.401,01	R$ 88.401,01	R$ 89.172,76	R$ 106.109,23
23	R$ 19.535,87	R$ 19.676,42	R$ 19.503,64	R$ 20.073,81	R$ 28.153,44
24	R$ 53.443,80	R$ 52.980,75	R$ 52.980,75	R$ 53.443,80	R$ 68.878,80
25	R$ 32.552,36	R$ 32.552,36	R$ 32.552,36	R$ 32.552,36	R$ 49.715,50
26	R$ 41.781,46	R$ 41.840,43	R$ 41.781,46	R$ 41.840,43	R$ 49.774,02
27	R$ 34.755,64	R$ 35.020,81	R$ 34.737,76	R$ 35.020,81	R$ 42.429,61
28	R$ 2.625,01	R$ 2.451,79	R$ 2.451,79	R$ 2.625,01	R$ 9.044,91
29	R$ 18.058,95	R$ 17.287,20	R$ 17.287,20	R$ 18.058,95	R$ 26.362,98
30	R$ 12.382,56	R$ 12.382,56	R$ 12.382,56	R$ 12.382,56	R$ 16.179,57
31	R$ 88.755,68	R$ 85.310,24	R$ 84.875,57	R$ 88.755,68	R$ 95.881,92
32	R$ 12.348,00	R$ 11.884,95	R$ 11.884,95	R$ 12.348,00	R$ 18.120,69
33	R$ 16.052,40	R$ 16.052,40	R$ 16.052,40	R$ 16.052,40	R$ 31.638,44
34	R$ 14.318,95	R$ 13.266,77	R$ 12.980,94	R$ 14.318,95	R$ 19.355,49
35	R$ 15.019,63	R$ 14.307,64	R$ 13.979,50	R$ 15.019,63	R$ 26.655,64
36	R$ 33.241,54	R$ 35.608,17	R$ 33.258,83	R$ 35.608,17	R$ 46.042,23
37	R$ 6.575,31	R$ 6.575,31	R$ 6.575,31	R$ 6.575,31	R$ 15.898,05
38	R$ 7.684,70	R$ 7.421,65	R$ 7.421,65	R$ 7.985,02	R$ 18.799,83
39	R$ 11.363,02	R$ 11.940,88	R$ 11.363,02	R$ 11.940,88	R$ 23.331,91
40	R$ 59.654,65	R$ 61.035,12	R$ 60.778,39	R$ 61.035,12	R$ 83.612,14
41	R$ 9.646,71	R$ 9.658,74	R$ 9.646,71	R$ 9.660,55	R$ 18.598,49
42	R$ 26.741,93	R$ 26.122,39	R$ 25.548,53	R$ 27.064,23	R$ 33.741,28
43	R$ 14.840,18	R$ 14.840,18	R$ 14.840,18	R$ 14.840,18	R$ 21.199,40
44	R$ 12.392,16	R$ 12.207,15	R$ 12.207,15	R$ 13.235,74	R$ 16.781,21
45	R$ 70.450,29	R$ 70.450,29	R$ 70.450,29	R$ 70.450,29	R$ 90.983,90
46	R$ 10.642,60	R$ 10.642,60	R$ 10.642,60	R$ 10.642,60	R$ 25.467,75
47	R$ 28.596,11	R$ 28.638,42	R$ 28.865,01	R$ 29.316,07	R$ 35.731,72
48	R$ 14.148,88	R$ 14.148,88	R$ 14.148,88	R$ 14.148,88	R$ 23.471,62

Continua...

Continuação

Semana	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Proposto	Atual
49	R$ 27.144,33	R$ 26.485,15	R$ 26.485,15	R$ 27.144,33	R$ 38.799,54
50	R$ 56.209,23	R$ 58.577,02	R$ 56.460,41	R$ 59.348,77	R$ 65.399,29
51	R$ 21.245,35	R$ 21.215,28	R$ 21.217,27	R$ 21.451,79	R$ 35.212,59
52	R$ 72.367,83	R$ 70.883,57	R$ 70.052,58	R$ 72.367,83	R$ 81.233,81
53	R$ 54.039,87	R$ 53.628,44	R$ 53.628,44	R$ 54.837,46	R$ 75.615,90
54	R$ 57.271,55	R$ 56.766,58	R$ 56.766,58	R$ 57.271,55	R$ 67.239,26
55	R$ 25.352,97	R$ 26.414,84	R$ 25.352,97	R$ 26.414,84	R$ 47.673,98
56	R$ 40.448,35	R$ 41.057,29	R$ 40.448,35	R$ 41.171,59	R$ 57.539,25
57	R$ 45.803,15	R$ 45.803,15	R$ 45.803,15	R$ 45.803,15	R$ 64.027,91
58	R$ 54.070,70	R$ 54.050,38	R$ 53.273,24	R$ 54.815,27	R$ 69.443,35
59	R$ 45.107,78	R$ 45.107,78	R$ 45.107,78	R$ 46.215,59	R$ 56.244,77
60	R$ 40.854,00	R$ 39.997,54	R$ 40.779,46	R$ 41.663,15	R$ 61.289,27
61	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75
62	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80
63	R$ 7.809,81	R$ 7.591,22	R$ 7.591,22	R$ 7.809,81	R$ 9.384,18
64	R$ 6.482,70	R$ 6.482,70	R$ 6.482,70	R$ 6.482,70	R$ 7.223,58
65	R$ 14.306,26	R$ 14.426,40	R$ 14.368,00	R$ 14.426,40	R$ 20.383,58
66	R$ 26.183,10	R$ 26.183,10	R$ 26.183,10	R$ 26.183,10	R$ 53.385,26
67	R$ 16.030,00	R$ 15.078,55	R$ 15.078,55	R$ 16.367,18	R$ 28.336,98
68	R$ 25.148,44	R$ 25.047,92	R$ 25.027,51	R$ 25.148,44	R$ 44.527,95
69	R$ 14.317,94	R$ 15.133,43	R$ 14.995,80	R$ 15.133,43	R$ 27.233,47
70	R$ 4.301,93	R$ 4.052,48	R$ 4.052,48	R$ 4.503,51	R$ 9.724,05
71	R$ 7.459,91	R$ 7.459,91	R$ 7.459,91	R$ 7.459,91	R$ 14.261,94
72	R$ 5.676,98	R$ 5.676,98	R$ 5.676,98	R$ 5.740,10	R$ 15.002,82
73	R$ 7.779,24	R$ 7.779,24	R$ 7.779,24	R$ 7.779,24	R$ 13.798,89
74	R$ 17.159,70	R$ 17.676,91	R$ 17.159,70	R$ 17.946,17	R$ 30.283,85
75	R$ 23.175,06	R$ 23.347,84	R$ 23.175,06	R$ 23.655,76	R$ 28.902,15
76	R$ 3.395,70	R$ 3.395,70	R$ 3.395,70	R$ 3.395,70	R$ 6.451,83
77	R$ 11.413,05	R$ 12.725,27	R$ 12.016,20	R$ 12.855,73	R$ 20.929,25
78	R$ 3.858,75	R$ 3.858,75	R$ 3.858,75	R$ 3.858,75	R$ 8.828,82
79	R$ 5.741,95	R$ 5.741,95	R$ 5.741,95	R$ 5.741,95	R$ 10.156,23
80	R$ 13.443,35	R$ 13.633,51	R$ 13.443,35	R$ 14.044,48	R$ 17.785,90
81	R$ 10.302,31	R$ 10.443,96	R$ 10.236,54	R$ 10.633,35	R$ 15.048,52
82	R$ 7.958,49	R$ 8.097,98	R$ 7.958,49	R$ 8.270,96	R$ 14.012,78
83	R$ 20.510,28	R$ 20.510,28	R$ 20.510,28	R$ 21.304,44	R$ 24.703,83
84	R$ 3.550,41	R$ 3.569,17	R$ 3.550,41	R$ 3.569,17	R$ 7.810,11
85	R$ 6.988,27	R$ 6.988,27	R$ 6.988,27	R$ 6.988,27	R$ 11.829,34
86	R$ 24.899,59	R$ 24.723,98	R$ 24.723,98	R$ 24.899,59	R$ 27.764,09
87	R$ 4.845,43	R$ 4.845,43	R$ 4.845,43	R$ 4.845,43	R$ 10.588,41
88	R$ 7.637,45	R$ 8.215,65	R$ 7.644,55	R$ 8.947,89	R$ 11.037,38
89	R$ 3.951,36	R$ 3.521,26	R$ 3.521,26	R$ 3.951,36	R$ 6.853,14
90	R$ 2.747,43	R$ 2.451,95	R$ 2.451,95	R$ 2.747,43	R$ 7.501,41
91	R$ 28.706,55	R$ 28.925,35	R$ 28.706,55	R$ 29.498,66	R$ 34.808,30
92	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 5.340,51
93	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85
94	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23
Total	**R$ 2.446.666,38**	**R$ 2.438.698,32**	**R$ 2.424.184,08**	**R$ 2.472.927,92**	**R$ 3.358.438,52**
Ganho	**27,1%**	**27,4%**	**27,8%**	**26,4%**	

Conclusão

As figuras 34 e 35 trazem o comparativo destas análises, no que diz respeito à utilização dos veículos, em número absoluto e percentual, dentro de cada análise.

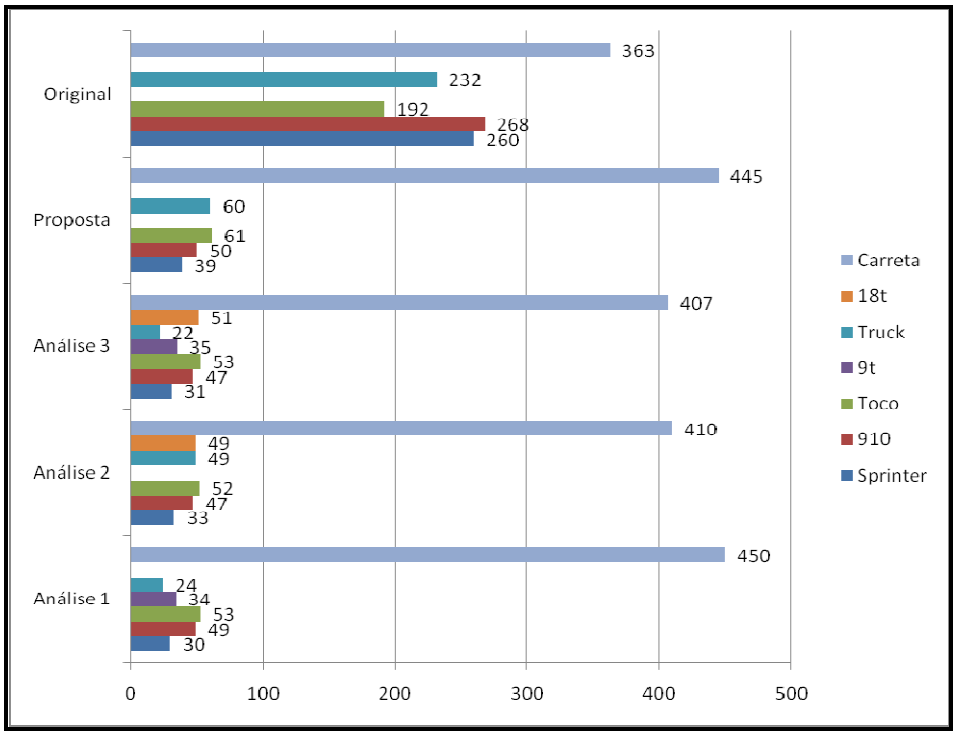

Figura 34: Mudança na utilização dos veículos, por tipo, conforme cada cenário de inclusão de veículo analisado

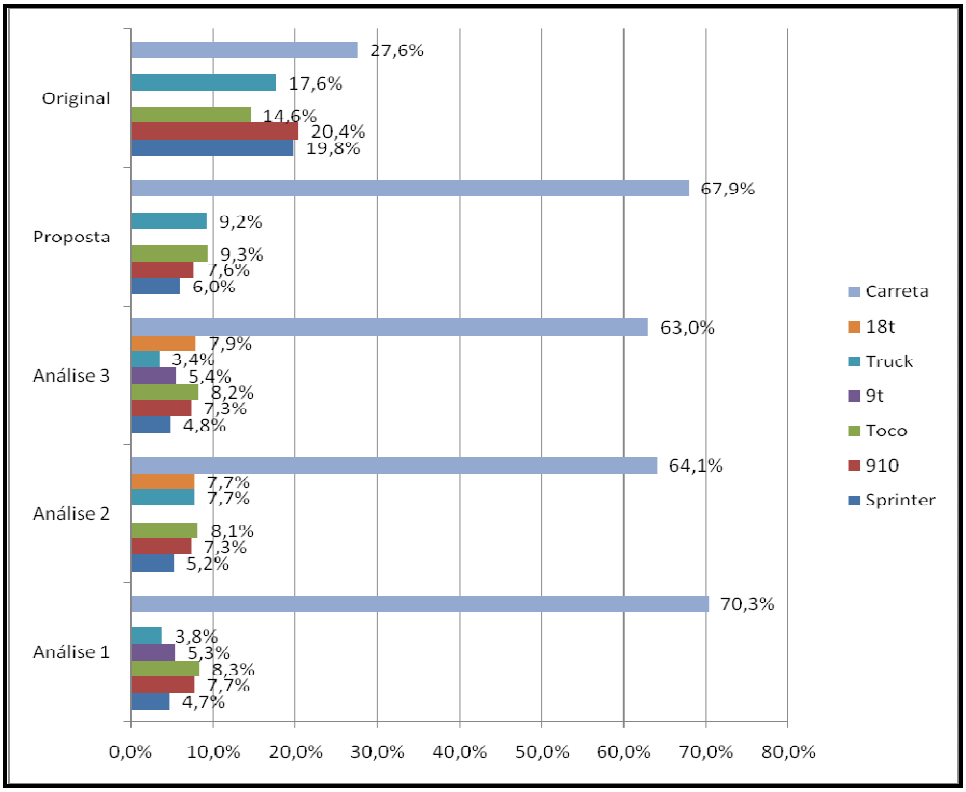

Figura 35: Mudança percentual na utilização dos veículos, por tipo, conforme cada cenário analisado

Pela análise da tabela 16 e das figuras 34 e 35, podemos verificar que as análises feitas trazem um pequeno ganho incremental com relação à roteirização simples proposta inicialmente. A inclusão do veículo de capacidade 9 toneladas traz um ganho adicional de 0,7% (diferença entre 27,1% e 26,4%); a inclusão isolada do veículo de capacidade 18 toneladas traz um ganho incremental de 1,0%; a inclusão em conjunto destes 2 tipos de veículo traz um ganho incremental de 1,4%. Assim, é viável a utilização de um maior tipo de veículos, mas ela não é tão impactante quanto a mudança do caso original para a situação roteirizada inicial.

Pode-se notar também que, após a roteirização proposta, o número de carretas passa a ser responsável por mais da metade das quantidades de carretas a serem utilizadas (com os dados deste problema). É possível então imaginar um caso onde a transportadora, prevendo que a utilização de carretas seja maior, resolva aumentar o preço da carreta de modo a lucrar mais, ou então, a não perder muito com a boa roteirização feita pela empresa. Assim, será feita uma nova análise de sensibilidade que verificará como os resultados financeiros se comportam quando o preço das carretas variam 5%, 10%, 15% e 20% para cima.

Através dos resultados gerados pelos experimentos computacionais (simulações) com os mesmos dados utilizados na seção 7.2, pode-se obter a seguinte mudança no número de veículos, como mostra a tabela 17.

Tabela 17: Comparativo entre cenários das análises de sensibilidade dos preços de carreta

	+20%	+15%	+10%	+5%	Proposta	Original
Sprinter	21	21	24	29	39	260
910	40	47	46	48	50	268
Toco	62	61	59	58	61	192
Truck	100	80	76	68	60	232
Carreta	418	432	437	442	445	363
Total	**641**	**641**	**642**	**645**	**655**	**1315**

Pode-se notar pela análise da tabela 17 que a quantidade de veículos decresce um pouco com o aumento de preços proposto para as carretas, e que há uma leve tendência à utilização de um maior número de caminhões do tipo *Truck*, caminhão de capacidade 12 toneladas, que é o maior veículo em capacidade logo após a carreta, o que apresenta um comportamente bem coerente com o esperado, haja visto que aos poucos o Truck se torna a melhor relação custo por kg por km. Visualmente, os dados podem ser melhor observados na figura 36.

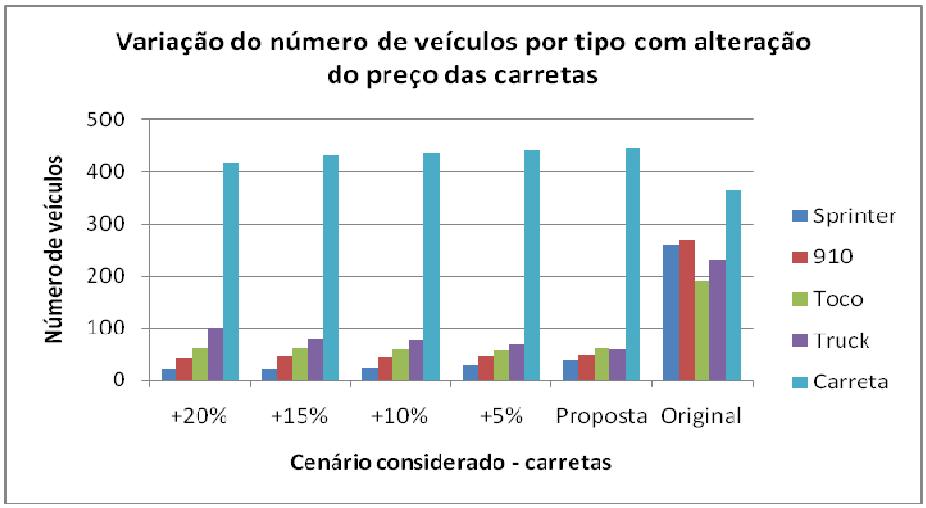

Figura 36: Mudança na utilização dos veículos, por tipo, conforme cada cenário de aumento do valor do frete de carreta analisado

Em termos financeiros, podemos notar a variação apresentada pela tabela 18.

Tabela 18: Comparativo financeiro entre os cenários de aumento de preço das carretas

Semana	+20%	+15%	+10%	+5%	Proposto	Atual
1	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 1.327,41	R$ 2.562,21
2	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40	R$ 617,40
3	R$ 57.373,36	R$ 54.982,80	R$ 52.592,25	R$ 50.201,69	R$ 47.811,13	R$ 74.721,97
4	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92	R$ 493,92
5	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 1.543,50
6	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 6.281,67	R$ 11.050,85
7	R$ 4.311,79	R$ 4.132,13	R$ 3.952,47	R$ 3.772,81	R$ 3.593,16	R$ 3.593,16
8	R$ 24.010,49	R$ 23.112,20	R$ 22.213,91	R$ 21.315,62	R$ 20.417,34	R$ 21.558,93
9	R$ 37.446,14	R$ 35.929,61	R$ 34.413,09	R$ 32.896,57	R$ 31.380,04	R$ 33.523,42
10	R$ 4.311,79	R$ 4.132,13	R$ 3.952,47	R$ 3.772,81	R$ 3.593,16	R$ 5.707,98
11	R$ 24.315,55	R$ 23.302,40	R$ 22.289,25	R$ 21.276,10	R$ 19.201,93	R$ 23.349,96
12	R$ 111.464,96	R$ 106.904,19	R$ 102.343,43	R$ 97.782,66	R$ 93.221,89	R$ 101.215,03
13	R$ 44.471,69	R$ 42.782,41	R$ 41.093,12	R$ 39.403,83	R$ 37.405,85	R$ 42.507,13
14	R$ 83.072,86	R$ 79.611,49	R$ 76.150,12	R$ 72.773,65	R$ 69.446,28	R$ 73.553,26
15	R$ 45.771,03	R$ 43.917,92	R$ 42.064,82	R$ 40.211,72	R$ 37.676,24	R$ 51.460,42
16	R$ 105.048,19	R$ 100.391,09	R$ 95.308,60	R$ 90.976,39	R$ 86.644,18	R$ 127.050,58
17	R$ 109.175,42	R$ 105.682,74	R$ 101.387,43	R$ 97.385,39	R$ 92.847,11	R$ 124.690,88
18	R$ 130.554,49	R$ 125.629,71	R$ 120.704,93	R$ 116.378,17	R$ 110.679,70	R$ 158.524,87
19	R$ 37.143,42	R$ 35.718,97	R$ 34.294,52	R$ 32.870,07	R$ 30.882,26	R$ 39.514,81
20	R$ 97.673,09	R$ 93.986,64	R$ 90.300,20	R$ 86.613,75	R$ 84.181,97	R$ 105.376,50
21	R$ 29.767,12	R$ 28.698,72	R$ 27.630,31	R$ 26.561,91	R$ 25.493,50	R$ 40.060,83
22	R$ 106.525,08	R$ 102.187,00	R$ 97.848,92	R$ 93.510,84	R$ 89.172,76	R$ 106.109,23
23	R$ 22.838,96	R$ 21.187,41	R$ 21.187,41	R$ 20.361,64	R$ 20.073,81	R$ 28.153,44
24	R$ 61.192,17	R$ 58.483,33	R$ 57.487,77	R$ 55.620,14	R$ 53.443,80	R$ 68.878,80
25	R$ 38.381,08	R$ 36.836,45	R$ 35.600,52	R$ 34.364,59	R$ 32.552,36	R$ 49.715,50
26	R$ 48.257,65	R$ 47.332,49	R$ 45.604,70	R$ 43.876,92	R$ 41.840,43	R$ 49.774,02
27	R$ 36.317,35	R$ 35.823,43	R$ 35.823,43	R$ 35.576,47	R$ 35.020,81	R$ 42.429,61
28	R$ 4.206,04	R$ 4.206,04	R$ 3.333,96	R$ 2.756,27	R$ 2.625,01	R$ 9.044,91
29	R$ 21.238,56	R$ 20.652,03	R$ 19.787,67	R$ 18.923,31	R$ 18.058,95	R$ 26.362,98
30	R$ 13.771,71	R$ 13.424,42	R$ 13.077,13	R$ 12.729,85	R$ 12.382,56	R$ 16.179,57
31	R$ 106.018,25	R$ 101.926,41	R$ 97.834,58	R$ 93.256,54	R$ 88.755,68	R$ 95.881,92
32	R$ 16.453,71	R$ 14.910,21	R$ 14.261,94	R$ 13.613,67	R$ 12.348,00	R$ 18.120,69

Continua...

Continuação

Semana	+20%	+15%	+10%	+5%	Proposto	Atual
33	R$ 20.615,15	R$ 18.941,21	R$ 18.117,68	R$ 17.179,16	R$ 16.052,40	R$ 31.638,44
34	R$ 16.466,79	R$ 16.466,79	R$ 15.750,84	R$ 15.034,89	R$ 14.318,95	R$ 19.355,49
35	R$ 17.206,20	R$ 16.787,98	R$ 16.448,41	R$ 16.108,84	R$ 15.019,63	R$ 26.655,64
36	R$ 38.957,56	R$ 38.957,56	R$ 37.645,59	R$ 37.228,84	R$ 35.608,17	R$ 46.042,23
37	R$ 7.760,71	R$ 7.492,65	R$ 7.224,60	R$ 6.837,71	R$ 6.575,31	R$ 15.898,05
38	R$ 9.536,90	R$ 9.305,38	R$ 9.305,38	R$ 7.985,02	R$ 7.985,02	R$ 18.799,83
39	R$ 12.990,46	R$ 12.728,06	R$ 12.465,67	R$ 12.203,27	R$ 11.940,88	R$ 23.331,91
40	R$ 65.353,21	R$ 62.249,58	R$ 61.458,58	R$ 61.352,64	R$ 61.035,12	R$ 83.612,14
41	R$ 9.855,16	R$ 9.855,16	R$ 9.855,16	R$ 9.855,16	R$ 9.660,55	R$ 18.598,49
42	R$ 29.039,61	R$ 29.039,61	R$ 28.777,21	R$ 27.723,69	R$ 27.064,23	R$ 33.741,28
43	R$ 17.808,22	R$ 17.066,21	R$ 16.324,20	R$ 15.582,19	R$ 14.840,18	R$ 21.199,40
44	R$ 13.261,59	R$ 13.235,74	R$ 13.235,74	R$ 13.235,74	R$ 13.235,74	R$ 16.781,21
45	R$ 75.006,18	R$ 73.983,98	R$ 72.963,65	R$ 71.899,85	R$ 70.450,29	R$ 90.983,90
46	R$ 12.608,47	R$ 12.322,93	R$ 11.839,83	R$ 11.422,94	R$ 10.642,60	R$ 25.467,75
47	R$ 32.017,27	R$ 30.754,30	R$ 30.754,30	R$ 30.122,82	R$ 29.316,07	R$ 35.731,72
48	R$ 16.618,48	R$ 15.676,95	R$ 15.167,59	R$ 14.658,24	R$ 14.148,88	R$ 23.471,62
49	R$ 31.273,15	R$ 30.432,63	R$ 29.592,11	R$ 28.883,51	R$ 27.144,33	R$ 38.799,54
50	R$ 60.768,79	R$ 60.429,22	R$ 60.089,65	R$ 59.819,54	R$ 59.348,77	R$ 65.399,29
51	R$ 22.467,89	R$ 22.082,26	R$ 22.082,26	R$ 22.082,26	R$ 21.451,79	R$ 35.212,59
52	R$ 79.281,21	R$ 76.565,02	R$ 75.592,99	R$ 74.211,94	R$ 72.367,83	R$ 81.233,81
53	R$ 58.877,64	R$ 58.036,01	R$ 56.762,20	R$ 55.488,39	R$ 54.837,46	R$ 75.615,90
54	R$ 68.293,69	R$ 65.538,15	R$ 62.782,62	R$ 60.027,09	R$ 57.271,55	R$ 67.239,26
55	R$ 29.708,10	R$ 28.942,86	R$ 28.177,61	R$ 27.412,36	R$ 26.414,84	R$ 47.673,98
56	R$ 43.284,39	R$ 42.532,42	R$ 41.780,45	R$ 41.227,74	R$ 41.171,59	R$ 57.539,25
57	R$ 52.393,54	R$ 52.393,54	R$ 49.783,30	R$ 48.068,55	R$ 45.803,15	R$ 64.027,91
58	R$ 63.702,52	R$ 61.640,74	R$ 59.461,47	R$ 56.132,29	R$ 54.815,27	R$ 69.443,35
59	R$ 46.738,95	R$ 46.215,59	R$ 46.215,59	R$ 46.215,59	R$ 46.215,59	R$ 56.244,77
60	R$ 44.915,16	R$ 44.172,13	R$ 43.459,96	R$ 41.663,15	R$ 41.663,15	R$ 61.289,27
61	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75	R$ 771,75
62	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80	R$ 1.234,80
63	R$ 7.809,81	R$ 7.809,81	R$ 7.809,81	R$ 7.809,81	R$ 7.809,81	R$ 9.384,18
64	R$ 7.779,24	R$ 7.130,97	R$ 7.130,97	R$ 6.806,84	R$ 6.482,70	R$ 7.223,58
65	R$ 15.500,87	R$ 15.269,34	R$ 15.037,82	R$ 14.806,29	R$ 14.426,40	R$ 20.383,58
66	R$ 29.050,00	R$ 28.382,53	R$ 27.965,84	R$ 27.301,01	R$ 26.183,10	R$ 53.385,26
67	R$ 16.826,25	R$ 16.367,18	R$ 16.367,18	R$ 16.367,18	R$ 16.367,18	R$ 28.336,98
68	R$ 27.257,68	R$ 26.614,57	R$ 26.614,57	R$ 26.614,57	R$ 25.148,44	R$ 44.527,95
69	R$ 16.800,41	R$ 16.554,37	R$ 16.186,53	R$ 15.641,19	R$ 15.133,43	R$ 27.233,47
70	R$ 4.672,37	R$ 4.672,37	R$ 4.672,37	R$ 4.503,51	R$ 4.503,51	R$ 9.724,05
71	R$ 8.762,44	R$ 8.718,88	R$ 8.718,88	R$ 8.718,88	R$ 7.459,91	R$ 14.261,94
72	R$ 6.201,77	R$ 6.070,57	R$ 5.939,37	R$ 5.808,18	R$ 5.740,10	R$ 15.002,82
73	R$ 9.075,78	R$ 8.751,65	R$ 8.427,51	R$ 8.103,38	R$ 7.779,24	R$ 13.798,89
74	R$ 17.981,68	R$ 17.981,68	R$ 17.946,17	R$ 17.946,17	R$ 17.946,17	R$ 30.283,85
75	R$ 23.872,63	R$ 23.741,43	R$ 23.655,76	R$ 23.655,76	R$ 23.655,76	R$ 28.902,15
76	R$ 3.920,49	R$ 3.789,29	R$ 3.658,10	R$ 3.526,90	R$ 3.395,70	R$ 6.451,83
77	R$ 13.734,97	R$ 13.503,45	R$ 13.503,45	R$ 12.855,73	R$ 12.855,73	R$ 20.929,25
78	R$ 5.000,94	R$ 4.792,57	R$ 4.584,20	R$ 4.051,69	R$ 3.858,75	R$ 8.828,82
79	R$ 7.074,15	R$ 6.541,65	R$ 6.348,71	R$ 6.347,30	R$ 5.741,95	R$ 10.156,23
80	R$ 14.044,48	R$ 14.044,48	R$ 14.044,48	R$ 14.044,48	R$ 14.044,48	R$ 17.785,90
81	R$ 11.253,40	R$ 10.797,81	R$ 10.797,81	R$ 10.776,86	R$ 10.633,35	R$ 15.048,52
82	R$ 8.270,96	R$ 8.270,96	R$ 8.270,96	R$ 8.270,96	R$ 8.270,96	R$ 14.012,78
83	R$ 21.304,44	R$ 21.304,44	R$ 21.304,44	R$ 21.304,44	R$ 21.304,44	R$ 24.703,83
84	R$ 3.757,83	R$ 3.757,83	R$ 3.757,83	R$ 3.757,83	R$ 3.569,17	R$ 7.810,11
85	R$ 7.481,40	R$ 7.481,40	R$ 7.481,40	R$ 7.481,40	R$ 6.988,27	R$ 11.829,34
86	R$ 25.179,25	R$ 25.032,65	R$ 25.032,65	R$ 25.032,65	R$ 24.899,59	R$ 27.764,09
87	R$ 5.379,52	R$ 5.148,00	R$ 5.148,00	R$ 5.032,24	R$ 4.845,43	R$ 10.588,41
88	R$ 9.535,34	R$ 9.535,34	R$ 9.404,14	R$ 9.272,94	R$ 8.947,89	R$ 11.037,38
89	R$ 4.083,51	R$ 4.082,56	R$ 4.082,56	R$ 4.082,56	R$ 3.951,36	R$ 6.853,14
90	R$ 2.747,43	R$ 2.747,43	R$ 2.747,43	R$ 2.747,43	R$ 2.747,43	R$ 7.501,41
91	R$ 29.498,66	R$ 29.498,66	R$ 29.498,66	R$ 29.498,66	R$ 29.498,66	R$ 34.808,30
92	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 1.790,46	R$ 5.340,51
93	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85	R$ 7.281,85
94	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23	R$ 895,23
Total	**R$ 2.803.366,34**	**R$ 2.719.712,64**	**R$ 2.643.380,93**	**R$ 2.562.203,36**	**R$ 2.472.927,92**	**R$ 3.358.438,52**
Ganho	**16,5%**	**19,0%**	**21,3%**	**23,7%**	**26,4%**	

Conclusão

Pela análise dos valores da tabela 18, verificamos que, em média, a cada 5% de aumento no preço das carretas, o ganho cai 2,5%. Por ser o veículo mais utilizado, mudanças mesmo que leves nos preços implicam numa perda bastante considerável. Assim, é importante que se tenha uma atenção especial à negociação deste tipo de veículo pois ele é fundamental dentro da estratégia de roteirização montada. Certamente, para casos distintos, em geografias distintas, os impactos podem ser maiores ou menores, mas a lógica é válida.

7.4. Desenvolvimento de fornecedores

Ainda dentro do campo das análises, uma sugestão de outra passível de ser feita diz respeito a desenvolvimento de fornecedores. Como a preocupação com qualidade tem sido crescente no mercado competitivo atual, estudos cada vez mais aprofundados têm sido feitos nesta área, que aborda a cooperação estratégica de modo a fortalecer tanto o lado de um comprador como de seus principais fornecedores, com a criação de parcerias. Neumann & Ribeiro (2003) abordam um estudo aplicado sobre as etapas de desenvolvimento de um fornecedor. O contexto em que trabalham é o de aumento da capacidade produtiva dos fornecedores de uma empresa montadora de máquinas agrícolas. As etapas sugeridas são:

- identificação das necessidades de melhoria;
- estabelecimento dos objetivos do projeto;
- definição do período de duração do projeto;
- definição da forma de financiamento do projeto (recursos a serem utilizados);
- definição das informações que deverão ser disponibilizadas pela empresa;
- definição da forma de avaliação das propostas submetidas pelos fornecedores;
- definição da forma de avaliação dos resultados após intervenção nos fornecedores;
- escolha dos fornecedores que participarão do projeto;
- identificação do perfil de cada fornecedor;
- acompanhamento aos fornecedores.

Tal raciocínio pode ser utilizado para a situação do presente trabalho, com as devidas adaptações, com vistas a ganhos de tempo nas operações realizadas nos fornecedores.

Krause (1997) *apud* Neumann & Ribeiro (2003) relata que um dos objetivos primários do setor de compras é manter uma rede de fornecedores capacitados, ou seja, a habilidade de produzir itens de qualidade, a um preço razoável e no tempo correto e altamente dependente de sua capacidade. E é justamente este ponto que será abordado: investir em fornecedores de

modo a ampliar sua capacidade de carregamento, isto é, agilizar o processo de carregamento dos veículos que forem coletar carga. Isto evidencia uma relação *"win-win"*, que significa trazer ganhos para ambas as partes: é conveniente para o fornecedor ser desenvolvido e poder usar essa tecnologia ou conhecimento para suas atividades com todos seus clientes, bem como é importante para a contratante dos bens, que participa dos investimentos necessários, ter seus itens carregados o mais rápido possível para melhor aproveitar a capacidade dos veículos terceirizados dentro da janela de tempo existente.

Wagner & Krause (2009) evidenciam a importância da intensidade das relações humanas entre clientes e seus fornecedores até mesmo para que se saiba quais são as reais necessidades e objetivos destes para que possa haver um plano conjunto que traga melhorias a ambas as partes. Ele sugere um *framework* para esta situação, que explica como o cliente pode agir auxiliando o fornecedor de modo que ele possa atingir seus objetivos. Este esquema pode ser visto na figura 37.

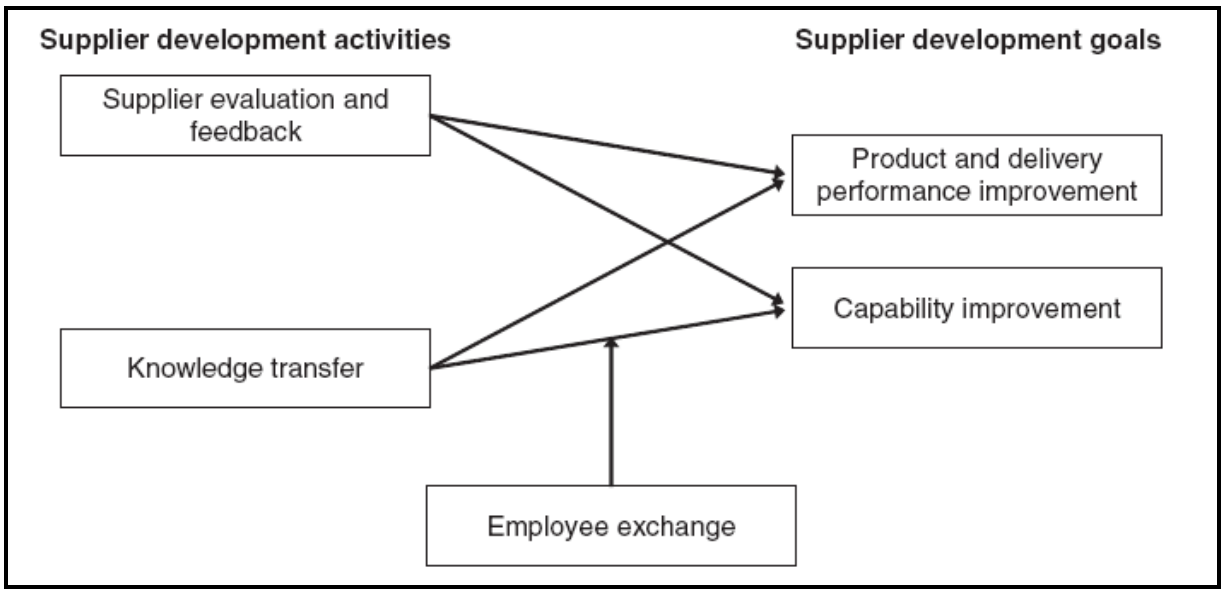

Figura 37: *Framework* sugerido por Wagner & Krause (2009) para desenvolvimento de fornecedores.

Conforme este esquema, o cliente pode fornecer avaliações e *feedbacks* de fornecimento/entrega para o fornecedor, bem como transferir alguma tecnologia e mão-de-obra para que haja como resultado a melhora do desempenho em qualidade e prazos de entrega bem como na capacidade de produção.

No caso deste problema, pode ser estruturado um plano de desenvolvimento de fornecedores-chave do projeto com a finalidade de melhoria dos processos de carregamento daqueles fornecedores que possuem a maior quantidade (em peso) de carga a ser coletada,

poderíamos ter um ganho de tempo nesta operação o que, no caso de um veículo ter extrapolado a janela de tempo e ainda haver capacidade disponível, ela poderia ser aproveitada caso esse ganho seja considerável. Obviamente, será necessário um investimento inicial com estes fornecedores com a finalidade de prover treinamento ou até mesmo maquinário necessário para a melhoria das operações propostas. Porém, estes gastos serão diluídos através dos vários projetos da empresa que adquirirem itens destes fornecedores desenvolvidos, o que dilui o gasto, fazendo com que o retorno dele não seja muito moroso.

Para escolhermos os fornecedores a serem desenvolvidos com base no presente projeto, precisamos estabelecer critérios. Bons parâmetros seriam considerar os fornecedores que possuem um bom volume de carga em termos de peso e em termos de valor. Fazendo uma análise preliminar, considerando somente o projeto em questão, caso sejam focados os fornecedores que juntos chegam a 70% do peso e 70% do valor dos itens do projeto, teremos 9 fornecedores em comum nestas listas. Caso utilizemos o mesmo raciocínio com o percentual de 50%, chegaremos a 5 fornecedores para os quais devemos aplicar tal estratégia.

Assim, um estudo mais detalhado inclusive considerando diversos projetos da empresa poderia ser feito de modo a estabelecer os fornecedores nos quais poderiam ser feitos investimentos e quais são suas verdadeiras necessidades de modo a desenvolvê-lo mas também obter um ganho que justifique tal ação.

7.5. Análise crítica e considerações

Analisando todo o desenvolvimento do trabalho até então, é possível ressaltar alguns pontos para discussão. O primeiro deles, diz respeito à mudança estrutural necessária na empresa, com a mudança de um procedimento simples que é realizado atualmente por um melhor fundamentado. Por se tratar de um ganho justificado pela análise deste trabalho, inclusive com uma metodologia de aplicação definida, esta transição pode ser suavizada.

Com relação ao desempenho computacional desta solução, a heurística se mostrou rápida – os resultados foram obtidos em pouco mais de 1 hora de processamento, para um projeto de 94 semanas – embora a solução exata não seja viável. Como a implementação desta metodologia na empresa deve se dar em periodicidade semanal, com relação ao tempo de processamento ela é viável, haja visto que para apenas uma semana de processamento o tempo para se alcançar o resultado seria bem menor. Para uma semana típica do

empreendimento analisado foi feito um experimento e obteve-se a solução em cerca de 90 segundos, devido ao tempo da leitura de dados e processamento.

A solução obtida com o algoritmo se mostrou viável em termos financeiros, como pode-se observar na seção 7.2. Poderiam ser estudados outros métodos heurísticos que viessem a agregar à resolução deste problema e ser incorporada, se viável, a coleta fracionada em veículos de menor porte do que a carreta. Por ser um método heurístico e não garantir a otimização do caso, outras análises de melhoria além das realizadas na seção 7.3 podem ser feitas para a incrementação do ganho. Poderiam ser pensadas ainda mudanças no código de programação que promovessem o processamento mais eficiente dos dados.

Assim, em todos os aspectos analisados (organizacionais e de implementação, financeiro, tempo de processamento) a solução heurística se mostrou viável e de qualidade quando comparada com o que se possui atualmente, mas é passível de melhorias.

Apresentados os resultados à supervisão da área de logística, esta se mostrou interessada na aplicação desta metodologia para os próximos projetos, haja visto que ela pode, além de reduzir os custos logísticos, facilitar as operações e estabelecer uma metodologia de trabalho através da roteirização que ela propõe. Um ponto positivo abordado é a versatilidade que o algoritmo apresenta pois, para a aplicação do mesmo em outros projetos basta a mudança das capacidades dos veículos a serem utilizados e dos limites das distâncias que definem os patamares de custo. Por outro lado, ressaltou-se que a meta de 26,4% pode ser muito agressiva e que o modelo não lida com imprevisibilidades como atrasos, engarrafamentos ou problemas de carregamento, dentre outros. O resultado que este algoritmo trouxe agradou à área de logística e tem uma grande oportunidade de ser aplicado em um próximo projeto da empresa, que utilizará distâncias maiores porque a maioria dos fornecedores se concentra no estado de São Paulo e os materiais serão entregues diretamente na obra, que se localizará em outro estado. Assim, serão necessárias algumas adaptações para a aplicação conforme o caso, mas segundo a empresa, a metodologia será utilizada em breve, assim que as operações logísticas forem iniciadas no próximo projeto de atuação. Enquanto isso, uma fase de planejamento e alinhamento de estratégias pode ser realizada.

8. CONCLUSÕES E PRÓXIMOS PASSOS

Este trabalho de formatura visou a elaboração de uma metodologia de trabalho mais padronizada e eficaz para a área de logística de transportes desta empresa. Considerando a realização das coletas como é feita atualmente efetuou-se, através de técnicas de Pesquisa Operacional, um estudo e posterior modelagem de uma roteirização de veículos com coletas fracionadas, janelas de tempo, frota heterogênea, custos escalonados e dimensionamento de frota. Este pode ser considerado um problema inovador por lidar com o fato dos custos não serem contínuos além de possuírem uma estrutura complexa e altamente combinatória.

Pôde-se comprovar na prática que problemas deste tipo e desta dimensão não são passíveis de resolução exata, devido a sua complexidade, e que a implementação de uma heurística cumpre bem o objetivo de melhoria proposto. O método de resolução empregado, baseada na heurística de Dullaert(2002), é uma simplificação e adaptação do algoritmo original com vistas a suprir as necessidades da situação. Após processar a rotina computacional com os dados extraídos de um projeto real, comprovou-se a viabilidade da aplicação deste modelo na área de logística de transportes pois apresentou ganho financeiro e rapidez de resolução.

Este trabalho apresenta um algoritmo adaptado a ser incorporado nas atividades da empresa, para que esta possa usufruir desta técnica. Um próximo passo seria a elaboração de uma interface mais adequada para que a utilização seja mais imediata por parte da equipe de funcionários, haja visto que foi verificada a viabilidade desta aplicação da Pesquisa Operacional nesta atividade logística.

Cabe, ainda, relembrar que, como todo modelo, ele está embasado em uma série de premissas e não leva em consideração outras restrições que porventura possam existir, conforme as peculiaridades da operação na qual esta metodologia venha a ser aplicada. Excepcionalidades podem acontecer como imprevistos no trânsito, problemas de manutenção dos caminhões, interferências climáticas, entre outros. Em uma próxima etapa, poderia ser realizada uma análise estatística mais acurada, através do estudo dos micro-processos presentes, ou seja, realizar experimentos mais próximos da operação, haja visto que este estudo, embora tenha se provido de informações e constante interação com a transportadora, possuiu um cunho mais gerencial, de redução de custos e não houve um acompanhamento operacional *in loco*. A heurística utilizada poderia ser revista e incrementada bem como a

programação utilizada para facilitação computacional, considerando inclusive a operação com duas transportadoras, possuindo CDs em locais distintos.

Por fim, o objetivo deste trabalho também foi apresentar a importância da ligação entre as técnicas científicas aprendidas durante o curso e a aplicação das mesmas no ambiente empresarial. As empresas devem sempre buscar a inovação, a mudança de procedimentos para que incorram em melhores métodos de trabalho e análise de oportunidades que assegurem a sua vantagem competitiva com relação aos seus concorrentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENALES, M. *T T.* **Pesquisa Operacional.** Editoria Elsevier. Rio de Janeiro, 2007.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial.** 5ª ed. Bookman, p. 483-509. Porto Alegre, 2005.

BALLOU, R. H.; RAHARDJA H.; SAKAI, N. **Selected countries circuity factors for road travel distance estimation. Transportation Research,** Part A, Vol. 36, p. 843-848, 2002.

BELFIORE, P. P. ***Scatter Search* para Problemas de Roteirização de Veículos com Frota Heterogênea, Janelas de Tempo e Entregas Fracionadas**. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI JR., R. **Construindo competências para o gerenciamento de projetos.** Editora Atlas, São Paulo, 2006.

CHEN, S.; GOLDEN, B.; WASIL, E. The Split Delivery Vehicle Routing Problem: Applications, Algorithms, Test Problems and Computational Results. **Networks**, v. 49, p. 318-329, 2007.

- CHRISTOFIDES, N. Vehicle Routing. In: **The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization**, LAWER, E. L.; LENSTRA, J.K.; KAN, A.H.G.R.; SHMOYS, D. B (Eds), John Wiley & Sons, 1985.

CLARKE, G.; WRIGHT, J.W.. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **Operations Research,** v.12, p. 568–581, 1964.

CORDENONSI, A.Z. **Ambientes, Objetos e Dialogicidade: Uma Estratégia de Ensino Superior em Heurísticas e Metaheurísticas.** Tese de Doutorado: Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação – UFRGS, 2008.

DESROCHERS, M.; VERHOOG, T. W.; A new heuristic for the fleet size and mix vehicle routing problem. **Computers & Operations Research**, v.18, n.3, p-263-274, 1991.

DULLAERT, W., JANSSENS, G. K., SORENSEN, K.,VERNIMMEN, B., 2002. **New heuristics for the fleet size and miz vehicle routing problem with time windows.** Journal of Operational Research Society 53, 1232-1238.

FISHER. M.; JAIKUMAR, R.; A Generalized Assignment Heuristics For Vehicle Routing. **Networks**, v.11, n.2, p. 109-124, 1981.

GILLET, B. L.; MILLER, L. A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem. **Operations Research**, v.22, n.4, p. 340-349, 1974.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P. **Otimização Combinatória e Programação Linear – Modelos e Algoritmos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

GOLDEN, B.L.; ASSAD, A.; LEVY, L.; GHEYSENS, F. The fleet size and mix vehicle routing problem. **Computers & Operations Research**, v.11, n.1, p. 49-66, 1984.

LIU, S.; HUANG, W.; MA, H.; **An effective genetic algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problems.** Transportation Research Part E, v.45, p. 434-445, 2009.

MIURA, M. **Resolução do Problema de Roteamento de Veículos em uma Empresa Transportadora**. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

MOURA, D. A.; BOTTER, R. C. – **Caracterização do sistema de coleta programada de peças, Milk Run.** RAE-eletrônica, v.1, n.2, 2002.

NOVAES, A.G. **Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., p. 19-29;263-274, 1989.

NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. **Etapas para Desenvolvimento de Fornecedores: um estudo aplicado. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** Ouro Preto, 2003.

PROMON ENGENHARIA. **Promon Engenharia.** Disponível em <http://www.promonengenharia.com.br/> . Acesso em 21 de abril de 2009.

SOLOMON, M. M. **Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints.** Operations Research, v.35, n.2, p. 254-265, 1987.

TSUDA, D. S. **Modelo de roteirização de veículos em uma empresa importadora de produtos japoneses.** Trabalho de formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

WAGNER S. M.; KRAUSE D. R. **Supplier development: communication approaches, activities and goals.** International Journal of Production Research, v. 47, n. 12, p. 3161-3177, 2009.

WINSTON, W. L. **Operations Research – Applications and Algorithms.** Editora Thomson, 2004.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO NO *XPRESS*

```
model transportation
uses “mmxprs”,”mmive”,”mmodbc”
 parameters
M=100000000 !big M
end-parameters
declarations
i=0..4 !número de fornecedores de origem, incluindo o Centro de Distribuição (índice 0)
ii=1..4 !número de fornecedores de origem, excluso o CD
j=0..4 !número de fornecedores de destino, incluindo o CD
jj=1..4 !número de fornecedores de destino, excluso o CD
v=1..5 !número de veículos
t=1..5 !número de tipos de trecho de custeio, sendo o tipo 5 o de custeio variável
tt=1..4 !tipos de trecho de custeio sem o de custo variável
z=1..6 !número de tipos de veículo, sendo o tipo 1 o veículo de capacidade e custo nulos
g=1..4 !número de fornecedores intermediários
x: array(i,j,v) of mpvar !1, se o caminho ij é percorrido pelo veículo v e 0, caso contrário
k: array(v,z) of mpvar !1, se o veículo v é do tipo z, 0 c.c.
b: array(v,t) of mpvar !1, se o veículo v tem um custeio tipo t, 0 c.c.
p: array(v,t,z) of mpvar !1, se determinado veículo v é do tipo z e tem custeio tipo t, 0 c.c.
s: array(i,v) of mpvar !início de atendimento no fornecedor i
y: array(i,v) of mpvar !fração da carga a ser pega no fornecedor i pelo veículo v
ct: array(v,5..5) of mpvar !gasto com um veículo que possui custeio variável
qt: array(v,z) of real !capacidade de cada caminhão
q: array(ii) of real !demanda a ser pega em cada fornecedor
c: array(t,z) of real !custo de um veículo de tipo z e tipo de custeio t
d: array(i,j) of real !distância entre os pontos i e j
te: array(i,j) of real ! tempo para percorrer o trajeto ij
tc: array(i) of real !tempo de carregamento em i
a: array(i) of real !início da janela de tempo em i
f: array(i) of real !término da janela de tempo em i
D: array(v) of mpvar !distância total percorrida por um veículo v
end-declarations
initializations from “inicializacao2.txt”
qt q c d te tc a f
end-initializations
forall(a1 in i, b1 in j, c1 in v, d1 in t, e1 in z) do
x(a1,b1,c1) is_binary
k(c1,e1) is_binary
b(c1,d1) is_binary
p(c1,d1,e1) is_binary
end-do
forall(a1 in ii, b1 in jj, c1 in v) do !impede que um veículo tenha como origem e destino o
mesmo ponto (exceto o CD)
if(a1=b1) then x(a1,b1,c1)=0
end-if
end-do
forall(a1 in v, b1 in g) do !todo veículo que chega em um ponto, deve sair
```

```
sum(c1 in i)x(c1,b1,a1) – sum(d1 in j)x(b1,d1,a1) = 0
end-do
forall(a1 in v) do !todo veículo deve sair do CD para um fornecedor
sum(b1 in j)x(0,b1,a1) = 1
end-do

forall(a1 in v) do !todo veículo deve chegar uma vez ao CD
sum(b1 in i)x(b1,0,a1) = 1
end-do

forall(a1 in ii) do !A demanda de cada fornecedor deve ser atendida em sua integralidade
sum(b1 in v)y(a1,b1)=1
end-do
forall (a1 in v) do !Cada veículo deve ser de um, e somente um tipo
sum(b1 in z)k(a1,b1) = 1
end-do
forall(a1 in v) do !Variável D soma a distância total percorrida por um veículo
D(a1) = sum(b1 in i, c1 in j)(d(b1,c1)*x(b1,c1,a1))
end-do

forall(a1 in v, b1 in z) do !equação para escolha do veículo a ser utilizado para atender a
demanda de um determinados fornecedores
sum(c1 in ii)(q(c1)*y(c1,a1)) – qt(a1,b1) – M*(1 – k(a1,b1))<= 0
end-do

forall(a1 in v, b1 in z, c1=5) do !equação para custeio variável
-(ct(a1,c1)-c(c1,b1)*D(a1)) – M*(1-p(a1,c1,b1)) <= 0
end-do

forall(a1 in ii, b1 in v) do !se a demanda a ser pega é maior que zero, obrigatoriamente o
veículo passa por aquele fornecedor
sum(c1 in j)x(a1,c1,b1) – y(a1,b1) >=0
end-do

forall(a1 in v) do !equações de escolha do tipo de trecho que o veículo irá percorrer
D(a1)- 300 + M*(1-b(a1,5)) >= 0
D(a1) – 200 + M*(1-b(a1,5)+b(a1,4))>= 0
D(a1) – 100 + M*(1-b(a1,5)+b(a1,4)+b(a1,3))>= 0
D(a1) – 50 + M*(1-b(a1,5)+b(a1,4)+b(a1,3)+b(a1,2))>= 0
D(a1)- 300 – M*(b(a1,5)) <= 0
D(a1) – 200 – M*(b(a1,5)+b(a1,4))<= 0
D(a1) – 100 – M*(b(a1,5)+b(a1,4)+b(a1,3))<= 0
D(a1) – 50 – M*(b(a1,5)+b(a1,4)+b(a1,3)+b(a1,2))<= 0
sum(c1 in t)b(a1,c1) = 1
end-do

forall(a1 in v) do !cada veículo deve possuir apenas 1 tipo de custeio e um tipo de veículo
sum(b1 in t, c1 in z)p(a1,b1,c1) = 1
end-do
```

```
forall(a1 in v, b1 in t, c1 in z) do !auxiliar da anterior
(1 – b(a1,b1)) + (1 – k(a1,c1)) – (1 – p(a1,b1,c1)) >=0
end-do

forall(a1 in i, b1 in v) do !janelas de tempo
a(a1) – s(a1,b1) <= M*(1-sum(c1 in j)x(a1,c1,b1))
s(a1,b1) -  f(a1) <= M*(1-sum(c1 in j)x(a1,c1,b1))
end-do

forall(a1 in i, b1 in j, c1 in v) do !janelas de tempo
s(b1,c1)-s(a1,c1)-(tc(a1) + te(a1,b1))>=-M*(1-x(a1,b1,c1))
end-do

forall(a1 in ii, b1 in v) do !a fração a ser pega deve estar entre 0 e 1
y(a1,b1) >= 0
end-do
forall(a1 in v, b1=5) do !custeio variável
ct(a1,b1) >= 0
end-do
forall(a1 in v) do
x(1,2,a1)+x(2,1,a1)<=1
x(1,3,a1)+x(3,1,a1)<=1
x(1,4,a1)+x(4,1,a1)<=1
x(2,3,a1)+x(3,2,a1)<=1
x(2,4,a1)+x(4,2,a1)<=1
x(3,4,a1)+x(4,3,a1)<=1
x(1,2,a1)+x(2,3,a1)+x(3,1,a1)<=2
x(2,1,a1)+x(1,3,a1)+x(3,2,a1)<=2
x(4,2,a1)+x(2,3,a1)+x(3,4,a1)<=2
x(2,4,a1)+x(4,3,a1)+x(3,2,a1)<=2
x(1,4,a1)+x(4,3,a1)+x(3,1,a1)<=2
x(4,1,a1)+x(1,3,a1)+x(3,4,a1)<=2
x(1,2,a1)+x(2,4,a1)+x(4,1,a1)<=2
x(2,1,a1)+x(1,4,a1)+x(4,2,a1)<=2
x(1,2,a1)+x(2,3,a1)+x(3,4,a1)+x(4,1,a1)<=3
x(1,4,a1)+x(4,3,a1)+x(3,2,a1)+x(2,1,a1)<=3
end-do
!função objetivo
obj1:= sum(a1 in v, b1 in z, c1 in tt)(c(c1,b1)*p(a1,c1,b1))
obj2:= sum(d1 in v)ct(d1,5)
obj3:= obj1+obj2
minimize(obj3)
writeln (“Função objetivo: “, getobjval)
forall (a1 in i, b1 in j, c1 in v) do
writeln(“x(“,a1,”,”,b1,”,”,c1,”)=”, x(a1,b1,c1).sol)
end-do
forall (a1 in v, b1 in z) do
writeln(“k(“,a1,”,”,b1,”)=”, k(a1,b1).sol)
end-do
forall (a1 in v, b1 in t) do
```

```
writeln("b(",a1,",",b1,")=", b(a1,b1).sol)
end-do
forall (a1 in v, b1 in t, c1 in z) do
writeln("p(",a1,",",b1,",",c1,")=", p(a1,b1,c1).sol)
end-do

forall (a1 in i, b1 in v) do
writeln("y(",a1,",",b1,")=", y(a1,b1).sol)
end-do
forall (a1 in v, b1 in 5..5) do
writeln("ct(",a1,",",b1,")=", ct(a1,b1).sol)
end-do
forall (a1 in v) do
writeln("D(",a1,")=", D(a1).sol)
end-do
forall (a1 in i, b1 in v) do
writeln("s(",a1,",",b1,")=", s(a1,b1).sol)
end-do
```

APÊNDICE B – ARQUIVO DE INICIALIZAÇÃO DO *XPRESS*

qt: [0 1000 3000 6000 12000 24000 0 1000 3000 6000 12000 24000 0 1000 3000 6000 12000 24000 0 1000 3000 6000 12000 24000]

q: [16500 5000 7000 18000]

c: [0 329.28 411.60 473.34 637.98 1029 0 411.60 514.50 596.82 864.36 1029 0 699.72 823.20 884.94 1193.64 1543.50 0 905.52 1029 1193.64 1440.60 1749.30 0 3.018 3.43 3.979 4.802 5.831]

d: [0 426 316 224 361 426 0 400 640 500 316 400 0 500 640 224 640 500 0 400 361 500 640 400 0]

te: [0 2.733333333 1.511111111 1.288888889 2.011111111 2.733333333 0
2.444444444 3.111111111 2.555555556 1.811111111 2.244444444 0
2.555555556 3.111111111 1.288888889 3.111111111 2.555555556 0
2.244444444 2.011111111 2.555555556 3.111111111 2.244444444 0]

tc: [0 0.5 0.5 0.5 0.5]

a: [6 8 8 8 8]

f: [22 17 17 17 17]

APÊNDICE C – RESULTADO DO XPRESS IMPRESSO

Função objetivo: 13020.3
x(0,0,1)=1
x(0,0,2)=-2.56825e-007
x(0,0,3)=0
x(0,0,4)=-8.98889e-008
x(0,0,5)=1
x(0,1,1)=0
x(0,1,2)=0
x(0,1,3)=0
x(0,1,4)=0
x(0,1,5)=0
x(0,2,1)=0
x(0,2,2)=0
x(0,2,3)=1
x(0,2,4)=0
x(0,2,5)=0
x(0,3,1)=0
x(0,3,2)=1
x(0,3,3)=0
x(0,3,4)=0
x(0,3,5)=0
x(0,4,1)=0
x(0,4,2)=0
x(0,4,3)=0
x(0,4,4)=1
x(0,4,5)=0
x(1,0,1)=0
x(1,0,2)=0
x(1,0,3)=1
x(1,0,4)=0
x(1,0,5)=0
x(1,1,1)=0
x(1,1,2)=0
x(1,1,3)=0
x(1,1,4)=0
x(1,1,5)=0
x(1,2,1)=0
x(1,2,2)=0
x(1,2,3)=0
x(1,2,4)=0
x(1,2,5)=0
x(1,3,1)=0
x(1,3,2)=0
x(1,3,3)=0
x(1,3,4)=0
x(1,3,5)=0
x(1,4,1)=0
x(1,4,2)=0
x(1,4,3)=0
x(1,4,4)=0
x(1,4,5)=0
x(2,0,1)=0
x(2,0,2)=0
x(2,0,3)=0
x(2,0,4)=0
x(2,0,5)=0
x(2,1,1)=0
x(2,1,2)=0
x(2,1,3)=1
x(2,1,4)=0
x(2,1,5)=0
x(2,2,1)=0
x(2,2,2)=0
x(2,2,3)=0
x(2,2,4)=0
x(2,2,5)=0
x(2,3,1)=0
x(2,3,2)=0
x(2,3,3)=0
x(2,3,4)=0
x(2,3,5)=0
x(2,4,1)=0
x(2,4,2)=-8.98889e-008
x(2,4,3)=0
x(2,4,4)=0
x(2,4,5)=0
x(3,0,1)=0
x(3,0,2)=1
x(3,0,3)=0
x(3,0,4)=-2.56825e-007
x(3,0,5)=0
x(3,1,1)=0
x(3,1,2)=0
x(3,1,3)=0
x(3,1,4)=0
x(3,1,5)=0
x(3,2,1)=0
x(3,2,2)=0
x(3,2,3)=0
x(3,2,4)=0
x(3,2,5)=0
x(3,3,1)=0
x(3,3,2)=0

x(3,3,3)=0
x(3,3,4)=0
x(3,3,5)=0
x(3,4,1)=0
x(3,4,2)=0
x(3,4,3)=0
x(3,4,4)=0
x(3,4,5)=0
x(4,0,1)=0
x(4,0,2)=0
x(4,0,3)=0
x(4,0,4)=1
x(4,0,5)=0
x(4,1,1)=0
x(4,1,2)=0
x(4,1,3)=0
x(4,1,4)=0
x(4,1,5)=0
x(4,2,1)=0
x(4,2,2)=-8.98889e-008
x(4,2,3)=0
x(4,2,4)=0
x(4,2,5)=0
x(4,3,1)=0
x(4,3,2)=0
x(4,3,3)=0
x(4,3,4)=-2.56825e-007
x(4,3,5)=0
x(4,4,1)=0
x(4,4,2)=0
x(4,4,3)=0
x(4,4,4)=0
x(4,4,5)=0
k(1,1)=1
k(1,2)=0
k(1,3)=0
k(1,4)=0
k(1,5)=0
k(1,6)=0
k(2,1)=0
k(2,2)=0
k(2,3)=0
k(2,4)=0
k(2,5)=1
k(2,6)=0
k(3,1)=0
k(3,2)=0
k(3,3)=0
k(3,4)=0
k(3,5)=0
k(3,6)=1
k(4,1)=0
k(4,2)=0
k(4,3)=0
k(4,4)=0
k(4,5)=0
k(4,6)=1
k(5,1)=1
k(5,2)=0
k(5,3)=0
k(5,4)=0
k(5,5)=0
k(5,6)=0
b(1,1)=1
b(1,2)=0
b(1,3)=0
b(1,4)=0
b(1,5)=0
b(2,1)=0
b(2,2)=0
b(2,3)=0
b(2,4)=0
b(2,5)=1
b(3,1)=0
b(3,2)=0
b(3,3)=0
b(3,4)=0
b(3,5)=1
b(4,1)=0
b(4,2)=0
b(4,3)=0
b(4,4)=0
b(4,5)=1
b(5,1)=1
b(5,2)=0
b(5,3)=0
b(5,4)=0
b(5,5)=0
p(1,1,1)=1
p(1,1,2)=0
p(1,1,3)=0
p(1,1,4)=0
p(1,1,5)=0
p(1,1,6)=0
p(1,2,1)=0
p(1,2,2)=0
p(1,2,3)=0
p(1,2,4)=0
p(1,2,5)=0
p(1,2,6)=0
p(1,3,1)=0

p(1,3,2)=0
p(1,3,3)=0
p(1,3,4)=0
p(1,3,5)=0
p(1,3,6)=0
p(1,4,1)=0
p(1,4,2)=0
p(1,4,3)=0
p(1,4,4)=0
p(1,4,5)=0
p(1,4,6)=0
p(1,5,1)=0
p(1,5,2)=0
p(1,5,3)=0
p(1,5,4)=0
p(1,5,5)=0
p(1,5,6)=0
p(2,1,1)=0
p(2,1,2)=0
p(2,1,3)=0
p(2,1,4)=0
p(2,1,5)=0
p(2,1,6)=0
p(2,2,1)=0
p(2,2,2)=0
p(2,2,3)=0
p(2,2,4)=0
p(2,2,5)=0
p(2,2,6)=0
p(2,3,1)=0
p(2,3,2)=0
p(2,3,3)=0
p(2,3,4)=0
p(2,3,5)=0
p(2,3,6)=0
p(2,4,1)=0
p(2,4,2)=0
p(2,4,3)=0
p(2,4,4)=0
p(2,4,5)=0
p(2,4,6)=0
p(2,5,1)=0
p(2,5,2)=0
p(2,5,3)=0
p(2,5,4)=0
p(2,5,5)=1
p(2,5,6)=0
p(3,1,1)=0
p(3,1,2)=0
p(3,1,3)=0
p(3,1,4)=0
p(3,1,5)=0
p(3,1,6)=0
p(3,2,1)=0
p(3,2,2)=0
p(3,2,3)=0
p(3,2,4)=0
p(3,2,5)=0
p(3,2,6)=0
p(3,3,1)=0
p(3,3,2)=0
p(3,3,3)=0
p(3,3,4)=0
p(3,3,5)=0
p(3,3,6)=0
p(3,4,1)=0
p(3,4,2)=0
p(3,4,3)=0
p(3,4,4)=0
p(3,4,5)=0
p(3,4,6)=0
p(3,5,1)=0
p(3,5,2)=0
p(3,5,3)=0
p(3,5,4)=0
p(3,5,5)=0
p(3,5,6)=1
p(4,1,1)=0
p(4,1,2)=0
p(4,1,3)=0
p(4,1,4)=0
p(4,1,5)=0
p(4,1,6)=0
p(4,2,1)=0
p(4,2,2)=0
p(4,2,3)=0
p(4,2,4)=0
p(4,2,5)=0
p(4,2,6)=0
p(4,3,1)=0
p(4,3,2)=0
p(4,3,3)=0
p(4,3,4)=0
p(4,3,5)=0
p(4,3,6)=0
p(4,4,1)=0
p(4,4,2)=0
p(4,4,3)=0
p(4,4,4)=0
p(4,4,5)=0
p(4,4,6)=0
p(4,5,1)=0

p(4,5,2)=0
p(4,5,3)=0
p(4,5,4)=0
p(4,5,5)=0
p(4,5,6)=1
p(5,1,1)=1
p(5,1,2)=0
p(5,1,3)=0
p(5,1,4)=0
p(5,1,5)=0
p(5,1,6)=0
p(5,2,1)=0
p(5,2,2)=0
p(5,2,3)=0
p(5,2,4)=0
p(5,2,5)=0
p(5,2,6)=0
p(5,3,1)=0
p(5,3,2)=0
p(5,3,3)=0
p(5,3,4)=0
p(5,3,5)=0
p(5,3,6)=0
p(5,4,1)=0
p(5,4,2)=0
p(5,4,3)=0
p(5,4,4)=0
p(5,4,5)=0
p(5,4,6)=0
p(5,5,1)=0
p(5,5,2)=0
p(5,5,3)=0
p(5,5,4)=0
p(5,5,5)=0
p(5,5,6)=0
y(0,1)=0
y(0,2)=0
y(0,3)=0
y(0,4)=0
y(0,5)=0
y(1,1)=0
y(1,2)=0
y(1,3)=1
y(1,4)=0
y(1,5)=0
y(2,1)=0
y(2,2)=-8.98889e-008
y(2,3)=1
y(2,4)=8.98889e-008
y(2,5)=0
y(3,1)=0
y(3,2)=1
y(3,3)=0
y(3,4)=-2.56825e-007
y(3,5)=0
y(4,1)=0
y(4,2)=-8.98889e-008
y(4,3)=0
y(4,4)=1
y(4,5)=0
ct(1,5)=0
ct(2,5)=2151.3
ct(3,5)=6659
ct(4,5)=4209.98
ct(5,5)=0
D(1)=0
D(2)=448
D(3)=1142
D(4)=722
D(5)=0
s(0,1)=6
s(0,2)=6
s(0,3)=6
s(0,4)=6
s(0,5)=6
s(1,1)=0
s(1,2)=0
s(1,3)=0
s(1,4)=0
s(1,5)=0
s(2,1)=0
s(2,2)=0
s(2,3)=7.51111
s(2,4)=0
s(2,5)=0
s(3,1)=0
s(3,2)=7.28889
s(3,3)=0
s(3,4)=0
s(3,5)=0
s(4,1)=0
s(4,2)=0
s(4,3)=0
s(4,4)=8.01111
s(4,5)=0

Tabela C.1 – Resultado da malha de teste exato

Veículo	Rota	Tipo	Trecho	Custo	Distância
1	0 - 0	1	1	0	0
2	0 - 3 - 0	5	5	2151,3	448
3	0 - 2 - 1 - 0	6	5	6659	1142
4	0 - 4 - 0	6	5	4209,98	722
5	0 - 0	1	1	0	0

APÊNDICE D – TELAS DE RESULTADO DO *XPRESS*

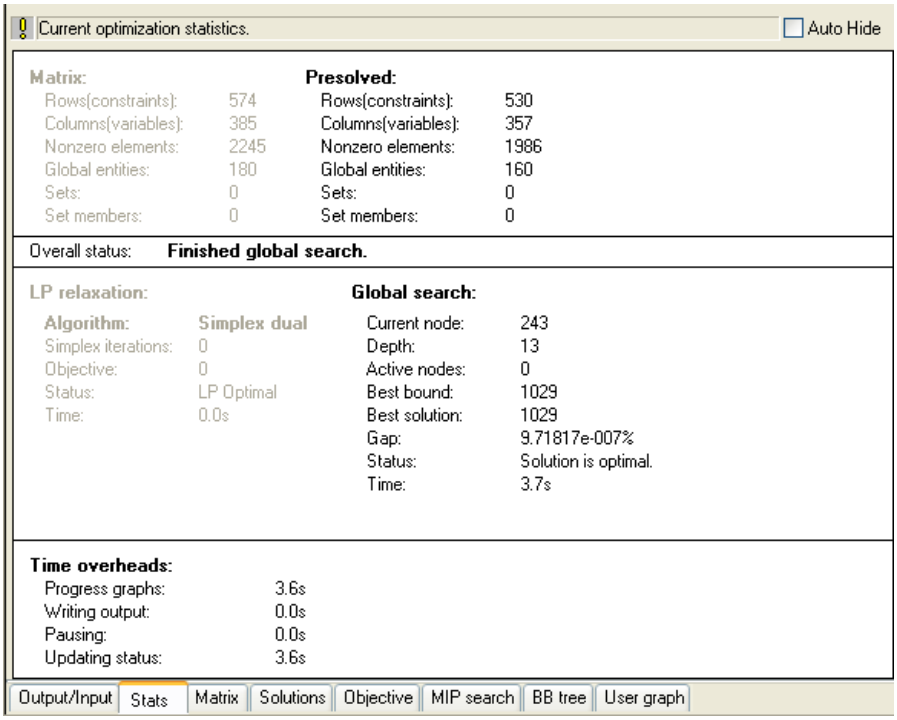

Figura D.1 – Tela de saída do *Xpress* para resolução exata de 1 fornecedor

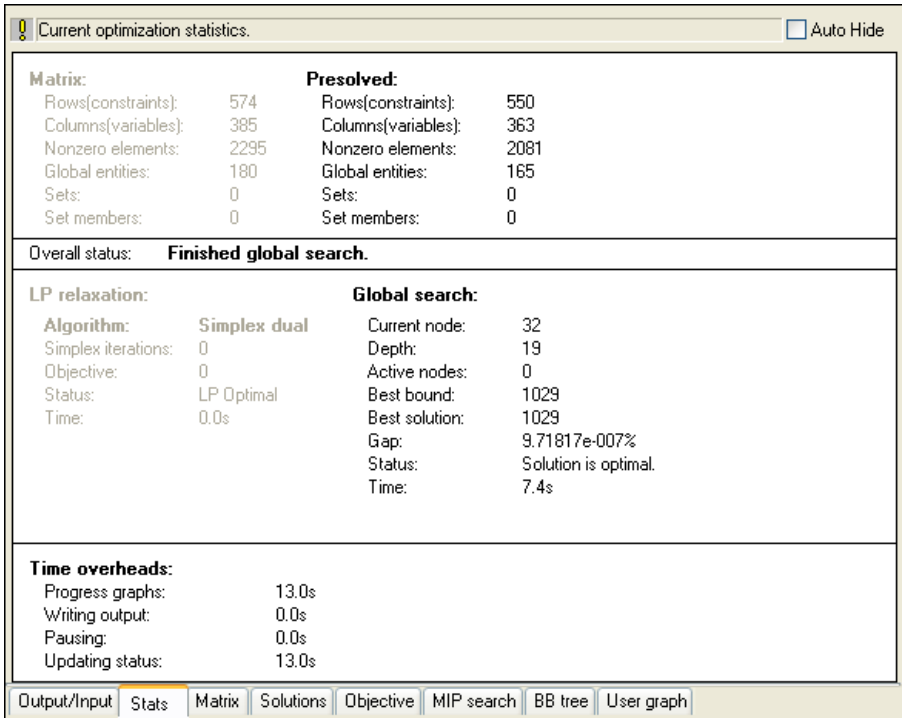

Figura D.2 – Tela de saída do *Xpress* para resolução exata de 2 fornecedores

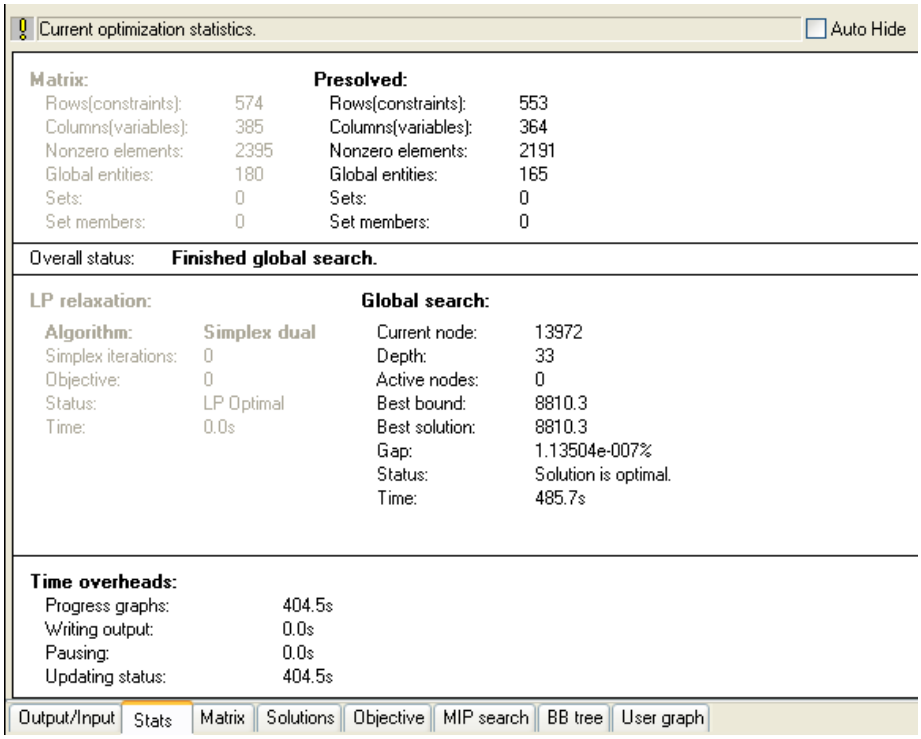

Figura D.3 – Tela de saída do *Xpress* para resolução exata de 3 fornecedores

APÊNDICE E – MACRO PARA PLANILHA DE DISTÂNCIA ENTRE FORNECEDORES

```
Sub planilhadedistancia()
‘rotina para elaboração de planilhas de distância entre pontos a serem roteados naquela determinada semana

Dim q(54, 93) As Single 'array que guarda os números da planilha original(demanda)
Dim m As Integer ' contador x das células a serem guardadas
Dim n As Integer ' contador y das células a serem guardadas
Dim a As Integer ' contador x de q
Dim b As Integer ' contador y de q
Dim g As Integer ' contador x das células a serem impressas
Dim h As Integer ' contador y das células a serem impressas
Dim c As Integer ' contador de colunas já retiradas da matriz de distâncias

a = 0
b = 0

‘grava valores de demanda de todos os fornecedores que serão roteados em cada semana
Do While a < 55
b = 0
Do While b < 94
q(a, b) = Cells(2 + a, 2 + b)
b = b + 1
Loop
a = a + 1
Loop

Sheets.Add

n = 1
m = 1
g = 0

Do While m < 95
n = 1
g = g + 1
h = 1
Do While n < 56
If q(n - 1, m - 1) <> 0 Then
Cells(g, h) = q(n - 1, m - 1)
h = h + 1
End If
n = n + 1
Loop
m = m + 1
Loop
```

```
Sheets("Sinuosidade").Select
Cells.Select
Selection.Copy

Sheets.Add
ActiveSheet.Paste

n = 1
m = 1

‘rotina que deleta colunas e linhas que não serão utilizadas nessa semana da matriz de distâncias completa
Do While m < 95
n = 1
c = 0
Do While n < 56
If q(n - 1, m - 1) = 0 Then
Columns(n + 2 - c).Select
Selection.Delete Shift:=xlToLeft
Rows(n + 2 - c).Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
c = c + 1
End If
n = n + 1
Loop
If m <> 94 Then
Sheets("Sinuosidade").Select
Cells.Select
Selection.Copy
Sheets.Add
ActiveSheet.Paste
End If
m = m + 1
Loop

End Sub
```

APÊNDICE F – PROGRAMAÇÃO DA HEURÍSTICA DE INSERÇÃO DE DULLAERT(2002) ADAPTADA

```
Function tipodeveiculo(roteadocarga As Double)

'responde qual o tipo de veículo quando recebe o valor da carga que o mesmo deverá carregar.
Escolhe o menor possível que atende a demanda prevista
   If roteadocarga <= 1000 Then
   tipodeveiculo = 0
   ElseIf roteadocarga <= 3000 Then
   tipodeveiculo = 1
   ElseIf roteadocarga <= 6000 Then
   tipodeveiculo = 2
   ElseIf roteadocarga <= 12000 Then
   tipodeveiculo = 3
   ElseIf roteadocarga <= 24000 Then
   tipodeveiculo = 4
   End If

End Function

Function custocam(tipo As Integer, roteadodistancia As Double)

'calcula o custo recebendo as informações de tipo de veículo utilizado e distância percorrida
pelo mesmo. Função fundamental no contexto deste trabalho por trabalhar com a questão dos
custos escalonados
Dim t As Integer
Dim v As Integer
Dim tipodetrecho As Integer
Dim custo(4, 4) As Double

t = 0
v = 0

'lê dados de custos nesta aba
Sheets("Infocustos").Select

Do While t < 5
   Do While v < 5
   custo(t, v) = Cells(3 + t, 3 + v)
   v = v + 1
   Loop
t = t + 1
v = 0
Loop

   If roteadodistancia <= 50 Then
   tipodetrecho = 0
```

```
    ElseIf roteadodistancia <= 100 Then
    tipodetrecho = 1
    ElseIf roteadistancia <= 200 Then
    tipodetrecho = 2
    ElseIf roteadodistancia <= 300 Then
    tipodetrecho = 3
    ElseIf roteadodistancia > 300 Then
    tipodetrecho = 4
    End If

If tipodetrecho <> 4 Then
custocam = custo(tipodetrecho, tipo)
End If
If tipodetrecho = 4 Then
custocam = custo(tipodetrecho, tipo) * roteadodistancia
End If

End Function

Sub Heuristica()

Dim contsemana As Integer 'contador de semanas
Dim contforn As Integer 'contador de fornecedores a serem atendidos em uma determinada semana
Dim contveiculo As Integer 'contador de veículos
Dim demanda(93, 27) As Double 'matriz que guarda valores
Dim demrevisada(93, 27) As Double 'matriz que guarda dados de demanda revisada (com valores todos menores ou iguais a 24000)
Dim demoutros(93, 27) As Double 'matriz que guarda as demandas de truckload
Dim demespecial(93, 27) As Double 'matriz que guarda carregamentos especiais, ou seja, aqueles que por si só excedem o limite da janela de tempo
Dim distancia(93, 28, 28) As Double 'matriz tridimensional que coleta as distancias entre os fornecedores, em cada semana
Dim forn As Integer 'conta quantos fornecedores efetivamente serão atendidos em uma semana
Dim cont1 As Integer 'contador geral(forn1)
Dim cont2 As Integer 'contador geral(forn2)
Dim custo(4, 4) As Double 'custos conforme o tipo de veículo utilizado e o tipo de trecho percorrido
Dim t As Integer 'contador de tipo de trecho
Dim v As Integer 'contador de tipo de veículos
Dim maior(93) As Double 'vetor que guardará a maior distância na condição inicial
Dim fornmaior2(93, 25) As Integer 'variável que guardará o fornecedor para o qual há a maior distância na condição de inicialização

Dim roteado(93, 25, 28) As Double 'guardará a sequência dos fornecedores roteados em cada veículo
Dim demalterar(93, 27) As Double 'cópia de demanda revisada, para alterações em meio à lógica
```

```
Dim roteadotempo(93, 25) As Double 'guarda o tempo gasto dos fornecedores já roteados para este veículo
Dim roteadodistancia(93, 25) As Double 'guarda a distância acumulada dos fornecedores já roteados para este veículo
Dim roteadocarga(93, 25) As Double 'guarda a carga já acumulado dos fornecedores já roteados para este veículo
Dim tipo(93, 25) As Integer 'indica o tipo de veículo utilizado em cada rota
Dim controteado As Integer 'contador que será usado para termos a ordem dos fornecedores já roteados
Dim acrescimo(93, 25, 28, 28) As Double 'dá o valor do ganhos em custo da inclusão de um fornecedor após um fornecedor já roteado, dentro de um veículo

Dim continclusao As Integer 'grava a ordem de toda a inclusão do projeto

Dim veiculoinclusao(50000) As Integer 'veiculo, dentro de uma determinada semana, onde ocorreu a inclusao
Dim maiorinclusao As Double 'guarda o valor do maior valor até então a ser incluído
Dim oinclusao(50000) As Integer 'contador da ordem de inclusão
Dim pinclusao(50000) As Integer 'contador da posição de inclusão
Dim quantoinclusao(50000) As Double 'quanto é incluído
Dim quandoinclusao(50000) As Double 'que hora é incluido
Dim qinclusao(50000) As Integer

Dim velocidade As Double 'constante utilizada como valor da velocidade média em todo o trecho
Dim conttroca As Integer 'utilizado na troca das posições quando há inclusão de fornecedores em um veículo
Dim soma As Double 'soma da quantidade de carga a ser roteada naquela semana

Dim a As Integer
Dim b As Integer
Dim c As Double


velocidade = 45 'Km/h

contsemana = 0 'vai de 0 até 93, ou seja, 94 semanas
contforn = 0 'vai de 0 até 26: máximo de 27 fornecedores numa semana
contveiculo = 0

controteado = 0

t = 0
v = 0

Sheets("Infodemandas").Select

' rotina para gravar valores da aba de demandas
Do While contsemana < 94 'são 94 semanas de atendimento
    demanda(contsemana, 0) = 0
```

```
   Do While contforn < 27 'o maior número de fornecedores a ser atendido em uma semana
neste determinado projeto
      demanda(contsemana, contforn + 1) = Cells(2 + contsemana, 2 + contforn)
   contforn = contforn + 1
   Loop
contforn = 0
contsemana = contsemana + 1
Loop

contsemana = 0
contforn = 0


Do While contsemana < 94

   Do While contforn < 28

      If demanda(contsemana, contforn) <= 24000 Then
      demrevisada(contsemana, contforn) = demanda(contsemana, contforn)
      Else
      demoutros(contsemana, contforn) = 24000 * Int(demanda(contsemana, contforn) /
24000)
      demrevisada(contsemana, contforn) = demanda(contsemana, contforn) - 24000 *
Int(demanda(contsemana, contforn) / 24000)
      End If
   contforn = contforn + 1
   Loop
contforn = 0
contsemana = contsemana + 1
Loop


contsemana = 0
contforn = 0

'coletar distâncias
forn = 0
cont1 = 0
cont2 = 0

Do While contsemana < 94

   Sheets("Semana" & (contsemana + 1)).Select


   Do While Cells(1, 2 + forn) <> ""
   forn = forn + 1
   Loop 'neste momento sabe-se quantos fornecedores serão atendidos naquela semana

   Do While cont1 < forn 'linhas da planilha
```

```
        Do While cont2 < forn 'colunas da planilha
        distancia(contsemana, cont1, cont2) = Cells(2 + cont1, 2 + cont2)
        cont2 = cont2 + 1
        Loop
        cont2 = 0
    cont1 = cont1 + 1
    Loop
    cont1 = 0
    cont2 = 0
    forn = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop

contsemana = 0
contforn = 0

Do While contsemana < 94
Do While contforn < 28

If (distancia(contsemana, 0, contforn) / velocidade + 6) > 17 Then
demespecial(contsemana, contforn) = demrevisada(contsemana, contforn)
demrevisada(contsemana, contforn) = 0
End If
contforn = contforn + 1
Loop
contforn = 0
contsemana = contsemana + 1
Loop

contsemana = 0
contforn = 0


'cria cópia da matriz de demanda revisada, para alterações
Do While contsemana < 94
    Do While contforn < 28
    demalterar(contsemana, contforn) = demrevisada(contsemana, contforn)
    contforn = contforn + 1
    Loop
contforn = 0
contsemana = contsemana + 1
Loop

contsemana = 0
contforn = 0

'Aqui efetivamente começa o algoritmo. Até então somente foram gravados os dados extraídos das planilhas

contsemana = 0
```

```
contforn = 0

forn = 0
cont1 = 0
cont2 = 0
maior(contsemana) = 0

'condição de inicialização: fornecedor mais distante
Do While contsemana < 94

   Sheets("Semana" & (contsemana + 1)).Select

   Do While Cells(1, 2 + forn) <> ""
   forn = forn + 1
   Loop 'neste momento sabe-se quantos fornecedores serão atendidos naquela semana

      Do While cont2 < forn 'colunas da planilha, somente na primeira linha referente ao CD

      If demalterar(contsemana, cont2) > 0 Then
         If maior(contsemana) < distancia(contsemana, cont1, cont2) Then
         maior(contsemana) = distancia(contsemana, cont1, cont2)
         fornmaior2(contsemana, 0) = cont2
         End If
      End If

      cont2 = cont2 + 1
      Loop
   cont2 = 0
   forn = 0
   contsemana = contsemana + 1
Loop


contsemana = 0
veiculo = 0


'Inicializações de tempo
Do While contsemana < 94
   Do While veiculo < 26
   roteadotempo(contsemana, veiculo) = 6 'janela de tempo inicial no CD
   veiculo = veiculo + 1
   Loop
   contsemana = contsemana + 1
   veiculo = 0
Loop

contsemana = 0
veiculo = 0
```

```
continclusao = 0

'primeiras rotas dos primeiros veículos de cada semana: sai do CD, vai ao fornecedor de maior distância e volta ao CD; inicializações de tempo, distância e carga
Do While contsemana < 94

roteado(contsemana, 0, 0) = 0
roteado(contsemana, 0, 1) = fornmaior2(contsemana, 0)
roteado(contsemana, 0, 2) = 0
roteadodistancia(contsemana, 0) = roteadodistancia(contsemana, 0) + 2 * distancia(contsemana, 0, fornmaior2(contsemana, 0))
roteadocarga(contsemana, 0) = roteadocarga(contsemana, 0) + demalterar(contsemana, fornmaior2(contsemana, 0))
roteadotempo(contsemana, 0) = roteadotempo(contsemana, 0) + 2 * distancia(contsemana, 0, fornmaior2(contsemana, 0)) / velocidade + 0.5 + 0.125 * roteadocarga(contsemana, 0) '***
demalterar(contsemana, fornmaior2(contsemana, 0)) = 0
contsemana = contsemana + 1
Loop

contforn = 0 'contando fornecedores a serem inclusos
controteado = 0
contsemana = 0
cont1 = 0
cont2 = 0
soma = 0

  Sheets.Add.Name = "resultado"


  Cells(1, 1) = "Inclusão"
  Cells(1, 2) = "Semana"
  Cells(1, 3) = "Veículo"
  Cells(1, 4) = "Posição"
  Cells(1, 5) = "Quem"
  Cells(1, 6) = "Quanto"
  Cells(1, 7) = "Quando"

  Do While contsemana < 94
  Cells(contsemana + 2, 1) = "Inicialsemana" & contsemana + 1
  Cells(contsemana + 2, 2) = contsemana + 1
  Cells(contsemana + 2, 3) = 1
  Cells(contsemana + 2, 4) = 1
  Cells(contsemana + 2, 5) = fornmaior2(contsemana, 0)
  Cells(contsemana + 2, 6) = roteadocarga(contsemana, 0)
  Cells(contsemana + 2, 7) = roteadotempo(contsemana, 0)
  contsemana = contsemana + 1
  Loop

  contsemana = 0
  continclusao = 1
```

```
  cont2 = 1

Do While contsemana < 94
      soma = 0
            Do While cont1 < 28
               soma = soma + demalterar(contsemana, cont1)
               cont1 = cont1 + 1
            Loop
            cont1 = 0
   Do While soma > 0


      contforn = 1
      controteado = 1
      c = 0

      If roteadocarga(contsemana, veiculo) = 0 Then 'para inicialização de novos veículos -
critério do mais distante
         b = 1
         Do While b < 28
            If demalterar(contsemana, b) > 0 Then
               If c < distancia(contsemana, 0, b) Then
               c = distancia(contsemana, 0, b)
               fornmaior2(contsemana, veiculo) = b
               End If
            End If
            b = b + 1
         Loop

         If fornmaior2(contsemana, veiculo) > 0 Then
         roteado(contsemana, veiculo, 0) = 0
         roteado(contsemana, veiculo, 1) = fornmaior2(contsemana, veiculo)
         roteado(contsemana, veiculo, 2) = 0
         roteadodistancia(contsemana, veiculo) = roteadodistancia(contsemana, veiculo) + 2 *
distancia(contsemana, 0, fornmaior2(contsemana, veiculo))
         roteadocarga(contsemana, veiculo) = roteadocarga(contsemana, veiculo) +
demalterar(contsemana, fornmaior2(contsemana, veiculo))
         b = 1
         c = 0
         qinclusao(continclusao) = fornmaior2(contsemana, veiculo)
         quantoinclusao(continclusao) = demalterar(contsemana, fornmaior2(contsemana,
veiculo))
         roteadotempo(contsemana, veiculo) = roteadotempo(contsemana, veiculo) + 2 *
distancia(contsemana, 0, fornmaior2(contsemana, veiculo)) / velocidade + 0.5 + 0.125 *
quantoinclusao(continclusao) '***
         demalterar(contsemana, fornmaior2(contsemana, veiculo)) = 0
         pinclusao(continclusao) = 1
         maiorinclusao = 1 'para que na próxima rodada não se inicie um novo veículo - caso
necessário - antes que se verifiquem os acréscimos
         continclusao = continclusao + 1
```

```
End If

Do While cont2 <= continclusao - 1 'cont2 não é zerado no meio desse percurso

Sheets("resultado").Select
If quantoinclusao(cont2) > 0 Then
Cells(cont2 + 95, 1) = cont2
Cells(cont2 + 95, 2) = contsemana + 1
Cells(cont2 + 95, 3) = veiculo + 1
Cells(cont2 + 95, 4) = pinclusao(cont2)
Cells(cont2 + 95, 5) = qinclusao(cont2)
Cells(cont2 + 95, 6) = quantoinclusao(cont2)
End If
cont2 = cont2 + 1
Loop

End If

maiorinclusao = 1

contforn = 1
controteado = 1

    soma = 0
    Do While cont1 < 28
        soma = soma + demalterar(contsemana, cont1)
        cont1 = cont1 + 1
    Loop
    cont1 = 0


Do While (maiorinclusao > 0) 'significa que na rodada passada houve inclusão vantajosa e não precisou ser iniciado novo veículo


Do While contforn < 28 'quero inserir este fornecedor na rota

Do While controteado < 29

acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) = 0 'zera antes de entrar no looping para limpar valores da rodada anterior

If roteado(contsemana, veiculo, controteado) <> 0 Then 'roteado(contsemana, veiculo, controteado) neste momento significa o ponto de partida do arco em análise)
If demalterar(contsemana, contforn) > 0 Then ' se ainda houver carga a ser coletada naquele ponto
If roteadotempo(contsemana, veiculo) + distancia(contsemana, contforn, roteado(contsemana, veiculo, controteado)) / velocidade + distancia(contsemana, contforn, roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) / velocidade - distancia(contsemana,
```

```
roteado(contsemana, veiculo, controteado), roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) /
velocidade <= 17 Then 'o início da rota ainda está dentro da janela de tempo do fornecedor
                If (roteadocarga(contsemana, veiculo) + demalterar(contsemana, contforn)) <=
24000 Then 'a soma da demanda ainda cabe no caminhão de maior capacidade
                  'calcula através das funções o ganho de valor com a entrada de tal fornecedor
na rota
                  acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) =
custocam(tipodeveiculo(roteadocarga(contsemana, veiculo)), roteadodistancia(contsemana,
veiculo)) + custocam(tipodeveiculo(demalterar(contsemana, contforn)),
distancia(contsemana, 0, contforn)) - custocam(tipodeveiculo(roteadocarga(contsemana,
veiculo) + demalterar(contsemana, contforn)), roteadodistancia(contsemana, veiculo) -
distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado), roteado(contsemana,
veiculo, controteado - 1)) + distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado),
contforn) + distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1), contforn))

                Else

                  'a soma da demanda não cabe mais no caminhão de maior capacidade
                  acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) =
custocam(tipodeveiculo(roteadocarga(contsemana, veiculo)), roteadodistancia(contsemana,
veiculo)) + custocam(tipodeveiculo(24000 - roteadocarga(contsemana, veiculo)),
distancia(contsemana, 0, contforn)) - custocam(tipodeveiculo(24000),
roteadodistancia(contsemana, veiculo) - distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo,
controteado), roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) + distancia(contsemana,
contforn, roteado(contsemana, veiculo, controteado)) + distancia(contsemana,
roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1), contforn))
                  End If

                End If

              End If

            Else

              If roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1) <> 0 Then 'roteado(contsemana,
veiculo, controteado-1) neste momento significa o ponto de partida do arco em análise)
                If demalterar(contsemana, contforn) > 0 Then ' se ainda houver carga a ser
coletada naquele ponto
                  If roteadotempo(contsemana, veiculo) + distancia(contsemana, contforn,
roteado(contsemana, veiculo, controteado)) / velocidade + distancia(contsemana, contforn,
roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) / velocidade - distancia(contsemana,
roteado(contsemana, veiculo, controteado), roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) /
velocidade <= 17 Then 'o início da rota ainda está dentro da janela de tempo do fornecedor
                  If (roteadocarga(contsemana, veiculo) + demalterar(contsemana, contforn))
<= 24000 Then 'a soma da demanda ainda cabe no caminhão de maior capacidade
                    'calcula através das funções o ganho de valor com a entrada de tal
fornecedor na rota
                    acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) =
custocam(tipodeveiculo(roteadocarga(contsemana, veiculo)), roteadodistancia(contsemana,
veiculo)) + custocam(tipodeveiculo(demalterar(contsemana, contforn)),
```

```
distancia(contsemana, 0, contforn)) - custocam(tipodeveiculo(roteadocarga(contsemana,
veiculo) + demalterar(contsemana, contforn)), roteadodistancia(contsemana, veiculo) -
distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado), roteado(contsemana,
veiculo, controteado - 1)) + distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado),
contforn) + distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1), contforn))

                Else

                    'a soma da demanda não cabe mais no caminhão de maior capacidade
                    acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) =
custocam(tipodeveiculo(roteadocarga(contsemana, veiculo)), roteadodistancia(contsemana,
veiculo)) + custocam(tipodeveiculo(24000 - roteadocarga(contsemana, veiculo)),
distancia(contsemana, 0, contforn)) - custocam(tipodeveiculo(24000),
roteadodistancia(contsemana, veiculo) - distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo,
controteado), roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) + distancia(contsemana,
contforn, roteado(contsemana, veiculo, controteado)) + distancia(contsemana,
roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1), contforn))
                    End If

                  End If

              End If

             End If

           End If

             controteado = controteado + 1

           Loop
           contforn = contforn + 1
           controteado = 1
       Loop

     contforn = 1
     controteado = 1
     maiorinclusao = 0


        Do While contforn < 28
           Do While controteado < 29
              If acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) = maiorinclusao Then
                 If (distancia(contsemana, qinclusao(continclusao), roteado(contsemana, veiculo,
controteado)) + distancia(contsemana, qinclusao(continclusao), roteado(contsemana, veiculo,
controteado - 1)) - distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, controteado),
roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) - (distancia(contsemana, contforn,
roteado(contsemana, veiculo, controteado)) + distancia(contsemana, contforn,
roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)) - distancia(contsemana, roteado(contsemana,
veiculo, controteado), roteado(contsemana, veiculo, controteado - 1)))) > 0 Then
                 maiorinclusao = acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado)
```

```
            pinclusao(continclusao) = controteado
            qinclusao(continclusao) = contforn
              If (roteadocarga(contsemana, veiculo) + demalterar(contsemana, contforn)) <=
24000 Then
              quantoinclusao(continclusao) = demalterar(contsemana, contforn)
              Else
              quantoinclusao(continclusao) = 24000 - roteadocarga(contsemana, veiculo)
              End If
            End If
          End If

          If acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) > 0 Then
            If acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado) > maiorinclusao Then
            maiorinclusao = acrescimo(contsemana, veiculo, contforn, controteado)
            pinclusao(continclusao) = controteado
            qinclusao(continclusao) = contforn
              If (roteadocarga(contsemana, veiculo) + demalterar(contsemana, contforn)) <=
24000 Then
              quantoinclusao(continclusao) = demalterar(contsemana, contforn)
              Else
              quantoinclusao(continclusao) = 24000 - roteadocarga(contsemana, veiculo)
              End If
            End If
          End If

         controteado = controteado + 1
         Loop
         controteado = 1
         contforn = contforn + 1
        Loop
        'alterações na matriz roteado
        conttroca = -1 'inicializa-se deste modo para que não se tenha troca caso a maior
inclusão não seja maior que zero
        contforn = 1

        If maiorinclusao > 0 Then
        conttroca = 27
        roteadocarga(contsemana, veiculo) = roteadocarga(contsemana, veiculo) +
quantoinclusao(continclusao)
        demalterar(contsemana, qinclusao(continclusao)) = demalterar(contsemana,
qinclusao(continclusao)) - quantoinclusao(continclusao)
        roteadodistancia(contsemana, veiculo) = roteadodistancia(contsemana, veiculo) -
distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, pinclusao(continclusao) - 1),
roteado(contsemana, veiculo, pinclusao(continclusao))) + distancia(contsemana,
qinclusao(continclusao), roteado(contsemana, veiculo, pinclusao(continclusao) - 1)) +
distancia(contsemana, qinclusao(continclusao), roteado(contsemana, veiculo,
pinclusao(continclusao)))
        roteadotempo(contsemana, veiculo) = roteadotempo(contsemana, veiculo) -
distancia(contsemana, roteado(contsemana, veiculo, pinclusao(continclusao) - 1),
roteado(contsemana, veiculo, pinclusao(continclusao))) / velocidade + distancia(contsemana,
```

```
qinclusao(continclusao), roteado(contsemana, veiculo, pinclusao(continclusao) - 1)) /
velocidade + distancia(contsemana, qinclusao(continclusao), roteado(contsemana, veiculo,
pinclusao(continclusao))) / velocidade + 0.5 + 0.125 * quantoinclusao(continclusao) / 1000
        continclusao = continclusao + 1
        End If


        Do While conttroca >= 0 'deve ser regressivo, senão sempre copiará o número inserido
            If conttroca >= pinclusao(continclusao - 1) Then
            roteado(contsemana, veiculo, conttroca + 1) = roteado(contsemana, veiculo,
conttroca)
            End If
            If conttroca = pinclusao(continclusao - 1) Then
            roteado(contsemana, veiculo, conttroca) = qinclusao(continclusao - 1)
            End If
        conttroca = conttroca - 1

        Loop 'encerra conttroca

         soma = 0
            Do While cont1 < 28
                soma = soma + demalterar(contsemana, cont1)
                cont1 = cont1 + 1
            Loop
            cont1 = 0

      Do While cont2 <= continclusao - 1 'cont2 não é zerado no meio desse percurso

      Sheets("resultado").Select
      Cells(cont2 + 95, 1) = cont2
      Cells(cont2 + 95, 2) = contsemana + 1
      Cells(cont2 + 95, 3) = veiculo + 1
      Cells(cont2 + 95, 4) = pinclusao(cont2)
      Cells(cont2 + 95, 5) = qinclusao(cont2)
      Cells(cont2 + 95, 6) = quantoinclusao(cont2)

      cont2 = cont2 + 1
      Loop


     Loop ' maior inclusão

      veiculo = veiculo + 1

            soma = 0
            Do While cont1 < 28
                soma = soma + demalterar(contsemana, cont1)
                cont1 = cont1 + 1
            Loop
            cont1 = 0
```

```
    Loop

    veiculo = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop

'truckloads
contsemana = 0
contforn = 0
cont1 = 2 'contador que não será zerado

Do While contsemana < 94
    Do While contforn < 28
        If demoutros(contsemana, contforn) > 0 Then

        Sheets("resultado").Select
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 1) = "truckload"
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 2) = contsemana + 1
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 3) = "truckload"
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 4) = "truckload"
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 5) = contforn
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 6) = demoutros(contsemana, contforn)
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 8) = 2 * distancia(contsemana, 0, contforn)
        cont1 = cont1 + 1
        End If
        contforn = contforn + 1
    Loop
    contforn = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop

contsemana = 0
contforn = 0

Do While contsemana < 94
    Do While contforn < 28
        If demespecial(contsemana, contforn) > 0 Then

        Sheets("resultado").Select
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 1) = "especial"
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 2) = contsemana + 1
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 3) = "especial"
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 4) = "especial"
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 5) = contforn
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 6) = demespecial(contsemana, contforn)
        Cells(continclusao + 95 + cont1, 8) = 2 * distancia(contsemana, 0, contforn)
        cont1 = cont1 + 1
        End If
        contforn = contforn + 1
```

```
    Loop
    contforn = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop

Sheets.Add.Name = "roteadofinal"

Cells(1, 1) = "Semana"
Cells(1, 2) = "Veículo"
Cells(1, 3) = "Ordem"

cont1 = 0
contforn = 0
contsemana = 0
cont2 = 0 'contador de linhas que não será reinicializado

Do While contsemana < 43
    Do While cont1 < 26
        Do While contforn < 29
        Sheets("roteadofinal").Select
        Cells(2 + cont2, 1) = contsemana + 1
        Cells(2 + cont2, 2) = cont1 + 1
        Cells(2 + cont2, 3) = roteado(contsemana, cont1, contforn)
        cont2 = cont2 + 1
        contforn = contforn + 1
        Loop
        contforn = 0
        cont1 = cont1 + 1
    Loop
    contforn = 0
    cont1 = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop

Sheets.Add.Name = "roteadofinal2" 'segunda parte

Cells(1, 1) = "Semana"
Cells(1, 2) = "Veículo"
Cells(1, 3) = "Ordem"
cont2 = 0

Do While contsemana < 72
    Do While cont1 < 26
        Do While contforn < 29
        Sheets("roteadofinal2").Select
        Cells(2 + cont2, 1) = contsemana + 1
        Cells(2 + cont2, 2) = cont1 + 1
        Cells(2 + cont2, 3) = roteado(contsemana, cont1, contforn)
        cont2 = cont2 + 1
        contforn = contforn + 1
```

```
        Loop
        contforn = 0
        cont1 = cont1 + 1
    Loop
    contforn = 0
    cont1 = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop


Sheets.Add.Name = "roteadofinal3"

Cells(1, 1) = "Semana"
Cells(1, 2) = "Veículo"
Cells(1, 3) = "Ordem"
cont2 = 0

Do While contsemana < 94
    Do While cont1 < 26
        Do While contforn < 29
        Sheets("roteadofinal3").Select
        Cells(2 + cont2, 1) = contsemana + 1
        Cells(2 + cont2, 2) = cont1 + 1
        Cells(2 + cont2, 3) = roteado(contsemana, cont1, contforn)
        cont2 = cont2 + 1
        contforn = contforn + 1
        Loop
        contforn = 0
        cont1 = cont1 + 1
    Loop
    contforn = 0
    cont1 = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop


Sheets.Add.Name = "roteadofinal4"
cont2 = 0
cont1 = 0
contforn = 0
contsemana = 0

Cells(1 + cont2, 1) = "Semana"
Cells(1 + cont2, 2) = "Veículo"
Cells(1 + cont2, 3) = "Tempo"
Cells(1 + cont2, 4) = "Distância"
Cells(1 + cont2, 5) = "Carga"
cont2 = cont2 + 1

Do While contsemana < 94
```

```
    Do While cont1 < 26
        Sheets("roteadofinal4").Select
        Cells(1 + cont2, 1) = contsemana + 1
        Cells(1 + cont2, 2) = cont1 + 1
        Cells(1 + cont2, 3) = roteadotempo(contsemana, cont1)
        Cells(1 + cont2, 4) = roteadodistancia(contsemana, cont1)
        Cells(1 + cont2, 5) = roteadocarga(contsemana, cont1)
        cont2 = cont2 + 1
        cont1 = cont1 + 1

    Loop
    cont1 = 0
    contsemana = contsemana + 1
Loop

End Sub


Sub gerarrelatorio()

'função utilizada na composição do relatório "prático"

Dim cont1 As Integer
Dim semana As Integer
Dim veiculo As Integer
Dim a As Integer
Dim b As Integer
Dim c As Integer
Dim d As Integer

contbase = 2
contrelatorio = 2
semana = 1
veiculo = 1
forn = 1

Sheets.Add.Name = "Relatório"
Cells(1, 1) = "Semana"
Cells(1, 2) = "Veículo"
Cells(1, 3) = "Forn. Saída"
Cells(1, 4) = "Forn. Chegada"
Cells(1, 5) = "Hora Saída"
Cells(1, 6) = "Hora Chegada"
Cells(1, 7) = "Carga Coletada"
Cells(1, 8) = "Distância"

Sheets("roteadofinal").Select

Do While semana < 95
    Do While Cells(contbase, 1) = semana
```

```
        Do While veiculo < 27
          Do While forn < 30

            Sheets("roteadofinal").Select

            If Cells(contbase, 3) <> 0 Then
            a = Cells(contbase, 1)
            b = Cells(contbase, 2)
            d = Cells(contbase, 3)
            c = Cells(contbase - 1, 3)
            Sheets("Relatório").Select
            Cells(contrelatorio, 1) = a
            Cells(contrelatorio, 2) = b
            Cells(contrelatorio, 3) = c
            Cells(contrelatorio, 4) = d
            contrelatorio = contrelatorio + 1
            Else
            If Cells(contbase - 1, 3) <> 0 Then
            a = Cells(contbase, 1)
            b = Cells(contbase, 2)
            d = Cells(contbase, 3)
            c = Cells(contbase - 1, 3)
            Sheets("Relatório").Select
            Cells(contrelatorio, 1) = a
            Cells(contrelatorio, 2) = b
            Cells(contrelatorio, 3) = c
            Cells(contrelatorio, 4) = d
            contrelatorio = contrelatorio + 1
            End If

            End If


          contbase = contbase + 1
          forn = forn + 1

          Loop
        veiculo = veiculo + 1
        forn = 1
        Loop
      Loop
    forn = 1
    veiculo = 1
    semana = semana + 1
Loop

contbase = 2
forn = 1
semana = 44
veiculo = 1
```

```
Sheets("roteadofinal2").Select

Do While semana < 95
   Do While Cells(contbase, 1) = semana
         Do While veiculo < 27
            Do While forn < 30

               Sheets("roteadofinal2").Select

               If Cells(contbase, 3) <> 0 Then
               a = Cells(contbase, 1)
               b = Cells(contbase, 2)
               d = Cells(contbase, 3)
               c = Cells(contbase - 1, 3)
               Sheets("Relatório").Select
               Cells(contrelatorio, 1) = a
               Cells(contrelatorio, 2) = b
               Cells(contrelatorio, 3) = c
               Cells(contrelatorio, 4) = d
               contrelatorio = contrelatorio + 1
               Else
               If Cells(contbase - 1, 3) <> 0 Then
               a = Cells(contbase, 1)
               b = Cells(contbase, 2)
               d = Cells(contbase, 3)
               c = Cells(contbase - 1, 3)
               Sheets("Relatório").Select
               Cells(contrelatorio, 1) = a
               Cells(contrelatorio, 2) = b
               Cells(contrelatorio, 3) = c
               Cells(contrelatorio, 4) = d
               contrelatorio = contrelatorio + 1
               End If

               End If


            contbase = contbase + 1
            forn = forn + 1

            Loop
         veiculo = veiculo + 1
         forn = 1
         Loop
      Loop
   forn = 1
   veiculo = 1
   semana = semana + 1
Loop
```

```
contbase = 2
forn = 1
semana = 73
veiculo = 1

Sheets("roteadofinal3").Select

Do While semana < 95
   Do While Cells(contbase, 1) = semana
         Do While veiculo < 27
            Do While forn < 30

               Sheets("roteadofinal3").Select

               If Cells(contbase, 3) <> 0 Then
               a = Cells(contbase, 1)
               b = Cells(contbase, 2)
               d = Cells(contbase, 3)
               c = Cells(contbase - 1, 3)
               Sheets("Relatório").Select
               Cells(contrelatorio, 1) = a
               Cells(contrelatorio, 2) = b
               Cells(contrelatorio, 3) = c
               Cells(contrelatorio, 4) = d
               contrelatorio = contrelatorio + 1
               Else
               If Cells(contbase - 1, 3) <> 0 Then
               a = Cells(contbase, 1)
               b = Cells(contbase, 2)
               d = Cells(contbase, 3)
               c = Cells(contbase - 1, 3)
               Sheets("Relatório").Select
               Cells(contrelatorio, 1) = a
               Cells(contrelatorio, 2) = b
               Cells(contrelatorio, 3) = c
               Cells(contrelatorio, 4) = d
               contrelatorio = contrelatorio + 1
               End If

               End If

            contbase = contbase + 1
            forn = forn + 1

            Loop
         veiculo = veiculo + 1
         forn = 1
         Loop
      Loop
   forn = 1
```

```
    veiculo = 1
    semana = semana + 1
Loop

End Sub

Sub distanciapontos()

'calcula distâncias entre dois pontos dentro de uma semana

Dim contsemana As Integer
Dim forn As Integer
Dim cont1 As Integer 'contador de linhas da aba relatório
Dim cont2 As Integer
Dim cont3 As Integer
Dim a As Double

Sheets("Relatório").Select
contsemana = 0
forn = 0
cont1 = 2
cont2 = 0

Do While Cells(cont1, 1) <> ""
    Sheets("Relatório").Select
    cont2 = Cells(cont1, 3)
    cont3 = Cells(cont1, 4)
    Sheets("Semana" & (Cells(cont1, 1))).Select
    a = Cells(cont2 + 2, cont3 + 2)
    Sheets("Relatório").Select
    Cells(cont1, 8) = a
    a = 0
    cont1 = cont1 + 1
Loop

End Sub
```

APÊNDICE G – RELATÓRIO DE *TRUCKLOADS*

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
truckload	3	1	120000	5	910,69	Carreta
truckload	8	1	120000	5	410,65	Carreta
truckload	9	4	120000	5	410,65	Carreta
truckload	11	9	24000	1	231,11	Carreta
truckload	12	1	24000	1	86,92	Carreta
truckload	12	3	192000	8	910,69	Carreta
truckload	12	4	24000	1	45,96	Carreta
truckload	13	5	72000	3	410,65	Carreta
truckload	14	9	48000	2	410,65	Carreta
truckload	14	10	24000	1	106,98	Carreta
truckload	15	2	48000	2	51,00	Carreta
truckload	15	6	96000	4	63,09	Carreta
truckload	15	8	72000	3	410,65	Carreta
truckload	16	4	24000	1	86,92	Carreta
truckload	16	7	24000	1	249,99	Carreta
truckload	16	9	96000	4	63,09	Carreta
truckload	16	11	72000	3	410,65	Carreta
truckload	16	13	24000	1	1853,13	Carreta
truckload	17	5	24000	1	68,54	Carreta
truckload	17	12	96000	4	410,65	Carreta
truckload	17	14	48000	2	1853,13	Carreta
truckload	18	1	24000	1	100,01	Carreta
truckload	18	4	24000	1	178,71	Carreta
truckload	18	7	24000	1	410,65	Carreta
truckload	18	10	120000	5	1853,13	Carreta
truckload	19	5	24000	1	108,02	Carreta
truckload	19	8	24000	1	410,65	Carreta
truckload	20	1	24000	1	62,28	Carreta
truckload	20	9	24000	1	183,99	Carreta
truckload	20	10	24000	1	39,23	Carreta
truckload	20	11	24000	1	57,58	Carreta
truckload	20	13	24000	1	63,09	Carreta
truckload	20	14	24000	1	410,65	Carreta
truckload	20	17	48000	2	942,67	Carreta
truckload	21	5	120000	5	63,09	Carreta
truckload	22	2	120000	5	51,81	Carreta
truckload	22	3	48000	2	910,69	Carreta
truckload	22	6	24000	1	108,02	Carreta

Continua...

Continuação

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
truckload	22	7	24000	1	131,57	Carreta
truckload	22	10	24000	1	63,09	Carreta
truckload	22	11	24000	1	127,55	Carreta
truckload	23	3	144000	6	51,81	Carreta
truckload	24	1	336000	14	51,81	Carreta
truckload	24	5	24000	1	106,98	Carreta
truckload	24	6	72000	3	24,13	Carreta
truckload	24	8	24000	1	87,90	Carreta
truckload	25	7	24000	1	78,10	Carreta
truckload	25	10	24000	1	1219,74	Carreta
truckload	26	3	48000	2	910,69	Carreta
truckload	26	5	24000	1	99,61	Carreta
truckload	26	7	24000	1	39,23	Carreta
truckload	29	3	96000	4	45,96	Carreta
truckload	29	8	24000	1	24,13	Carreta
truckload	30	4	48000	2	24,13	Carreta
truckload	31	1	24000	1	874,57	Carreta
truckload	31	3	24000	1	51,81	Carreta
truckload	31	7	24000	1	75,64	Carreta
truckload	32	7	24000	1	127,55	Carreta
truckload	33	9	24000	1	106,98	Carreta
truckload	33	11	24000	1	24,13	Carreta
truckload	36	3	72000	3	45,96	Carreta
truckload	36	7	48000	2	57,58	Carreta
truckload	36	12	24000	1	231,11	Carreta
truckload	44	1	24000	1	61,73	Carreta
truckload	46	8	24000	1	39,23	Carreta
truckload	48	9	24000	1	100,25	Carreta
truckload	49	10	24000	1	231,11	Carreta
truckload	49	12	48000	2	468,19	Carreta
truckload	50	11	24000	1	63,09	Carreta
truckload	52	1	48000	2	874,57	Carreta
truckload	52	8	120000	5	131,57	Carreta
truckload	53	2	24000	1	874,57	Carreta
truckload	54	1	144000	6	874,57	Carreta
truckload	54	2	24000	1	63,09	Carreta
truckload	55	1	24000	1	874,57	Carreta
truckload	56	1	24000	1	874,57	Carreta

Continua...

Continuação

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
truckload	56	17	24000	1	63,09	Carreta
truckload	57	1	72000	3	874,57	Carreta
truckload	57	5	24000	1	61,73	Carreta
truckload	57	7	24000	1	313,87	Carreta
truckload	57	8	24000	1	63,09	Carreta
truckload	58	1	96000	4	874,57	Carreta
truckload	59	14	24000	1	63,09	Carreta
truckload	60	14	24000	1	56,10	Carreta
truckload	60	15	24000	1	39,23	Carreta
truckload	60	20	24000	1	410,65	Carreta
truckload	64	3	24000	1	87,90	Carreta
truckload	65	4	48000	2	75,64	Carreta
truckload	69	1	24000	1	95,74	Carreta
truckload	69	3	24000	1	68,54	Carreta
truckload	69	6	24000	1	75,64	Carreta
truckload	73	2	24000	1	51,81	Carreta
truckload	73	6	24000	1	127,55	Carreta
truckload	78	5	24000	1	39,23	Carreta

Conclusão

APÊNDICE H – RELATÓRIO DE COLETAS ESPECIAIS

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
especial	6	1	1739	1	1219,74	910
especial	9	1	20000	1	1000,46	Carreta
especial	13	7	22000	1	1853,13	Carreta
especial	14	13	24000	1	3620,27	Carreta
especial	16	13	17990	1	1853,13	Carreta
especial	17	14	9000	1	1853,13	*Truck*
especial	18	10	6000	1	1853,13	Toco
especial	20	16	22000	1	1853,13	Carreta
especial	22	14	23250	1	3620,27	Carreta
especial	24	7	13	1	3620,27	Sprinter
especial	25	10	2601	1	1219,74	910
especial	27	2	6300	1	1000,46	*Truck*
especial	27	10	150	1	3620,27	Sprinter
especial	31	16	13634	1	3620,27	Carreta
especial	35	4	5438	1	1000,46	Toco
especial	36	10	9000	1	1219,74	*Truck*
especial	39	2	325	1	1000,46	Sprinter
especial	40	17	8190	1	1219,74	*Truck*
especial	40	20	4878	1	1853,13	Toco
especial	40	23	2439	1	3620,27	910
especial	41	4	1358	1	1219,74	910
especial	42	9	7317	1	1000,46	*Truck*
especial	43	5	23050	1	1219,74	Carreta
especial	44	2	2840	1	1000,46	910
especial	45	18	1871	1	1219,74	910
especial	45	20	18275	1	1853,13	Carreta
especial	45	22	10905	1	3620,27	*Truck*
especial	47	14	4500	1	1219,74	Toco
especial	49	8	2839	1	1219,74	910
especial	50	8	935	1	1000,46	Sprinter
especial	50	15	6900	1	1853,13	*Truck*
especial	50	16	6050	1	3620,27	*Truck*
especial	51	7	3959	1	1219,74	Toco
especial	52	16	2274	1	1219,74	910
especial	52	18	5119	1	3620,27	Toco
especial	53	9	1032	1	1000,46	910
especial	53	22	10255	1	1853,13	*Truck*
especial	55	9	1988	1	1219,74	910

Continua...

Continuação

Tipo	Semana	Fornecedor	Carga	Número de veículos	Distância total (km)	Veículo
especial	56	10	4758	1	1000,46	Toco
especial	57	6	69	1	1000,46	Sprinter
especial	58	11	321	1	1219,74	Sprinter
especial	59	17	4202	1	1219,74	Toco
especial	59	20	10	1	3620,27	Sprinter
especial	60	24	1399	1	1853,13	910
especial	63	4	123	1	1219,74	Sprinter
especial	66	12	19818	1	1219,74	Carreta
especial	67	16	3076	1	1219,74	Toco
especial	68	9	1300	1	1000,46	910
especial	74	10	2337	1	1000,46	910
especial	75	13	540	1	3620,27	Sprinter
especial	80	7	1330	1	1853,13	910
especial	81	4	4477	1	1000,46	Toco
especial	83	8	85	1	3620,27	Sprinter
especial	86	8	450	1	3620,27	Sprinter
especial	91	12	35	1	3620,27	Sprinter
especial	93	1	4029	1	1219,74	Toco

Conclusão

APÊNDICE I – RELATÓRIO DETALHADO DE VEÍCULOS ROTEADOS

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
1	1	0	1	06:00:00	07:12:00	4049,6	54,01
1	1	1	0	08:12:23	09:24:24	0,0	54,01
2	1	0	1	06:00:00	07:05:09	209,0	48,87
2	1	1	0	07:36:43	08:41:52	0,0	48,87
3	1	0	1	06:00:00	16:07:07	20550,0	455,34
3	1	1	0	19:11:15	29:18:22	0,0	455,34
4	1	0	1	06:00:00	06:28:05	346,0	21,07
4	1	1	0	07:00:41	07:28:47	0,0	21,07
5	1	0	2	06:00:00	06:53:24	2877,0	40,06
5	1	2	1	07:44:59	07:48:10	1200,0	2,40
5	1	1	0	08:27:10	09:23:05	0,0	41,94
7	1	0	1	06:00:00	10:33:45	24000,0	205,32
7	1	1	0	14:03:45	18:37:31	0,0	205,32
8	1	0	1	06:00:00	10:33:45	4293,0	205,32
8	1	1	0	11:35:57	16:09:43	0,0	205,32
9	1	0	2	06:00:00	06:52:03	20454,0	39,05
9	1	2	4	09:55:28	13:39:50	1777,0	168,28
9	1	4	0	14:23:09	18:56:55	0,0	205,32
9	2	0	3	06:00:00	07:25:01	454,0	63,77
9	2	3	0	07:58:26	09:23:28	0,0	63,77
10	1	0	1	06:00:00	10:33:45	22000,0	205,32
10	1	1	0	13:48:45	18:22:31	0,0	205,32
11	1	0	3	06:00:00	07:27:47	2000,0	65,85
11	1	3	7	08:12:47	11:21:43	22000,0	141,69
11	1	7	0	14:36:43	19:10:29	0,0	205,32
11	2	0	8	06:00:00	07:29:08	5823,0	66,86
11	2	8	9	08:42:48	09:48:20	18177,0	49,15
11	2	9	0	12:34:40	15:08:45	0,0	115,56
11	3	0	10	06:00:00	06:16:05	12363,0	12,06
11	3	10	8	10:17:03	11:37:40	11637,0	77,66
11	3	8	0	13:34:56	15:04:05	0,0	66,86
11	4	0	1	06:00:00	07:06:40	5076,0	50,01
11	4	1	3	08:14:44	09:16:52	18924,0	46,60
11	4	3	0	12:08:48	13:36:36	0,0	65,85
11	5	0	4	06:00:00	06:37:23	12037,0	28,05
11	5	4	1	08:37:40	09:18:15	11853,0	30,43
11	5	1	6	12:45:44	14:13:59	110,0	109,94
11	5	6	0	14:44:49	16:09:51	0,0	63,77

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
11	6	0	4	06:00:00	06:37:23	2000,0	28,05
11	6	4	2	07:22:23	07:41:17	22000,0	14,17
11	6	2	0	10:56:17	11:52:12	0,0	41,94
11	7	0	10	06:00:00	06:16:05	9637,0	12,06
11	7	10	5	07:58:21	08:32:21	1627,0	25,49
11	7	5	4	09:14:33	09:29:34	6963,0	11,27
11	7	4	0	10:51:48	11:29:12	0,0	28,05
12	1	0	7	06:00:00	16:15:22	19700,0	461,53
12	1	7	0	19:13:07	29:28:29	0,0	461,53
12	2	0	3	06:00:00	16:07:07	23086,0	455,34
12	2	3	0	19:30:16	29:37:23	0,0	455,34
12	3	0	10	06:00:00	07:29:08	2550,0	66,86
12	3	10	11	08:18:16	09:13:41	21450,0	41,56
12	3	11	0	12:24:33	14:46:18	0,0	106,31
12	4	0	9	06:00:00	07:11:19	285,0	53,49
12	4	9	10	07:43:27	10:05:27	3543,0	106,50
12	4	10	8	11:02:01	13:10:02	20172,0	96,02
12	4	8	0	16:11:20	16:53:24	0,0	31,55
12	5	0	5	07:00:38	07:36:28	24000,0	49,81
12	5	5	0	11:06:28	12:12:52	0,0	49,81
12	6	0	2	06:00:00	06:45:41	2410,0	34,27
12	6	2	6	07:33:46	07:54:00	21590,0	15,19
12	6	6	0	11:05:56	12:11:51	0,0	49,44
12	7	0	8	06:00:00	06:42:03	769,0	31,55
12	7	8	2	07:17:49	07:21:34	3683,0	2,81
12	7	2	1	08:19:12	08:40:02	6361,0	15,63
12	7	1	0	09:57:45	10:55:42	0,0	43,46
12	8	0	4	06:00:00	06:30:38	5808,0	22,98
12	8	4	0	07:44:11	08:14:50	0,0	22,98
13	1	0	1	06:00:00	07:06:40	11005,0	50,01
13	1	1	5	08:59:12	13:03:24	160,0	183,15
13	1	5	0	13:34:36	18:08:22	0,0	205,32
13	2	0	3	07:59:08	09:35:36	24000,0	98,67
13	2	3	0	13:05:36	15:17:10	0,0	98,67
13	3	0	2	06:00:00	06:57:56	625,0	43,46
13	3	2	6	07:32:37	09:59:27	23375,0	110,12
13	3	6	0	13:24:45	14:53:54	0,0	66,86
13	4	0	4	06:00:00	07:05:54	20848,0	49,44

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
13	4	4	0	10:12:16	11:18:11	0,0	49,44
13	5	0	2	06:00:00	06:57:56	1415,0	43,46
13	5	2	0	07:38:33	08:36:30	0,0	43,46
14	1	0	4	06:00:00	16:07:07	21492,0	455,34
14	1	4	0	19:18:18	29:25:26	0,0	455,34
14	2	0	7	06:00:00	09:29:14	381,0	156,93
14	2	7	9	10:02:06	11:21:09	23619,0	59,30
14	2	9	0	14:48:18	19:22:04	0,0	205,32
14	3	0	11	06:00:00	07:16:59	15968,1	57,74
14	3	11	7	09:46:44	11:59:30	8031,9	99,58
14	3	7	0	13:29:45	16:58:59	0,0	156,93
14	4	0	11	07:41:19	07:55:35	7940,9	57,74
14	4	11	5	09:25:09	09:59:14	15181,9	25,57
14	4	5	8	12:23:06	13:17:16	877,2	40,63
14	4	8	0	13:53:51	15:53:00	0,0	89,36
14	5	0	14	06:00:00	07:14:37	8310,0	55,97
14	5	14	12	08:46:57	09:47:14	15690,0	45,22
14	5	12	0	12:14:55	13:44:04	0,0	66,86
14	6	0	5	06:00:00	07:13:55	8310,0	55,44
14	6	5	14	08:46:15	11:14:47	15690,0	111,40
14	6	14	0	16:37:20	17:48:40	0,0	55,97
14	7	0	3	06:00:00	06:34:32	19568,0	25,91
14	7	3	6	09:31:18	10:03:32	3184,9	24,18
14	7	6	10	10:57:25	11:02:37	739,0	3,90
14	7	10	5	11:38:10	11:58:22	508,1	15,16
14	7	5	0	12:32:11	13:46:06	0,0	55,44
14	8	0	2	06:00:00	06:55:55	16921,3	41,94
14	8	2	6	09:32:49	09:43:26	7078,7	7,96
14	8	6	0	11:06:31	12:12:55	0,0	49,81
14	9	0	1	06:00:00	07:03:49	16737,0	47,87
14	9	1	0	09:39:21	10:43:11	0,0	47,87
14	10	0	2	06:00:00	06:55:55	4251,7	41,94
14	10	2	0	07:57:48	08:53:43	0,0	41,94
15	1	0	9	06:00:00	07:16:59	9612,0	57,74
15	1	9	8	08:59:04	12:20:03	14388,0	150,74
15	1	8	0	14:37:58	19:11:44	0,0	205,32
15	2	0	3	07:46:59	09:41:39	24000,0	65,42
15	2	3	0	13:11:39	14:38:52	0,0	65,42

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
15	3	0	1	06:00:00	07:06:40	9612,0	50,01
15	3	1	9	08:48:45	09:40:01	14388,0	38,45
15	3	9	0	11:57:56	13:14:55	0,0	57,74
15	4	0	6	06:00:00	06:42:03	9612,0	31,55
15	4	6	1	08:24:09	08:48:50	14388,0	18,52
15	4	1	0	11:06:45	12:13:25	0,0	50,01
15	5	0	5	07:08:23	07:29:37	24000,0	41,63
15	5	5	0	10:59:37	11:55:07	0,0	41,63
15	6	0	4	06:00:00	06:38:23	2000,0	28,79
15	6	4	7	07:23:23	07:37:32	22000,0	10,61
15	6	7	0	10:52:32	11:44:36	0,0	39,05
15	7	0	10	06:00:00	06:16:05	16701,0	12,06
15	7	10	6	08:51:20	09:26:56	7299,0	26,69
15	7	6	0	10:51:40	11:33:44	0,0	31,55
15	8	0	10	06:00:00	06:16:05	7299,0	12,06
15	8	10	4	07:40:49	08:22:20	12685,0	31,14
15	8	4	0	10:27:28	11:05:52	0,0	28,79
15	9	0	2	06:00:00	06:34:00	3904,0	25,50
15	9	2	0	07:33:16	08:07:17	0,0	25,50
16	1	0	8	06:00:00	16:15:22	24000,0	461,53
16	1	8	0	19:45:22	30:00:44	0,0	461,53
16	2	0	1	06:00:00	15:43:02	24000,0	437,28
16	2	1	0	19:13:02	28:56:05	0,0	437,28
16	3	0	7	06:00:00	08:46:39	10324,0	125,00
16	3	7	11	10:34:05	12:26:22	4080,0	84,21
16	3	11	0	13:26:58	18:00:44	0,0	205,32
16	4	0	15	08:32:39	10:33:45	24000,0	106,31
16	4	15	0	14:03:45	16:25:30	0,0	106,31
16	5	0	14	06:00:00	06:16:05	15600,0	12,06
16	5	14	6	10:24:40	12:12:57	8400,0	102,20
16	5	6	0	13:45:57	15:48:37	0,0	91,99
16	6	0	2	07:36:40	07:43:57	15369,0	47,87
16	6	2	12	10:09:13	10:39:22	8631,0	22,61
16	6	12	0	12:14:06	13:25:25	0,0	53,49
16	7	0	3	07:12:03	07:36:45	24000,0	50,01
16	7	3	0	11:06:45	12:13:25	0,0	50,01
16	8	0	9	06:00:00	06:42:03	6570,0	31,55
16	8	9	5	08:01:20	08:02:22	8390,0	0,77

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
16	8	5	2	09:35:17	09:58:08	8631,0	17,13
16	8	2	0	11:32:52	12:36:41	0,0	47,87
16	9	0	10	06:00:00	06:52:03	7050,0	39,05
16	9	10	14	08:14:56	09:10:33	8400,0	41,72
16	9	14	4	10:43:33	11:29:24	6112,0	34,38
16	9	4	0	12:45:14	13:43:11	0,0	43,46
17	1	0	15	06:00:00	16:28:26	15237,0	471,33
17	1	15	0	18:52:43	29:21:10	0,0	471,33
17	2	0	7	06:00:00	16:07:07	16279,0	455,34
17	2	7	0	18:39:13	28:46:20	0,0	455,34
17	3	0	6	06:00:00	07:27:47	4304,0	65,85
17	3	6	12	08:30:04	11:39:00	19696,0	141,69
17	3	12	0	14:36:43	19:10:29	0,0	205,32
17	4	0	9	07:41:19	08:00:55	16696,0	41,63
17	4	9	6	10:36:08	11:20:01	7304,0	32,91
17	4	6	0	12:44:48	14:12:36	0,0	65,85
17	5	0	8	07:41:19	08:06:56	16110,0	37,82
17	5	8	1	10:37:45	12:48:17	7890,0	97,90
17	5	1	0	14:17:28	15:38:07	0,0	60,49
17	6	0	4	06:00:00	06:55:55	1221,2	41,94
17	6	4	9	07:35:04	07:42:33	944,8	5,61
17	6	9	11	08:19:38	08:38:53	10000,0	14,44
17	6	11	13	10:23:53	10:45:45	11834,0	16,39
17	6	13	0	12:44:30	13:55:49	0,0	53,49
17	7	0	10	06:00:00	06:42:03	1393,0	31,55
17	7	10	16	07:22:30	07:39:20	11607,0	12,62
17	7	16	3	09:36:23	09:41:37	11000,0	3,93
17	7	3	0	11:34:07	12:37:57	0,0	47,87
17	8	0	5	06:00:00	06:45:41	1363,8	34,27
17	8	5	2	07:25:55	07:30:06	7890,0	3,14
17	8	2	10	08:59:16	09:00:11	6497,0	0,68
17	8	10	8	10:18:55	10:33:16	3890,0	10,77
17	8	8	9	11:32:27	11:38:32	4359,2	4,57
17	8	9	0	12:41:14	13:36:44	0,0	41,63
17	9	0	5	06:00:00	06:45:41	8565,2	34,27
17	9	5	0	08:19:55	09:05:37	0,0	34,27
18	1	0	5	06:00:00	07:06:50	7008,0	50,13

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
18	1	5	7	08:29:23	12:03:37	16992,0	160,67
18	1	7	0	14:41:03	19:14:49	0,0	205,32
18	2	0	5	06:00:00	07:06:50	602,0	50,13
18	2	5	3	07:41:21	09:36:28	11608,0	86,34
18	2	3	9	11:33:31	12:52:54	11790,0	59,54
18	2	9	0	14:51:20	17:25:24	0,0	115,56
18	3	0	1	06:00:00	07:06:40	3077,3	50,01
18	3	1	6	07:59:45	08:43:10	11525,0	32,57
18	3	6	8	10:39:37	11:01:28	5085,0	16,39
18	3	8	5	12:09:36	12:15:09	4284,0	4,16
18	3	5	2	13:17:16	15:01:59	28,7	78,53
18	3	2	0	15:32:12	17:34:52	0,0	91,99
18	4	0	1	06:00:00	07:06:40	922,7	50,01
18	4	1	4	07:43:35	08:56:50	2628,0	54,93
18	4	4	0	09:46:32	11:45:41	0,0	89,36
19	1	0	10	06:00:00	11:12:07	20000,0	234,09
19	1	10	0	14:12:07	19:24:15	0,0	234,09
19	2	0	2	06:00:00	06:55:55	12393,0	41,94
19	2	2	8	08:58:51	12:45:28	11607,0	169,96
19	2	8	0	14:42:31	19:16:17	0,0	205,32
19	3	0	14	06:00:00	06:54:13	15000,0	40,67
19	3	14	5	09:16:43	09:39:21	201,0	16,98
19	3	5	12	10:10:52	13:29:29	4736,0	148,96
19	3	12	13	14:35:00	16:26:02	4063,0	83,28
19	3	13	0	17:26:31	18:41:09	0,0	55,97
19	4	0	13	06:00:00	07:14:37	91,0	55,97
19	4	13	7	07:45:18	08:06:10	23909,0	15,64
19	4	7	0	11:35:29	13:00:31	0,0	63,77
19	5	0	1	06:00:00	07:06:40	8154,0	50,01
19	5	1	13	08:37:49	10:57:34	15846,0	104,81
19	5	13	0	13:26:25	14:41:03	0,0	55,97
19	6	0	1	06:00:00	07:06:40	11925,0	50,01
19	6	1	9	09:06:06	09:43:07	12075,0	27,76
19	6	9	0	11:43:41	12:55:00	0,0	53,49
19	7	0	4	06:00:00	06:50:25	20000,0	37,82
19	7	4	11	09:50:25	10:03:38	170,0	9,91
19	7	11	1	10:34:55	10:45:07	3830,0	7,66

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
19	7	1	0	11:43:50	12:50:31	0,0	50,01
19	8	0	3	06:00:00	06:57:56	11544,0	43,46
19	8	3	6	08:54:31	09:17:57	7890,0	17,58
19	8	6	11	10:47:07	11:03:57	4566,0	12,62
19	8	11	0	12:08:12	13:06:48	0,0	43,95
19	9	0	2	06:00:00	06:55:55	11516,0	41,94
19	9	2	3	08:52:17	09:36:48	12365,0	33,39
19	9	3	0	11:39:32	12:37:28	0,0	43,46
20	1	0	17	06:00:00	16:28:26	12000,0	471,33
20	1	17	0	18:28:26	28:56:53	0,0	471,33
20	2	0	2	06:00:00	15:43:02	22000,0	437,28
20	2	2	0	18:58:02	28:41:05	0,0	437,28
20	3	0	19	06:00:00	11:12:07	1027,6	234,09
20	3	19	0	11:49:49	17:01:57	0,0	234,09
20	4	0	12	06:00:00	06:55:30	1041,3	41,63
20	4	12	14	07:33:19	11:25:06	2847,0	173,84
20	4	14	0	12:16:27	16:50:13	0,0	205,32
20	5	0	18	06:00:00	06:16:05	15000,0	12,06
20	5	18	13	08:38:35	09:14:10	3500,0	26,69
20	5	13	15	10:10:25	10:50:22	3000,0	29,96
20	5	15	21	11:42:52	14:46:41	2500,0	137,87
20	5	21	0	15:35:26	17:57:11	0,0	106,31
20	6	0	15	06:00:00	07:11:19	10000,0	53,49
20	6	15	10	08:56:19	09:43:56	13000,0	35,71
20	6	10	9	11:51:26	13:35:50	1000,0	78,30
20	6	9	0	14:13:20	16:15:59	0,0	91,99
20	7	0	3	06:00:00	07:06:40	4000,0	50,01
20	7	3	7	08:06:40	08:26:24	20000,0	14,80
20	7	7	0	11:26:24	12:40:20	0,0	55,44
20	8	0	8	07:36:40	08:20:31	15987,0	22,98
20	8	8	15	10:50:25	11:31:07	8013,0	30,52
20	8	15	0	13:01:13	14:12:32	0,0	53,49
20	9	0	1	06:00:00	06:41:31	8000,0	31,14
20	9	1	3	08:11:31	08:36:41	16000,0	18,88
20	9	3	0	11:06:41	12:13:22	0,0	50,01
20	10	0	1	06:00:00	06:41:31	9000,0	31,14
20	10	1	20	08:19:01	08:36:32	15000,0	13,15

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
20	10	20	0	10:59:02	11:57:38	0,0	43,95
20	11	0	5	07:00:38	07:23:27	2000,0	40,06
20	11	5	4	08:08:27	08:11:38	22000,0	2,40
20	11	4	0	12:22:05	12:52:44	0,0	41,94
20	12	0	6	06:00:00	06:34:32	4000,0	25,91
20	12	6	5	08:08:24	08:24:07	20000,0	14,46
20	12	5	0	11:24:07	12:17:32	0,0	40,06
20	13	0	6	07:00:38	07:04:57	18000,0	25,91
20	13	6	1	09:49:57	10:13:18	6000,0	17,52
20	13	1	0	11:28:18	12:09:49	0,0	31,14
20	14	0	8	06:00:00	06:30:38	54,3	22,98
20	14	8	11	07:01:02	07:09:07	17894,0	6,07
20	14	11	0	09:53:20	10:31:43	0,0	28,79
21	1	0	8	06:00:00	16:28:26	20000,0	471,33
21	1	8	0	19:28:26	29:56:53	0,0	471,33
21	2	0	2	06:00:00	16:07:07	581,0	455,34
21	2	2	0	16:41:28	26:48:36	0,0	455,34
21	3	0	6	06:00:00	06:52:03	19424,0	39,05
21	3	6	7	09:47:44	10:09:35	4576,0	16,39
21	3	7	0	11:13:55	12:25:14	0,0	53,49
21	4	0	4	06:00:00	06:41:09	21424,0	30,87
21	4	4	6	09:51:50	10:23:45	2576,0	23,94
21	4	6	0	11:13:04	12:05:08	0,0	39,05
21	5	0	1	06:00:00	06:34:32	105,0	25,91
21	5	1	3	07:05:19	07:09:38	581,0	3,24
21	5	3	4	07:44:00	08:04:49	576,0	15,61
21	5	4	5	08:39:08	08:40:10	15190,0	0,77
21	5	5	0	11:04:05	11:46:09	0,0	31,55
22	1	0	3	06:00:00	16:07:07	23200,0	455,34
22	1	3	0	19:31:07	29:38:15	0,0	455,34
22	2	0	13	06:00:00	11:12:07	1254,0	234,09
22	2	13	0	11:51:31	17:03:39	0,0	234,09
22	3	0	7	06:00:00	07:27:42	2000,0	65,79
22	3	7	1	08:12:42	08:12:55	22000,0	0,16
22	3	1	0	11:27:55	12:55:43	0,0	65,85
22	4	0	12	06:00:00	07:11:19	3300,0	53,49
22	4	12	7	08:06:04	08:31:31	20700,0	19,09

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
22	4	7	0	11:36:46	13:04:29	0,0	65,79
22	5	0	5	07:42:00	08:14:07	1254,0	30,87
22	5	5	15	08:53:32	09:11:09	22446,0	13,22
22	5	15	11	12:29:30	14:50:00	300,0	105,38
22	5	11	0	15:22:15	16:47:17	0,0	63,77
22	6	0	12	06:00:00	07:11:19	14,0	53,49
22	6	12	6	07:41:25	08:04:45	23986,0	17,50
22	6	6	0	11:34:39	12:46:40	0,0	54,01
22	7	0	10	06:00:00	06:42:03	1007,5	31,55
22	7	10	4	07:19:37	07:41:25	8285,5	16,35
22	7	4	12	09:13:33	09:54:15	14707,0	30,52
22	7	12	0	12:14:33	13:25:52	0,0	53,49
22	8	0	9	06:00:00	06:55:30	22000,0	41,63
22	8	9	15	10:10:30	10:25:19	804,0	11,11
22	8	15	10	11:01:21	11:18:10	1196,0	12,62
22	8	10	0	11:57:09	12:39:12	0,0	31,55
22	9	0	8	06:00:00	06:26:09	8285,5	19,62
22	9	8	2	07:58:17	08:10:00	7620,0	8,79
22	9	2	10	09:37:09	10:00:13	7796,5	17,29
22	9	10	0	11:28:41	12:10:45	0,0	31,55
23	1	0	7	06:00:00	07:59:08	1000,0	89,36
23	1	7	9	08:36:38	11:39:06	1030,0	136,85
23	1	9	4	12:16:50	13:53:18	490,0	72,35
23	1	4	0	14:26:58	16:38:32	0,0	98,67
23	2	0	8	06:00:00	07:11:19	8000,0	53,49
23	2	8	2	08:41:19	09:06:42	16000,0	19,04
23	2	2	0	11:36:42	13:04:30	0,0	65,85
23	3	0	8	06:00:00	07:11:19	2000,0	53,49
23	3	8	5	07:56:19	09:56:52	22000,0	90,41
23	3	5	0	13:11:52	14:39:05	0,0	65,42
23	4	0	3	06:00:00	06:34:32	5178,0	25,91
23	4	3	1	07:43:22	08:26:45	12046,0	32,54
23	4	1	8	10:57:54	11:35:02	6000,0	27,76
23	4	8	0	12:55:51	14:07:11	0,0	53,49
23	5	0	6	06:00:00	07:05:54	777,0	49,44
23	5	6	0	07:35:55	08:41:50	0,0	49,44
23	6	0	3	06:00:00	06:34:32	4822,0	25,91

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
23	6	3	0	07:40:42	08:15:14	0,0	25,91
24	1	0	6	07:36:50	08:44:49	12710,0	12,06
24	1	6	4	10:50:08	12:18:23	11290,0	66,19
24	1	4	0	14:13:04	15:38:06	0,0	63,77
24	2	0	1	07:36:50	08:09:09	15352,0	25,91
24	2	1	5	10:34:18	11:11:17	8648,0	27,74
24	2	5	0	12:46:08	13:57:28	0,0	53,49
24	3	0	2	06:00:00	06:26:09	11299,0	19,62
24	3	2	6	08:20:53	08:54:53	5142,0	25,49
24	3	6	8	10:03:27	10:55:43	1620,0	39,20
24	3	8	1	11:37:52	12:11:09	649,0	24,97
24	3	1	3	12:46:01	13:18:21	128,1	24,25
24	3	3	0	13:49:18	14:56:09	0,0	50,13
25	1	0	6	06:00:00	06:26:09	635,0	19,62
25	1	6	9	07:00:54	11:08:41	150,0	185,84
25	1	9	0	11:39:49	16:13:35	0,0	205,32
25	2	0	12	06:00:00	07:29:08	3365,0	66,86
25	2	12	14	08:24:22	09:19:47	20635,0	41,56
25	2	14	0	12:24:33	14:46:18	0,0	106,31
25	3	0	8	06:00:00	07:25:01	15035,0	63,77
25	3	8	12	09:47:47	11:08:24	8965,0	60,45
25	3	12	0	14:15:55	15:30:33	0,0	66,86
25	4	0	2	07:41:19	08:36:08	13058,0	43,46
25	4	2	15	10:44:04	12:50:36	9187,0	94,90
25	4	15	1	14:29:31	14:44:42	1690,0	11,39
25	4	1	8	15:27:22	15:33:15	65,0	4,41
25	4	8	0	16:03:45	17:28:47	0,0	63,77
25	5	0	3	06:00:00	06:34:32	1382,0	25,91
25	5	3	4	07:14:54	07:19:13	9187,0	3,24
25	5	4	11	08:58:07	09:38:49	13431,0	30,52
25	5	11	0	11:49:33	13:00:52	0,0	53,49
25	6	0	7	06:00:00	06:52:03	2000,0	39,05
25	6	7	3	07:37:03	07:55:00	6118,0	13,46
25	6	3	13	09:10:53	09:48:44	2947,4	28,38
25	6	13	5	10:40:51	11:15:47	8200,0	26,20
25	6	5	2	12:47:17	13:11:36	1246,1	18,25
25	6	2	0	13:50:57	14:48:54	0,0	43,46

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
26	1	0	3	06:00:00	16:07:07	20775,0	455,34
26	1	3	0	19:12:56	29:20:03	0,0	455,34
26	2	0	1	06:00:00	15:43:02	6009,9	437,28
26	2	1	0	16:58:07	26:41:09	0,0	437,28
26	3	0	11	06:00:00	06:16:05	13362,0	12,06
26	3	11	10	10:07:53	12:29:53	8940,0	77,66
26	3	10	6	14:06:56	16:00:59	1698,0	85,53
26	3	6	0	16:43:43	18:46:23	0,0	91,99
26	4	0	7	06:46:05	07:20:04	19298,0	19,62
26	4	7	9	10:14:48	11:02:25	4702,0	35,71
26	4	9	0	12:07:41	13:19:00	0,0	53,49
26	5	0	2	06:00:00	06:34:00	5645,3	25,50
26	5	2	8	07:46:20	08:36:24	7680,0	37,55
26	5	8	11	10:48:46	11:22:46	3196,1	31,14
26	5	11	4	12:16:44	12:50:16	4114,3	25,15
26	5	4	5	13:51:07	14:26:57	3364,3	26,87
26	5	5	0	15:22:11	16:28:36	0,0	49,81
26	6	0	7	06:00:00	06:26:09	2227,0	19,62
26	6	7	2	07:12:51	07:48:52	4902,9	27,02
26	6	2	0	08:55:39	09:29:39	0,0	25,50
27	1	0	9	06:00:00	16:28:26	10548,2	471,33
27	1	9	0	18:17:33	28:46:00	0,0	471,33
27	2	0	8	07:42:00	08:05:21	8339,0	53,49
27	2	8	3	09:37:53	09:43:05	12661,0	3,90
27	2	3	6	11:48:02	12:41:07	3000,0	39,80
27	2	6	0	13:33:37	15:32:45	0,0	89,36
27	3	0	3	06:00:00	07:06:24	70,8	49,81
27	3	3	5	07:36:56	08:20:05	6030,0	32,37
27	3	5	1	09:35:19	09:45:38	12731,8	7,74
27	3	1	7	11:51:08	12:32:17	1698,0	30,87
27	3	7	4	13:15:01	13:27:54	1260,0	9,65
27	3	4	0	14:07:21	15:19:22	0,0	54,01
28	1	0	3	06:00:00	07:11:19	10521,0	53,49
28	1	3	2	09:00:13	09:40:55	100,0	30,52
28	1	2	1	10:11:40	10:57:12	55,0	34,15
28	1	1	4	11:27:37	14:00:55	2550,0	114,98
28	1	4	0	14:50:03	16:19:11	0,0	66,86

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
29	1	0	1	06:00:00	06:55:55	19495,0	41,94
29	1	1	4	10:37:51	11:25:50	4505,0	47,76
29	1	4	0	12:29:37	14:28:45	0,0	89,36
29	2	0	6	06:00:00	07:06:50	2591,2	50,13
29	2	6	2	07:56:16	08:22:06	21408,8	19,38
29	2	2	0	11:32:40	13:00:28	0,0	65,85
29	3	0	5	07:36:50	08:14:47	14404,3	31,55
29	3	5	7	10:32:49	11:12:46	9595,7	29,96
29	3	7	0	12:54:44	14:06:03	0,0	53,49
29	4	0	1	06:00:00	06:55:55	3414,4	41,94
29	4	1	3	07:51:31	08:16:58	11037,9	19,09
29	4	3	5	10:09:45	10:31:33	7595,7	16,35
29	4	5	8	11:58:31	12:34:07	1663,5	26,69
29	4	8	6	13:16:35	14:24:34	288,5	50,99
29	4	6	0	14:56:44	16:03:34	0,0	50,13
29	5	0	1	06:00:00	06:55:55	1090,6	41,94
29	5	1	0	07:34:05	08:30:00	0,0	41,94
30	1	0	1	06:00:00	16:07:07	5406,4	455,34
30	1	1	0	17:17:40	27:24:47	0,0	455,34
30	2	0	2	06:00:00	06:26:09	19765,0	19,62
30	2	2	3	09:24:23	10:12:00	4235,0	35,71
30	2	3	0	11:13:46	12:25:05	0,0	53,49
30	3	0	4	06:00:00	06:16:05	18000,0	12,06
30	3	4	2	09:01:05	09:35:04	4235,0	25,49
30	3	2	0	10:36:50	11:02:59	0,0	19,62
31	1	0	15	06:00:00	16:28:26	16915,8	471,33
31	1	15	0	19:05:18	29:33:45	0,0	471,33
31	2	0	12	06:00:00	16:15:22	13700,0	461,53
31	2	12	0	18:28:07	28:43:29	0,0	461,53
31	3	0	4	06:00:00	16:07:07	21507,0	455,34
31	3	4	0	19:18:25	29:25:33	0,0	455,34
31	4	0	1	06:00:00	15:43:02	5772,5	437,28
31	4	1	0	16:56:20	26:39:22	0,0	437,28
31	5	0	9	06:00:00	07:27:13	2000,0	65,42
31	5	9	17	08:12:13	09:15:36	22000,0	47,54
31	5	17	0	12:30:36	14:52:20	0,0	106,31
31	6	0	8	06:00:00	07:27:42	2000,0	65,79

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
31	6	8	2	08:12:42	08:12:55	22000,0	0,16
31	6	2	0	11:27:55	12:55:43	0,0	65,85
31	7	0	6	07:41:19	07:46:30	15400,0	49,81
31	7	6	8	10:12:00	10:41:41	8600,0	22,25
31	7	8	0	12:16:11	13:43:53	0,0	65,79
31	8	0	7	06:00:00	06:50:25	12187,5	37,82
31	8	7	14	08:51:49	09:17:26	6612,5	19,21
31	8	14	9	10:37:02	12:37:35	5200,0	90,41
31	8	9	0	16:03:53	17:26:31	0,0	65,42
31	9	0	3	07:43:55	08:27:09	2000,0	25,91
31	9	3	10	09:12:09	11:09:06	22000,0	87,71
31	9	10	0	14:24:06	15:46:44	0,0	61,97
31	10	0	13	06:00:00	07:05:09	19845,0	48,87
31	10	13	3	10:03:59	10:44:25	4000,0	30,32
31	10	3	11	11:44:25	11:56:08	100,0	8,79
31	10	11	5	12:26:53	13:21:50	55,0	41,22
31	10	5	0	13:52:15	15:06:10	0,0	55,44
31	11	0	7	06:00:00	06:50:25	8036,5	37,82
31	11	7	13	08:20:41	08:40:45	2155,0	15,05
31	11	13	6	09:26:55	09:57:02	6600,0	22,59
31	11	6	0	11:16:32	12:22:57	0,0	49,81
32	1	0	4	07:41:19	08:24:50	17105,0	21,07
32	1	4	7	11:03:07	12:56:05	6895,0	84,72
32	1	7	0	14:17:47	15:42:49	0,0	63,77
32	2	0	3	07:41:19	08:18:18	13105,0	25,91
32	2	3	1	10:26:35	12:21:32	10895,0	86,22
32	2	1	0	14:13:15	15:33:54	0,0	60,49
32	3	0	2	06:00:00	06:55:55	17379,0	41,94
32	3	2	8	10:18:43	10:40:34	6621,0	11,79
32	3	8	0	12:00:13	13:11:32	0,0	53,49
32	4	0	6	06:00:00	06:52:03	19379,0	39,05
32	4	6	2	09:47:24	09:59:51	4621,0	9,34
32	4	2	0	11:04:31	12:00:26	0,0	41,94
32	5	0	3	06:00:00	06:34:32	8895,0	25,91
32	5	3	4	08:11:15	08:17:47	4895,0	4,91
32	5	4	5	09:24:30	09:34:49	8000,0	7,74
32	5	5	6	11:04:49	11:18:59	621,0	10,61

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
32	5	6	0	11:53:38	12:45:42	0,0	39,05
33	1	0	2	06:00:00	07:13:55	14648,0	55,44
33	1	2	6	09:33:47	11:26:05	4450,0	84,23
33	1	6	9	12:29:27	14:10:17	4902,0	75,62
33	1	9	0	15:17:03	16:28:22	0,0	53,49
33	2	0	5	06:00:00	07:22:37	8945,5	61,97
33	2	5	10	08:59:43	10:16:10	15054,5	57,34
33	2	10	0	12:39:05	14:08:13	0,0	66,86
33	3	0	11	07:41:19	08:52:54	16300,0	12,06
33	3	11	8	11:25:09	12:53:25	7700,0	66,19
33	3	8	0	14:21:10	15:46:12	0,0	63,77
33	4	0	7	06:00:00	07:05:09	20000,0	48,87
33	4	7	3	10:05:09	10:46:18	28,0	30,87
33	4	3	9	11:16:31	11:57:13	61,0	30,52
33	4	9	11	12:27:40	13:39:16	1700,0	53,70
33	4	11	5	14:22:01	15:48:32	1204,5	64,90
33	4	5	0	16:27:34	17:50:12	0,0	61,97
33	5	0	1	06:00:00	06:34:00	300,0	25,50
33	5	1	4	07:06:15	08:36:16	22222,0	67,52
33	5	4	0	11:52:56	13:04:57	0,0	54,01
34	1	0	7	06:00:00	07:11:19	5012,0	53,49
34	1	7	8	08:18:54	11:38:15	520,0	149,51
34	1	8	6	12:12:09	14:24:57	18468,0	99,60
34	1	6	0	17:13:27	18:38:29	0,0	63,77
34	2	0	1	06:00:00	07:06:40	468,0	50,01
34	2	1	5	07:40:11	08:23:36	20000,0	32,57
34	2	5	6	11:23:36	13:40:09	3532,0	102,41
34	2	6	0	14:36:39	16:01:41	0,0	63,77
34	3	0	4	06:00:00	06:57:56	15083,8	43,46
34	3	4	1	09:21:04	09:42:21	8916,2	15,97
34	3	1	0	11:59:26	12:58:02	0,0	50,01
34	4	0	3	06:00:00	06:53:24	8370,4	40,06
34	4	3	10	08:26:11	08:31:00	9695,0	3,62
34	4	10	9	10:13:43	10:33:07	5934,6	14,54
34	4	9	0	11:47:37	12:46:13	0,0	43,95
34	5	0	2	06:00:00	06:55:55	19083,8	41,94
34	5	2	4	09:49:02	10:33:33	4916,2	33,39

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
34	5	4	0	12:55:57	13:49:22	0,0	43,46
34	6	0	3	06:00:00	06:53:24	11629,6	40,06
34	6	3	2	08:50:37	08:53:49	4816,2	2,40
34	6	2	0	09:59:56	10:55:51	0,0	41,94
35	1	0	9	06:00:00	06:26:09	12130,3	19,62
35	1	9	13	08:27:07	10:53:32	4969,7	109,80
35	1	13	12	12:00:48	12:17:51	6900,0	12,78
35	1	12	0	13:39:36	16:13:40	0,0	115,56
35	2	0	7	06:00:00	06:37:23	12130,3	28,05
35	2	7	11	08:38:22	09:12:20	3864,0	25,47
35	2	11	5	10:11:18	11:59:35	6900,0	81,21
35	2	5	13	13:21:20	15:22:26	470,3	90,82
35	2	13	0	15:55:58	18:17:42	0,0	106,31
35	3	0	3	06:00:00	06:30:38	3004,7	22,98
35	3	3	2	07:23:10	07:48:18	9300,0	18,85
35	3	2	6	09:28:03	09:56:36	168,0	21,41
35	3	6	10	10:27:51	12:20:49	9300,0	84,72
35	3	10	8	14:00:34	15:52:05	1452,0	83,64
35	3	8	0	16:32:59	18:00:12	0,0	65,42
35	4	0	1	06:00:00	06:53:24	3004,7	40,06
35	4	1	0	07:45:56	08:39:21	0,0	40,06
36	1	0	6	06:00:00	06:26:09	17404,9	19,62
36	1	6	12	11:14:07	13:10:03	6595,1	120,41
36	1	12	0	14:29:31	17:03:36	0,0	115,56
36	2	0	5	06:00:00	07:22:37	19880,5	61,97
36	2	5	14	10:21:44	10:38:21	4000,0	12,47
36	2	14	2	11:38:21	12:35:58	119,5	43,21
36	2	2	0	13:06:51	15:18:25	0,0	98,67
36	3	0	3	07:41:19	08:22:00	20000,0	22,98
36	3	3	9	11:22:00	13:17:40	4000,0	86,74
36	3	9	0	14:17:40	15:42:42	0,0	63,77
36	4	0	15	07:41:19	07:59:33	18489,1	40,67
36	4	15	8	10:48:13	10:52:54	3034,4	3,51
36	4	8	5	11:45:39	14:03:31	2476,5	103,40
36	4	5	0	14:52:06	16:14:43	0,0	61,97
36	5	0	1	06:00:00	06:41:31	19008,0	31,14
36	5	1	11	10:27:28	10:45:42	4992,0	30,64

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
36	5	11	0	11:53:09	13:04:28	0,0	53,49
36	6	0	1	06:00:00	06:41:31	2000,0	31,14
36	6	1	13	07:26:31	07:44:02	22000,0	13,15
36	6	13	0	10:59:02	11:57:38	0,0	43,95
36	7	0	3	06:00:00	06:30:38	1399,5	22,98
36	7	3	1	07:11:08	07:33:04	1748,6	16,45
36	7	1	15	08:16:10	08:39:34	2476,9	17,54
36	7	15	7	09:28:09	09:46:13	285,9	13,55
36	7	7	0	10:18:21	10:56:45	0,0	28,79
36	8	0	6	06:00:00	06:26:09	4891,9	19,62
36	8	6	4	07:32:50	07:47:51	8547,8	11,27
36	8	4	0	09:21:58	09:59:22	0,0	28,05
37	1	0	4	07:28:35	07:47:16	2700,0	55,44
37	1	4	7	08:37:31	08:57:40	18455,0	15,12
37	1	7	9	11:46:05	12:23:14	1845,0	27,86
37	1	9	5	13:07:04	14:55:21	1000,0	81,21
37	1	5	0	15:32:51	17:35:31	0,0	91,99
37	2	0	11	06:00:00	06:58:35	2480,2	43,95
37	2	11	6	07:47:11	08:31:28	15619,8	33,21
37	2	6	8	10:58:37	12:48:29	3000,0	82,39
37	2	8	10	13:40:59	15:01:35	2900,0	60,45
37	2	10	0	15:53:20	17:22:29	0,0	66,86
37	3	0	3	06:00:00	06:34:00	320,0	25,50
37	3	3	2	07:06:24	08:33:29	60,0	65,32
37	3	2	1	09:03:56	09:29:46	476,5	19,37
37	3	1	11	10:03:20	10:08:34	419,8	3,93
37	3	11	7	10:41:43	10:51:28	1724,4	7,30
37	3	7	0	11:34:23	12:40:18	0,0	49,44
38	1	0	13	06:00:00	07:11:19	950,0	53,49
38	1	13	4	07:48:26	08:13:49	23050,0	19,04
38	1	4	0	11:36:42	13:04:30	0,0	65,85
38	2	0	1	06:00:00	07:20:39	320,0	60,49
38	2	1	5	07:53:03	09:48:00	3600,0	86,22
38	2	5	9	10:45:00	11:27:30	1850,0	31,88
38	2	9	12	12:11:23	14:46:32	3600,0	116,36
38	2	12	0	15:43:32	17:08:33	0,0	63,77
38	3	0	6	06:00:00	06:30:38	2500,0	22,98

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
38	3	6	11	07:19:23	07:27:28	2590,0	6,07
38	3	11	10	08:16:53	08:31:40	3154,0	11,09
38	3	10	3	09:25:20	10:01:21	14,4	27,02
38	3	3	2	10:31:27	11:36:20	142,4	48,66
38	3	2	8	12:07:24	12:20:25	2590,0	9,76
38	3	8	13	13:09:50	13:15:02	10424,0	3,90
38	3	13	0	15:03:13	16:14:32	0,0	53,49
38	4	0	7	06:00:00	06:41:09	1883,2	30,87
38	4	7	0	07:25:16	08:06:26	0,0	30,87
39	1	0	4	06:00:00	07:27:42	12382,9	65,79
39	1	4	8	09:30:35	09:56:02	7700,1	19,09
39	1	8	7	12:08:03	12:21:50	3617,0	4,16
39	1	7	3	13:18:57	15:03:40	300,0	78,53
39	1	3	0	15:35:55	17:38:35	0,0	91,99
39	2	0	6	06:00:00	07:22:37	18517,8	61,97
39	2	6	11	10:11:30	10:28:08	1199,5	12,47
39	2	11	9	11:07:08	13:35:26	1781,6	111,23
39	2	9	4	14:18:48	14:30:58	2501,1	9,12
39	2	4	0	15:19:43	16:47:26	0,0	65,79
39	3	0	1	06:00:00	06:57:56	2181,0	43,46
39	3	1	10	07:44:18	08:30:08	2181,0	34,38
39	3	10	5	09:16:30	09:49:08	590,0	24,48
39	3	5	6	10:23:34	12:13:59	3910,2	82,82
39	3	6	0	13:13:19	14:35:56	0,0	61,97
40	1	0	21	06:00:00	16:28:26	514,1	471,33
40	1	21	0	17:02:18	27:30:44	0,0	471,33
40	2	0	3	06:00:00	07:06:40	6042,0	50,01
40	2	3	24	08:21:59	08:32:11	15519,0	7,66
40	2	24	11	10:58:35	13:47:39	2439,0	126,80
40	2	11	0	17:27:42	18:39:01	0,0	156,93
40	3	0	18	06:00:00	07:11:19	848,0	53,49
40	3	18	12	07:47:40	09:48:13	4538,0	90,41
40	3	12	25	10:52:15	12:22:58	15378,0	68,04
40	3	25	19	14:48:18	15:48:36	184,0	45,22
40	3	19	0	16:19:59	17:49:07	0,0	66,86
40	4	0	1	06:00:00	07:20:39	372,0	60,49
40	4	1	7	07:53:26	10:27:07	4877,0	115,26

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
40	4	7	16	11:33:42	14:11:17	18751,0	118,20
40	4	16	0	17:01:55	18:26:57	0,0	63,77
40	5	0	13	06:00:00	06:38:23	2549,3	28,79
40	5	13	15	07:27:30	07:41:39	2439,0	10,61
40	5	15	1	08:29:57	10:41:49	2289,0	98,90
40	5	1	22	11:28:59	12:53:39	16722,8	63,50
40	5	22	0	15:29:04	15:45:09	0,0	12,06
40	6	0	6	06:00:00	06:34:32	12817,0	25,91
40	6	6	10	08:40:40	09:12:54	2439,0	24,18
40	6	10	8	10:01:12	10:37:02	7639,0	26,87
40	6	8	0	12:04:19	12:34:58	0,0	22,98
40	7	0	9	06:00:00	06:41:09	19061,3	30,87
40	7	9	14	09:34:06	09:58:06	4938,8	18,00
40	7	14	0	11:05:09	12:10:18	0,0	48,87
40	8	0	13	06:00:00	06:38:23	668,3	28,79
40	8	13	4	07:13:23	08:00:25	19884,0	35,27
40	8	4	9	10:59:33	11:23:53	2214,8	18,25
40	8	9	5	12:10:29	12:15:15	500,0	3,57
40	8	5	24	12:49:00	13:02:37	23,0	10,22
40	8	24	2	13:32:48	13:38:02	710,0	3,93
40	8	2	0	14:13:21	15:17:11	0,0	47,87
40	9	0	13	06:00:00	06:38:23	7354,5	28,79
40	9	13	0	08:03:32	08:41:55	0,0	28,79
41	1	0	3	06:00:00	06:26:09	323,0	19,62
41	1	3	2	06:58:34	07:41:44	2439,0	32,37
41	1	2	1	08:30:01	09:04:57	2388,0	26,19
41	1	1	5	09:52:51	13:03:03	2439,0	142,64
41	1	5	0	13:51:20	16:25:25	0,0	115,56
41	2	0	6	06:00:00	06:16:05	11526,0	12,06
41	2	6	0	08:12:31	08:28:36	0,0	12,06
42	1	0	6	06:00:00	16:07:07	3280,0	455,34
42	1	6	0	17:01:43	27:08:51	0,0	455,34
42	2	0	2	06:00:00	15:43:02	4600,0	437,28
42	2	2	0	16:47:32	26:30:35	0,0	437,28
42	3	0	15	06:00:00	06:16:05	13690,0	12,06
42	3	15	14	08:28:45	13:08:39	4877,5	209,92
42	3	14	0	14:15:14	18:49:00	0,0	205,32

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
42	4	0	3	06:00:00	06:34:00	58,0	25,50
42	4	3	13	07:04:26	08:34:15	8475,0	67,36
42	4	13	1	10:07:48	10:13:41	850,0	4,41
42	4	1	12	10:50:04	12:48:49	9477,5	89,06
42	4	12	5	14:29:53	15:20:07	4877,5	37,68
42	4	5	0	16:26:42	17:54:30	0,0	65,85
42	5	0	11	06:00:00	06:37:23	4877,5	28,05
42	5	11	7	07:43:58	07:50:45	8200,0	5,08
42	5	7	8	09:22:15	09:43:04	3605,5	15,61
42	5	8	10	10:40:06	10:54:30	7317,0	10,80
42	5	10	0	12:19:23	13:09:48	0,0	37,82
42	6	0	8	06:00:00	06:41:09	1272,0	30,87
42	6	8	4	07:20:41	07:25:27	4877,5	3,57
42	6	4	0	08:32:02	09:17:43	0,0	34,27
43	1	0	1	06:00:00	06:41:09	4478,2	30,87
43	1	1	6	07:44:44	08:24:45	793,0	30,01
43	1	6	3	09:00:42	09:40:39	13690,1	29,96
43	1	3	2	11:53:19	12:17:16	2438,8	17,96
43	1	2	4	13:05:33	15:31:21	2600,0	109,34
43	1	4	0	16:20:51	17:45:53	0,0	63,77
43	2	0	1	06:00:00	06:41:09	19482,4	30,87
43	2	1	0	09:37:16	10:18:25	0,0	30,87
44	1	0	7	06:00:00	11:12:07	120,0	234,09
44	1	7	0	11:43:01	16:55:09	0,0	234,09
44	2	0	10	06:00:00	06:54:13	2840,0	40,67
44	2	10	9	07:45:31	10:41:30	15000,0	131,98
44	2	9	6	13:04:00	16:02:01	8,9	133,52
44	2	6	0	16:32:05	17:49:04	0,0	57,74
44	3	0	1	06:00:00	06:41:09	679,2	30,87
44	3	1	8	07:16:14	07:33:52	120,0	13,22
44	3	8	4	08:04:46	08:36:42	145,0	23,96
44	3	4	3	09:07:48	09:10:11	320,0	1,79
44	3	3	5	09:42:35	10:16:32	8,9	25,47
44	3	5	0	10:46:36	11:57:55	0,0	53,49
45	1	0	15	06:00:00	16:15:22	2438,8	461,53
45	1	15	0	17:03:39	27:19:01	0,0	461,53
45	2	0	2	06:00:00	15:43:02	1950,0	437,28

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
45	2	2	0	16:27:40	26:10:42	0,0	437,28
45	3	0	21	06:00:00	11:12:07	100,0	234,09
45	3	21	0	11:42:52	16:55:00	0,0	234,09
45	4	0	16	06:00:00	07:59:08	682,9	89,36
45	4	16	17	08:34:15	11:26:02	224,5	128,83
45	4	17	0	11:57:43	16:31:29	0,0	205,32
45	5	0	8	06:00:00	07:13:55	11042,7	55,44
45	5	8	10	09:06:44	09:10:52	6089,0	3,09
45	5	10	23	10:26:32	13:45:08	5300,0	148,96
45	5	23	24	14:54:53	16:45:56	1568,3	83,28
45	5	24	0	17:27:42	18:42:20	0,0	55,97
45	6	0	19	06:00:00	07:11:19	928,0	53,49
45	6	19	7	07:48:16	08:25:15	3400,0	27,74
45	6	7	4	09:20:45	09:42:52	40,0	16,58
45	6	4	11	10:13:10	10:41:44	50,0	21,43
45	6	11	3	11:12:06	11:59:39	3600,0	35,66
45	6	3	6	12:56:39	13:58:47	1700,0	46,60
45	6	6	0	14:41:32	16:09:20	0,0	65,85
45	7	0	9	06:00:00	06:50:25	1700,0	37,82
45	7	9	13	07:33:10	08:05:33	9028,3	24,28
45	7	13	1	09:43:15	10:15:00	1419,6	23,81
45	7	1	5	10:55:39	12:01:51	4306,0	49,64
45	7	5	24	13:04:08	14:17:01	3431,7	54,65
45	7	24	12	15:12:45	15:29:22	2200,0	12,47
45	7	12	0	16:15:52	17:38:30	0,0	61,97
45	8	0	14	06:00:00	07:05:54	1700,0	49,44
45	8	14	0	07:48:39	08:54:34	0,0	49,44
46	1	0	11	06:00:00	07:11:19	5659,0	53,49
46	1	11	1	08:23:45	08:39:29	1100,0	11,79
46	1	1	14	09:17:44	11:27:41	2000,0	97,47
46	1	14	13	12:12:41	14:03:44	2674,6	83,28
46	1	13	0	14:53:48	17:15:32	0,0	106,31
46	2	0	9	06:00:00	07:06:50	10000,0	50,13
46	2	9	3	08:51:50	09:46:41	1700,0	41,14
46	2	3	2	10:29:26	11:14:58	1436,0	34,15
46	2	2	12	11:55:44	12:22:18	150,0	19,92
46	2	12	6	12:53:25	14:28:56	2241,5	71,63

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
46	2	6	0	15:15:45	17:18:24	0,0	91,99
46	3	0	8	06:00:00	06:26:09	5470,0	19,62
46	3	8	4	07:37:10	08:13:12	7530,0	27,02
46	3	4	10	09:39:40	11:09:29	11000,0	67,36
46	3	10	0	13:01:59	14:27:01	0,0	63,77
46	4	0	8	06:00:00	06:26:09	2003,0	19,62
46	4	8	5	07:11:10	07:46:22	10080,0	26,40
46	4	5	7	09:31:58	09:45:59	9807,0	10,51
46	4	7	0	11:29:33	12:19:58	0,0	37,82
47	1	0	7	06:00:00	16:07:07	14,1	455,34
47	1	7	0	16:37:13	26:44:21	0,0	455,34
47	2	0	4	06:00:00	07:27:47	1990,0	65,85
47	2	4	12	08:12:43	09:31:53	2010,0	59,37
47	2	12	10	10:16:57	10:59:59	20000,0	32,27
47	2	10	0	13:59:59	17:29:14	0,0	156,93
47	3	0	11	06:00:00	07:22:37	4000,0	61,97
47	3	11	17	08:22:37	10:31:53	20000,0	96,95
47	3	17	0	15:07:25	16:36:34	0,0	115,56
47	4	0	8	06:00:00	06:30:38	3040,0	22,98
47	4	8	4	07:23:26	08:21:45	789,0	43,74
47	4	4	16	08:57:40	11:22:42	1500,0	108,77
47	4	16	6	12:03:57	13:40:25	100,0	72,35
47	4	6	0	14:11:10	16:22:44	0,0	98,67
47	5	0	15	06:00:00	07:16:59	6000,0	57,74
47	5	15	11	08:31:59	11:10:31	18000,0	118,90
47	5	11	0	13:55:31	15:18:09	0,0	61,97
47	6	0	13	06:00:00	06:52:03	8000,0	39,05
47	6	13	15	08:22:03	08:46:59	16000,0	18,69
47	6	15	0	11:16:59	12:33:58	0,0	57,74
47	7	0	2	06:00:00	06:34:00	12774,0	25,50
47	7	2	3	08:39:48	09:49:51	1967,8	52,54
47	7	3	1	11:18:14	11:23:28	3788,6	14,05
47	7	1	9	12:21:53	12:39:01	5469,6	12,85
47	7	9	0	13:50:02	14:40:28	0,0	37,82
47	8	0	5	06:00:00	06:34:32	4082,7	25,91
47	8	5	18	07:35:09	08:08:26	2561,9	24,97
47	8	18	0	08:57:39	09:56:15	0,0	43,95

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
47	9	0	13	06:00:00	06:52:03	500,0	39,05
47	9	13	0	07:25:48	08:17:52	0,0	39,05
47	10	0	2	06:00:00	06:34:00	9226,0	25,50
47	10	2	0	08:13:11	08:47:12	0,0	25,50
48	1	0	1	06:00:00	15:43:02	139,8	437,28
48	1	1	0	16:14:05	25:57:08	0,0	437,28
48	2	0	4	06:00:00	06:57:56	13449,0	43,46
48	2	4	11	10:33:40	10:39:12	6951,0	41,12
48	2	11	8	12:01:20	12:49:19	3600,0	35,99
48	2	8	0	13:46:19	15:45:28	0,0	89,36
48	3	0	7	06:00:00	07:13:55	8290,0	55,44
48	3	7	9	08:46:06	09:09:51	2341,1	17,82
48	3	9	6	09:57:25	10:23:15	7764,1	19,38
48	3	6	10	11:51:29	12:27:34	4,8	27,07
48	3	10	12	12:57:36	14:57:59	5600,0	90,28
48	3	12	0	16:09:59	17:39:07	0,0	66,86
48	4	0	3	06:00:00	06:53:24	2600,0	40,06
48	4	3	5	07:42:54	08:47:47	7100,0	48,66
48	4	5	4	10:11:02	11:38:07	4401,0	65,32
48	4	4	2	12:41:08	13:02:25	6440,6	15,97
48	4	2	6	14:20:43	15:22:52	323,9	46,60
48	4	6	0	15:55:17	17:23:05	0,0	65,85
49	1	0	12	06:00:00	11:12:07	1623,1	234,09
49	1	12	0	11:54:17	17:06:25	0,0	234,09
49	2	0	11	06:00:00	06:16:05	4403,0	12,06
49	2	11	5	07:19:06	07:53:05	14655,0	25,49
49	2	5	9	10:13:00	11:00:37	2462,0	35,71
49	2	9	3	11:49:05	14:10:50	2480,0	106,32
49	2	3	0	14:59:26	18:28:41	0,0	156,93
49	3	0	1	06:00:00	06:53:24	30,0	40,06
49	3	1	7	07:23:38	09:42:04	1300,0	103,83
49	3	7	4	10:21:49	10:26:03	11000,0	3,17
49	3	4	10	12:18:33	14:27:49	961,1	96,95
49	3	10	0	15:05:01	17:39:06	0,0	115,56
49	4	0	11	06:00:00	06:16:05	10609,0	12,06
49	4	11	2	08:05:39	08:53:08	9221,2	35,62
49	4	2	6	10:32:18	10:38:23	300,0	4,57

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
49	4	6	0	11:10:38	12:06:09	0,0	41,63
50	1	0	3	06:00:00	15:43:02	5430,0	437,28
50	1	3	0	16:53:46	26:36:48	0,0	437,28
50	2	0	13	06:00:00	07:11:19	3550,0	53,49
50	2	13	9	08:07:56	08:51:28	13550,0	32,64
50	2	9	10	11:03:05	12:53:31	6900,0	82,82
50	2	10	0	14:15:16	15:37:53	0,0	61,97
50	3	0	11	07:46:59	08:38:31	18821,9	31,55
50	3	11	13	11:29:41	12:09:38	5094,0	29,96
50	3	13	1	13:17:50	15:49:44	84,1	113,92
50	3	1	0	16:20:22	17:41:01	0,0	60,49
50	4	0	7	06:00:00	06:34:00	925,0	25,50
50	4	7	5	07:10:56	08:18:58	193,7	51,03
50	4	5	11	08:50:26	09:16:11	1178,1	19,32
50	4	11	6	09:55:02	10:18:28	3095,0	17,58
50	4	6	4	11:11:40	11:37:30	5088,0	19,37
50	4	4	14	12:45:39	13:29:59	2839,2	33,24
50	4	14	12	14:21:16	14:46:12	3661,0	18,69
50	4	12	0	15:43:39	16:35:43	0,0	39,05
50	5	0	2	06:00:00	06:41:31	2570,0	31,14
50	5	2	0	07:30:47	08:12:18	0,0	31,14
51	1	0	2	06:00:00	15:43:02	24000,0	437,28
51	1	2	0	19:13:02	28:56:05	0,0	437,28
51	2	0	8	07:46:59	08:01:15	10384,2	53,49
51	2	8	5	09:49:08	13:11:29	7328,0	151,76
51	2	5	10	14:36:26	16:52:50	6287,8	102,30
51	2	10	0	18:10:00	18:26:05	0,0	12,06
51	3	0	3	06:00:00	06:55:55	8914,0	41,94
51	3	3	1	08:32:46	10:49:20	858,8	102,42
51	3	1	9	11:25:46	14:02:17	500,0	117,39
51	3	9	4	14:36:02	14:48:12	672,4	9,12
51	3	4	0	15:23:14	16:51:02	0,0	65,85
51	4	0	10	06:00:00	06:16:05	5712,2	12,06
51	4	10	6	07:28:55	08:02:55	6000,0	25,49
51	4	6	0	09:17:55	09:44:04	0,0	19,62
52	1	0	1	06:00:00	15:43:02	1464,2	437,28
52	1	1	0	16:24:01	26:07:04	0,0	437,28

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
52	2	0	8	06:00:00	07:27:42	4000,0	65,79
52	2	8	9	08:27:42	10:29:16	20000,0	91,17
52	2	9	0	13:29:16	16:58:31	0,0	156,93
52	3	0	3	06:00:00	06:55:55	15740,1	41,94
52	3	3	12	10:09:41	10:57:40	8259,9	47,76
52	3	12	0	12:29:37	14:28:45	0,0	89,36
52	4	0	17	06:00:00	07:11:19	730,0	53,49
52	4	17	13	07:46:47	08:26:44	18000,0	29,96
52	4	13	6	11:11:44	11:45:58	5205,0	25,68
52	4	6	14	12:55:00	13:18:46	25,0	17,82
52	4	14	5	13:48:57	14:14:48	40,0	19,38
52	4	5	0	14:45:06	16:12:53	0,0	65,85
52	5	0	17	06:00:00	07:11:19	215,0	53,49
52	5	17	2	07:42:55	08:13:04	16684,0	22,61
52	5	2	8	10:48:12	11:43:44	7101,0	41,64
52	5	8	0	13:06:59	14:34:42	0,0	65,79
52	6	0	4	06:00:00	06:57:56	198,0	43,46
52	6	4	3	07:29:25	08:13:56	549,4	33,39
52	6	3	10	08:48:03	09:06:57	200,0	14,17
52	6	10	11	09:38:27	10:18:29	491,0	30,03
52	6	11	7	10:52:10	11:35:24	521,0	32,43
52	6	7	17	12:09:18	12:50:00	1745,0	30,52
52	6	17	0	13:33:05	14:44:24	0,0	53,49
52	7	0	15	06:00:00	07:05:09	10911,0	48,87
52	7	15	0	08:56:59	10:02:08	0,0	48,87
53	1	0	23	06:00:00	16:28:26	2876,0	471,33
53	1	23	0	17:20:00	27:48:27	0,0	471,33
53	2	0	2	06:00:00	15:43:02	16100,0	437,28
53	2	2	0	18:13:47	27:56:50	0,0	437,28
53	3	0	24	06:00:00	11:12:07	100,0	234,09
53	3	24	0	11:42:52	16:55:00	0,0	234,09
53	4	0	14	06:00:00	09:29:14	20100,0	156,93
53	4	14	19	12:29:59	13:49:03	53,0	59,30
53	4	19	0	14:19:27	18:53:12	0,0	205,32
53	5	0	3	06:00:00	07:06:40	90,0	50,01
53	5	3	18	07:37:20	08:15:55	30,0	28,93
53	5	18	11	08:46:09	10:30:51	120,0	78,53

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
53	5	11	1	11:01:45	13:54:52	90,0	129,84
53	5	1	0	14:25:33	15:46:12	0,0	60,49
53	6	0	20	06:00:00	07:11:19	7938,0	53,49
53	6	20	15	08:40:51	11:14:44	16062,0	115,42
53	6	15	0	13:45:12	15:07:50	0,0	61,97
53	7	0	13	06:00:00	06:28:05	10949,0	21,07
53	7	13	16	08:20:12	08:30:32	6817,3	7,74
53	7	16	25	09:51:40	10:23:36	80,0	23,96
53	7	25	26	10:54:12	11:13:36	1091,7	14,54
53	7	26	20	11:51:47	12:10:02	4062,0	13,68
53	7	20	21	13:10:29	13:24:46	1000,0	10,71
53	7	21	0	14:02:16	15:19:15	0,0	57,74
53	8	0	7	06:00:00	06:34:32	5653,0	25,91
53	8	7	5	07:46:56	08:06:12	1569,0	14,46
53	8	5	10	08:47:59	09:00:59	5880,0	9,76
53	8	10	0	10:15:05	11:21:30	0,0	49,81
53	9	0	8	06:00:00	06:41:09	4792,0	30,87
53	9	8	17	07:47:05	07:48:07	100,0	0,77
53	9	17	12	08:18:52	08:33:14	4676,0	10,77
53	9	12	26	09:38:18	09:46:47	1558,3	6,37
53	9	26	4	10:28:28	10:31:49	1000,0	2,50
53	9	4	0	11:09:19	12:05:14	0,0	41,94
53	10	0	6	06:00:00	06:34:00	2050,0	25,50
53	10	6	0	07:19:22	07:53:22	0,0	25,50
54	1	0	1	06:00:00	15:43:02	16000,0	437,28
54	1	1	0	18:13:02	27:56:05	0,0	437,28
54	2	0	2	06:00:00	06:42:03	6000,0	31,55
54	2	2	3	07:57:03	08:29:29	120,0	24,32
54	2	3	4	09:00:23	09:22:14	3492,0	16,39
54	2	4	5	10:18:26	12:40:26	1600,0	106,50
54	2	5	0	13:22:26	14:51:34	0,0	66,86
55	1	0	1	06:00:00	15:43:02	23515,0	437,28
55	1	1	0	19:09:24	28:52:27	0,0	437,28
55	2	0	5	06:00:00	06:41:09	545,0	30,87
55	2	5	4	07:15:14	07:36:03	2391,0	15,61
55	2	4	10	08:23:59	09:10:57	4,0	35,22
55	2	10	7	09:40:58	11:53:44	2000,0	99,58

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
55	2	7	0	12:38:44	16:07:59	0,0	156,93
55	3	0	6	06:00:00	06:28:05	9352,1	21,07
55	3	6	8	08:08:14	08:33:20	7000,0	18,83
55	3	8	3	09:55:50	09:59:35	6699,9	2,81
55	3	3	2	11:19:50	11:38:34	948,0	14,05
55	3	2	0	12:15:41	13:19:31	0,0	47,87
55	4	0	6	06:00:00	06:28:05	647,9	21,07
55	4	6	0	07:02:57	07:31:03	0,0	21,07
56	1	0	8	06:00:00	16:07:07	8315,0	455,34
56	1	8	0	17:39:29	27:46:36	0,0	455,34
56	2	0	1	06:00:00	15:43:02	2000,0	437,28
56	2	1	0	16:28:02	26:11:05	0,0	437,28
56	3	0	21	06:00:00	11:12:07	10803,5	234,09
56	3	21	0	13:03:09	18:15:16	0,0	234,09
56	4	0	20	06:00:00	07:16:59	3959,0	57,74
56	4	20	14	08:16:40	09:47:27	41,0	68,09
56	4	14	13	10:17:46	11:00:47	20000,0	32,27
56	4	13	0	14:00:47	17:30:02	0,0	156,93
56	5	0	19	06:00:00	07:11:19	4747,0	53,49
56	5	19	2	08:16:55	08:47:04	8,0	22,61
56	5	2	11	09:17:07	09:28:10	8,2	8,28
56	5	11	7	09:58:14	13:21:05	5800,0	152,15
56	5	7	0	14:34:35	16:46:09	0,0	98,67
56	6	0	9	06:00:00	06:30:38	1113,6	22,98
56	6	9	18	07:08:59	09:04:38	6272,0	86,74
56	6	18	20	10:21:41	13:02:57	1041,0	120,96
56	6	20	16	13:40:46	14:24:50	1390,0	33,06
56	6	16	0	15:05:16	17:04:24	0,0	89,36
56	7	0	12	06:00:00	06:28:05	10988,0	21,07
56	7	12	6	08:20:30	08:27:02	1608,0	4,91
56	7	6	15	09:09:06	09:12:58	3733,0	2,90
56	7	15	22	10:10:58	10:42:55	1671,0	23,96
56	7	22	17	11:25:26	11:42:16	6000,0	12,62
56	7	17	0	12:57:16	13:39:20	0,0	31,55
56	8	0	3	06:00:00	06:53:24	8127,3	40,06
56	8	3	6	08:24:21	08:43:38	2997,0	14,46
56	8	6	5	09:36:07	10:02:10	5732,0	19,54

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
56	8	5	4	11:15:09	11:36:00	1261,4	15,63
56	8	4	0	12:15:27	13:13:24	0,0	43,46
57	1	0	1	06:00:00	15:43:02	4015,0	437,28
57	1	1	0	16:43:09	26:26:12	0,0	437,28
57	2	0	5	06:00:00	06:41:09	18917,5	30,87
57	2	5	2	09:33:02	09:58:39	2832,0	19,22
57	2	2	9	10:49:53	11:05:37	713,0	11,79
57	2	9	7	11:40:58	14:02:43	1000,0	106,32
57	2	7	0	14:40:13	18:09:27	0,0	156,93
57	3	0	8	07:43:55	08:18:09	15000,0	31,55
57	3	8	3	10:40:39	13:32:20	9000,0	128,76
57	3	3	0	15:09:50	17:21:24	0,0	98,67
57	4	0	10	06:00:00	06:16:05	729,0	12,06
57	4	10	8	06:51:33	07:27:08	5000,0	26,69
57	4	8	4	08:34:38	09:08:52	5444,0	25,68
57	4	4	0	10:19:42	11:33:38	0,0	55,44
58	1	0	1	06:00:00	15:43:02	14000,0	437,28
58	1	1	0	17:58:02	27:41:05	0,0	437,28
58	2	0	13	06:00:00	11:12:07	1578,0	234,09
58	2	13	0	11:53:57	17:06:05	0,0	234,09
58	3	0	2	06:00:00	07:06:40	10482,0	50,01
58	3	2	5	08:55:17	12:10:13	13518,0	146,20
58	3	5	0	15:49:13	17:03:51	0,0	98,67
58	4	0	14	06:00:00	07:14:37	4574,0	55,97
58	4	14	6	08:18:56	10:39:09	1140,0	105,16
58	4	6	2	11:17:42	11:51:33	1699,9	25,39
58	4	2	10	12:34:18	13:12:52	1100,0	28,93
58	4	10	7	13:51:07	14:16:59	3161,0	19,39
58	4	7	0	15:10:41	16:38:24	0,0	65,79
58	5	0	8	06:00:00	06:37:23	4082,2	28,05
58	5	8	9	07:38:00	07:59:25	10000,0	16,06
58	5	9	4	09:44:25	09:48:10	6939,8	2,81
58	5	4	15	11:10:13	11:32:43	355,0	16,87
58	5	15	12	12:05:22	12:23:37	2623,0	13,68
58	5	12	0	13:13:17	14:24:36	0,0	53,49
58	6	0	3	06:00:00	06:57:56	5727,0	43,46
58	6	3	0	08:10:53	09:08:50	0,0	43,46

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
58	7	0	8	06:00:00	06:37:23	380,8	28,05
58	7	8	0	07:10:15	07:47:39	0,0	28,05
59	1	0	18	06:00:00	16:28:26	2040,5	471,33
59	1	18	0	17:13:44	27:42:11	0,0	471,33
59	2	0	11	06:00:00	16:15:22	4029,5	461,53
59	2	11	0	17:15:35	27:30:57	0,0	461,53
59	3	0	19	06:00:00	11:12:07	2948,9	234,09
59	3	19	0	12:04:14	17:16:22	0,0	234,09
59	4	0	16	06:00:00	06:52:03	1601,1	39,05
59	4	16	9	09:11:53	10:11:46	2398,9	86,44
59	4	9	7	10:59:45	11:42:47	20000,0	32,27
59	4	7	0	14:42:47	18:12:02	0,0	156,93
59	5	0	16	06:00:00	06:52:03	1796,4	39,05
59	5	16	1	07:35:32	07:45:18	515,0	7,33
59	5	1	4	08:19:10	08:41:59	66,6	17,11
59	5	4	13	09:12:29	10:41:00	63,0	66,39
59	5	13	5	11:11:28	13:10:17	300,0	89,11
59	5	5	0	13:42:32	15:45:12	0,0	91,99
59	6	0	6	06:00:00	06:50:25	1025,5	37,82
59	6	6	12	07:28:07	07:34:12	11000,0	4,57
59	6	12	3	10:17:18	11:08:05	3020,0	53,46
59	6	3	14	12:00:44	13:07:06	1600,0	49,77
59	6	14	15	13:49:06	14:12:12	2050,0	17,33
59	6	15	10	14:57:35	15:01:21	5304,5	2,83
59	6	10	0	16:11:08	17:17:03	0,0	49,44
59	7	0	8	06:00:00	06:37:23	912,6	28,05
59	7	8	6	07:14:14	07:32:00	347,5	13,32
59	7	6	2	08:04:36	08:37:41	162,0	24,80
59	7	2	0	09:08:54	10:06:50	0,0	43,46
60	1	0	25	06:00:00	16:28:26	3256,6	471,33
60	1	25	0	17:22:52	27:51:18	0,0	471,33
60	2	0	2	06:00:00	15:43:02	100,0	437,28
60	2	2	0	16:13:47	25:56:50	0,0	437,28
60	3	0	13	06:00:00	09:29:14	4621,0	156,93
60	3	13	20	10:33:54	11:52:57	1000,0	59,30
60	3	20	0	12:30:27	17:04:13	0,0	205,32
60	4	0	21	06:00:00	07:11:19	4844,8	53,49

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
60	4	21	3	08:17:39	08:35:35	14378,0	13,45
60	4	3	27	10:53:25	13:45:25	411,0	129,00
60	4	27	23	14:18:30	14:35:32	4366,2	12,78
60	4	23	0	15:38:17	18:12:22	0,0	115,56
60	5	0	22	06:00:00	07:16:59	503,8	57,74
60	5	22	21	07:50:45	08:05:02	12960,2	10,71
60	5	21	11	10:12:14	12:00:31	10536,0	81,21
60	5	11	0	13:49:32	15:52:12	0,0	91,99
60	6	0	7	06:00:00	07:13:55	4256,6	55,44
60	6	7	17	08:15:51	08:50:05	115,0	25,68
60	6	17	26	09:20:56	09:56:32	250,0	26,69
60	6	26	19	10:28:24	11:24:02	80,0	41,72
60	6	19	22	11:54:38	12:19:33	3719,9	18,69
60	6	22	6	13:17:27	13:29:37	1593,9	9,12
60	6	6	0	14:11:34	15:39:22	0,0	65,85
60	7	0	10	06:00:00	07:06:24	7496,5	49,81
60	7	10	14	08:32:37	09:01:46	1000,0	21,86
60	7	14	8	09:39:16	09:46:02	2017,4	5,08
60	7	8	12	10:31:10	10:34:54	3400,0	2,80
60	7	12	15	11:30:24	11:37:05	2458,6	5,01
60	7	15	1	12:25:32	14:10:40	2679,0	78,85
60	7	1	0	15:00:45	16:21:24	0,0	60,49
60	8	0	9	06:00:00	06:41:09	5692,1	30,87
60	8	9	5	07:53:50	07:58:36	2360,0	3,57
60	8	5	16	08:46:18	09:06:33	2360,0	15,19
60	8	16	0	09:54:15	11:00:10	0,0	49,44
60	9	0	4	06:00:00	06:57:56	2047,0	43,46
60	9	4	18	07:43:17	08:06:49	9123,0	17,65
60	9	18	0	09:45:15	10:50:24	0,0	48,87
61	1	0	1	06:00:00	06:41:09	2890,0	30,87
61	1	1	0	07:32:49	08:13:59	0,0	30,87
62	1	0	1	06:00:00	07:11:19	2248,0	53,49
62	1	1	0	07:58:10	09:09:29	0,0	53,49
63	1	0	3	06:00:00	07:05:54	233,1	49,44
63	1	3	5	07:37:39	08:14:48	331,0	27,86
63	1	5	1	08:47:17	09:10:37	2809,0	17,50
63	1	1	0	10:01:41	11:13:42	0,0	54,01

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
63	2	0	2	06:00:00	06:28:05	10665,5	21,07
63	2	2	0	08:18:05	08:46:11	0,0	21,07
64	1	0	1	06:00:00	07:05:09	2308,0	48,87
64	1	1	2	07:52:27	10:22:16	300,0	112,36
64	1	2	4	10:54:31	11:54:49	21392,0	45,22
64	1	4	0	15:05:15	16:19:53	0,0	55,97
64	2	0	3	06:00:00	06:58:35	21410,0	43,95
64	2	3	4	10:09:10	12:21:45	2568,0	99,44
64	2	4	0	13:11:01	14:25:39	0,0	55,97
65	1	0	10	06:00:00	16:28:26	5892,0	471,33
65	1	10	0	17:42:38	28:11:04	0,0	471,33
65	2	0	1	06:00:00	06:30:38	151,0	22,98
65	2	1	11	07:01:46	07:35:17	21,0	25,15
65	2	11	6	08:05:27	09:31:58	1152,0	64,90
65	2	6	3	10:10:37	13:05:34	2740,0	131,21
65	2	3	0	13:56:07	15:58:46	0,0	91,99
65	3	0	12	06:00:00	06:58:35	279,0	43,95
65	3	12	2	07:30:41	07:48:18	151,5	13,22
65	3	2	5	08:19:26	08:40:01	1,0	15,43
65	3	5	8	09:10:01	11:12:26	4320,0	91,80
65	3	8	9	12:14:50	13:35:26	5192,7	60,45
65	3	9	0	14:44:23	16:13:31	0,0	66,86
65	4	0	4	06:00:00	06:50:25	12000,0	37,82
65	4	4	7	08:50:25	09:11:43	9325,0	15,98
65	4	7	0	10:51:40	11:43:43	0,0	39,05
66	1	0	15	06:00:00	16:28:26	251,0	471,33
66	1	15	0	17:00:19	27:28:46	0,0	471,33
66	2	0	2	06:00:00	16:07:07	1377,3	455,34
66	2	2	0	16:47:27	26:54:34	0,0	455,34
66	3	0	5	06:00:00	07:12:00	246,0	54,01
66	3	5	13	07:43:51	08:21:19	4388,0	28,10
66	3	13	14	09:24:14	11:43:41	13,0	104,59
66	3	14	1	12:13:47	13:50:15	12,0	72,35
66	3	1	0	14:20:21	16:31:54	0,0	98,67
66	4	0	8	06:46:05	07:20:04	5282,7	19,62
66	4	8	6	08:29:41	09:31:27	6998,3	46,32
66	4	6	3	10:53:56	12:23:57	11719,0	67,51

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
66	4	3	0	14:21:51	16:24:30	0,0	91,99
66	5	0	8	06:00:00	06:26:09	3559,1	19,62
66	5	8	4	07:22:50	07:55:13	2361,0	24,28
66	5	4	7	08:42:55	09:09:03	1101,3	19,59
66	5	7	11	09:47:18	10:11:22	280,0	18,04
66	5	11	9	10:43:28	10:57:37	352,0	10,61
66	5	9	10	11:30:15	12:09:15	1,0	29,24
66	5	10	16	12:39:15	13:37:09	1101,3	43,42
66	5	16	0	14:15:24	14:31:30	0,0	12,06
67	1	0	12	06:00:00	07:59:08	3720,6	89,36
67	1	12	5	08:57:02	09:51:13	10,0	40,63
67	1	5	8	10:21:17	12:52:18	15,0	113,25
67	1	8	0	13:22:24	16:51:39	0,0	156,93
67	2	0	13	06:00:00	07:06:50	2636,3	50,13
67	2	13	17	07:56:36	08:02:09	6487,7	4,16
67	2	17	18	09:20:48	09:35:04	1828,7	10,71
67	2	18	15	10:18:47	10:43:43	15,0	18,69
67	2	15	20	11:13:50	13:57:22	700,0	122,65
67	2	20	0	14:32:37	16:54:21	0,0	106,31
67	3	0	19	06:00:00	06:16:05	4035,0	12,06
67	3	19	2	07:16:20	07:51:09	18,0	26,11
67	3	2	6	08:21:17	08:43:13	160,0	16,45
67	3	6	9	09:14:25	09:21:11	1240,0	5,08
67	3	9	7	10:00:29	10:10:11	1546,8	7,26
67	3	7	4	10:51:47	11:34:16	25,0	31,87
67	3	4	1	12:04:27	13:28:42	2632,3	63,19
67	3	1	0	14:18:27	15:39:06	0,0	60,49
67	4	0	3	06:00:00	06:57:56	518,0	43,46
67	4	3	11	07:31:49	08:09:06	800,0	27,96
67	4	11	14	08:45:06	09:05:36	3440,2	15,37
67	4	14	0	10:01:24	11:06:33	0,0	48,87
67	5	0	10	06:00:00	06:26:09	8057,0	19,62
67	5	10	0	07:56:34	08:22:44	0,0	19,62
68	1	0	2	06:00:00	15:43:02	4663,2	437,28
68	1	2	0	16:48:01	26:31:03	0,0	437,28
68	2	0	11	06:00:00	07:12:00	2000,0	54,01
68	2	11	23	07:57:00	08:19:39	18791,0	16,98

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
68	2	23	17	11:10:35	11:28:49	3152,0	13,68
68	2	17	13	12:22:28	14:44:13	57,0	106,32
68	2	13	0	15:14:39	18:43:53	0,0	156,93
68	3	0	15	06:00:00	06:42:03	18994,7	31,55
68	3	15	1	09:34:31	09:35:26	1130,3	0,68
68	3	1	22	12:51:38	13:47:03	3150,0	133,01
68	3	22	19	14:40:41	14:57:43	725,0	12,78
68	3	19	0	15:33:10	18:07:14	0,0	115,56
68	4	0	7	07:24:13	07:48:20	18903,2	22,98
68	4	7	6	10:40:07	11:05:15	1096,8	18,85
68	4	6	18	11:43:28	13:55:14	4000,0	98,83
68	4	18	0	14:55:14	16:24:23	0,0	66,86
68	5	0	8	06:00:00	06:41:09	4182,0	30,87
68	5	8	21	07:42:31	08:00:08	19003,0	13,22
68	5	21	16	10:52:39	10:59:50	815,0	5,38
68	5	16	0	11:35:56	12:41:05	0,0	48,87
68	6	0	4	07:24:13	07:29:03	12971,9	40,06
68	6	4	10	09:36:20	09:48:48	495,0	9,35
68	6	10	3	10:22:31	10:39:39	420,9	12,85
68	6	3	15	11:12:49	11:34:50	3085,3	16,52
68	6	15	8	12:27:59	12:29:01	7026,9	0,77
68	6	8	0	13:51:43	14:32:52	0,0	30,87
68	7	0	4	06:00:00	06:53:24	4377,1	40,06
68	7	4	7	07:56:14	08:19:03	1304,2	17,11
68	7	7	12	08:58:50	09:02:34	3905,0	2,80
68	7	12	14	10:01:51	10:08:32	583,4	5,01
68	7	14	20	10:42:55	11:16:54	5268,5	25,49
68	7	20	23	12:26:25	13:19:52	3289,0	40,08
68	7	23	5	14:14:32	14:55:46	11,0	30,93
68	7	5	0	15:25:51	16:23:48	0,0	43,46
69	1	0	14	06:00:00	11:12:07	6168,9	234,09
69	1	14	0	12:28:23	17:40:31	0,0	234,09
69	2	0	8	06:00:00	06:37:23	100,0	28,05
69	2	8	12	07:08:08	07:42:06	7808,0	25,47
69	2	12	11	09:10:40	09:16:12	3,0	4,16
69	2	11	15	09:46:13	12:06:13	3000,0	105,00
69	2	15	5	12:58:43	13:56:20	873,4	43,21

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
69	2	5	0	14:32:53	16:44:27	0,0	98,67
69	3	0	7	06:00:00	06:28:05	2273,8	21,07
69	3	7	13	07:15:09	07:47:47	10084,5	24,48
69	3	13	6	09:33:25	10:20:54	3000,0	35,62
69	3	6	4	11:13:24	12:02:53	2733,8	37,11
69	3	4	10	12:53:24	13:55:15	5907,9	46,39
69	3	10	0	15:09:34	15:35:43	0,0	19,62
69	4	0	1	06:00:00	07:03:49	3000,0	47,87
69	4	1	3	07:56:19	08:15:04	3000,0	14,05
69	4	3	7	09:07:34	09:36:06	2725,3	21,41
69	4	7	2	10:26:33	11:09:02	3491,0	31,87
69	4	2	9	12:05:13	13:31:29	467,7	64,69
69	4	9	0	14:04:59	15:27:37	0,0	61,97
70	1	0	3	06:00:00	07:13:55	1504,8	55,44
70	1	3	9	07:55:12	08:15:25	1600,0	15,16
70	1	9	7	08:57:25	09:02:57	60,0	4,16
70	1	7	11	09:33:24	12:31:46	0,8	133,77
70	1	11	0	13:01:46	15:23:31	0,0	106,31
70	2	0	2	06:00:00	06:34:00	3411,0	25,50
70	2	2	4	07:29:35	08:15:48	929,0	34,67
70	2	4	5	08:52:46	08:56:30	2336,7	2,80
70	2	5	10	09:44:02	10:16:40	3500,0	24,48
70	2	10	1	11:12:55	11:47:44	126,0	26,11
70	2	1	6	12:18:40	12:42:47	418,0	18,08
70	2	6	8	13:15:55	13:54:54	5975,0	29,24
70	2	8	0	15:09:43	16:14:52	0,0	48,87
71	1	0	5	06:00:00	06:30:38	18376,9	22,98
71	1	5	8	09:18:27	09:54:40	450,0	27,16
71	1	8	9	10:28:03	10:33:35	3610,0	4,16
71	1	9	10	11:30:40	14:50:01	1563,1	149,51
71	1	10	0	15:31:44	18:05:49	0,0	115,56
71	2	0	5	06:00:00	06:30:38	1623,1	22,98
71	2	5	7	07:12:48	07:35:13	60,0	16,81
71	2	7	4	08:05:40	11:07:29	609,9	136,36
71	2	4	2	11:42:04	14:41:51	29,0	134,84
71	2	2	0	15:12:04	16:10:01	0,0	43,46
71	3	0	11	06:00:00	06:16:05	3892,0	12,06

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
71	3	11	6	07:15:16	07:50:12	20000,0	26,20
71	3	6	1	10:50:12	11:15:49	108,0	19,22
71	3	1	0	11:46:38	12:42:33	0,0	41,94
71	4	0	11	06:00:00	06:16:05	7257,7	12,06
71	4	11	3	07:40:31	08:30:35	2211,0	37,55
71	4	3	0	09:17:10	09:51:10	0,0	25,50
72	1	0	10	06:00:00	06:16:05	119,6	12,06
72	1	10	4	06:46:58	09:03:22	60,0	102,30
72	1	4	12	09:33:49	10:31:26	82,0	43,21
72	1	12	11	11:02:03	12:53:06	132,4	83,28
72	1	11	0	13:24:05	15:45:50	0,0	106,31
72	2	0	6	06:00:00	07:06:24	1433,9	49,81
72	2	6	9	07:47:09	07:52:21	2434,2	3,90
72	2	9	3	08:40:36	09:06:00	16131,9	19,04
72	2	3	7	11:36:59	13:07:11	4000,0	67,66
72	2	7	0	16:21:35	16:47:45	0,0	91,99
72	3	0	1	06:00:00	06:57:56	5,5	43,46
72	3	1	2	07:27:59	08:55:04	123,0	65,32
72	3	2	8	09:26:00	10:02:01	665,7	27,02
72	3	8	5	10:37:01	10:47:20	704,8	7,74
72	3	5	6	11:22:37	11:58:27	1018,8	26,87
72	3	6	0	12:36:05	13:42:30	0,0	49,81
73	1	0	4	06:00:00	06:28:05	254,7	21,07
73	1	4	3	07:00:00	07:49:08	500,0	36,85
73	1	3	5	08:22:53	09:02:49	215,0	29,95
73	1	5	1	09:34:26	09:50:34	16132,7	12,10
73	1	1	6	12:21:34	14:40:00	6897,5	103,83
73	1	6	0	16:01:44	17:26:46	0,0	63,77
73	2	0	4	06:00:00	06:28:05	8584,2	21,07
73	2	4	2	08:02:28	08:09:01	436,7	4,91
73	2	2	0	08:42:17	09:16:50	0,0	25,91
74	1	0	18	06:00:00	11:12:07	1565,2	234,09
74	1	18	0	11:53:51	17:05:59	0,0	234,09
74	2	0	8	06:00:00	06:34:32	13087,2	25,91
74	2	8	3	08:42:41	09:26:04	10003,0	32,54
74	2	3	19	11:11:05	14:31:39	909,8	150,42
74	2	19	0	17:29:31	18:44:09	0,0	106,31

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
74	3	0	11	06:00:00	06:50:25	8383,9	37,82
74	3	11	16	08:23:18	08:43:22	3646,4	15,05
74	3	16	12	09:40:43	09:53:35	120,0	9,65
74	3	12	15	10:24:29	11:18:41	2486,9	40,64
74	3	15	21	12:07:20	12:40:07	3292,1	24,59
74	3	21	7	13:34:48	14:15:58	6070,6	30,88
74	3	7	0	15:31:30	16:59:18	0,0	65,85
74	4	0	20	06:00:00	07:14:37	713,8	55,97
74	4	20	17	07:49:59	09:11:21	727,6	61,04
74	4	17	9	09:46:49	10:20:20	1821,0	25,15
74	4	9	13	11:04:00	11:07:44	350,0	2,80
74	4	13	14	11:40:22	13:30:47	350,0	82,82
74	4	14	0	14:03:24	15:26:02	0,0	61,97
74	5	0	1	06:00:00	06:41:31	788,0	31,14
74	5	1	6	07:17:25	07:21:36	361,8	3,14
74	5	6	2	07:54:19	08:13:03	5118,9	14,05
74	5	2	16	09:21:27	09:24:55	823,6	2,61
74	5	16	0	10:01:06	11:06:15	0,0	48,87
74	6	0	8	06:00:00	06:34:32	10811,1	25,91
74	6	8	4	08:25:37	08:47:43	500,0	16,58
74	6	4	0	09:21:28	10:17:23	0,0	41,94
74	7	0	5	06:00:00	06:34:00	700,0	25,50
74	7	5	0	07:09:15	07:43:15	0,0	25,50
75	1	0	10	06:00:00	07:11:19	41,5	53,49
75	1	10	11	07:41:37	10:03:37	1335,0	106,50
75	1	11	1	10:43:38	11:58:56	587,4	56,47
75	1	1	4	12:33:20	13:25:06	357,0	38,82
75	1	4	0	13:57:46	16:09:20	0,0	98,67
75	2	0	2	07:36:50	08:15:40	14686,4	31,14
75	2	2	5	10:35:49	12:02:41	9313,6	65,15
75	2	5	0	13:42:32	15:41:41	0,0	89,36
75	3	0	12	06:00:00	06:16:05	313,2	12,06
75	3	12	8	06:48:26	07:44:03	633,4	41,72
75	3	8	7	08:18:48	08:58:32	1983,0	29,80
75	3	7	6	09:43:25	10:18:14	333,2	26,11
75	3	6	9	10:50:44	13:22:31	2349,4	113,85
75	3	9	0	14:10:09	15:35:11	0,0	63,77

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
75	4	0	3	06:00:00	06:34:00	20,0	25,50
75	4	3	2	07:04:09	08:10:20	4207,6	49,64
75	4	2	0	09:11:53	09:53:24	0,0	31,14
76	1	0	1	06:00:00	06:53:24	7743,2	40,06
76	1	1	2	08:21:29	08:51:55	12635,6	22,83
76	1	2	3	10:56:41	11:28:25	2421,2	23,79
76	1	3	4	12:16:34	14:24:35	1200,0	96,02
76	1	4	0	15:03:35	16:32:44	0,0	66,86
76	2	0	1	06:00:00	06:53:24	1904,8	40,06
76	2	1	0	07:37:41	08:31:06	0,0	40,06
77	1	0	1	06:00:00	15:43:02	8848,0	437,28
77	1	1	0	17:19:24	27:02:26	0,0	437,28
77	2	0	3	06:00:00	06:45:41	80,0	34,27
77	2	3	10	07:16:17	07:35:55	1440,0	14,72
77	2	10	8	08:16:43	08:52:20	138,0	26,71
77	2	8	12	09:23:22	11:02:09	550,0	74,09
77	2	12	13	11:36:16	12:41:48	10,0	49,15
77	2	13	0	13:11:53	15:45:57	0,0	115,56
77	3	0	5	06:00:00	06:34:32	11438,8	25,91
77	3	5	4	08:30:19	09:24:22	12561,2	40,53
77	3	4	0	11:28:34	12:56:22	0,0	65,85
77	4	0	6	06:00:00	06:30:38	739,8	22,98
77	4	6	7	07:06:11	07:42:01	760,0	26,87
77	4	7	5	08:17:43	08:49:57	8581,6	24,18
77	4	5	0	10:24:19	10:58:51	0,0	25,91
77	5	0	11	06:00:00	07:05:09	4010,0	48,87
77	5	11	2	08:05:13	08:28:45	302,8	17,65
77	5	2	9	09:01:01	09:21:43	499,6	15,51
77	5	9	0	09:55:27	11:01:22	0,0	49,44
78	1	0	5	06:00:00	06:26:09	6180,0	19,62
78	1	5	2	07:42:30	07:54:13	12367,3	8,79
78	1	2	1	09:56:58	10:23:01	4,2	19,54
78	1	1	3	10:53:03	11:21:41	150,0	21,47
78	1	3	4	11:52:48	12:32:03	8,0	29,44
78	1	4	6	13:02:06	13:04:29	500,0	1,79
78	1	6	7	13:38:14	14:17:08	1200,0	29,17
78	1	7	0	14:56:08	16:13:07	0,0	57,74

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
79	1	0	4	06:00:00	06:41:09	2708,0	30,87
79	1	4	8	07:31:27	09:32:40	873,4	90,90
79	1	8	7	10:09:13	11:56:31	19523,4	80,48
79	1	7	2	14:52:57	16:50:36	895,2	88,24
79	1	2	0	17:27:19	18:55:07	0,0	65,85
79	2	0	3	06:00:00	06:34:32	11468,1	25,91
79	2	3	6	08:30:33	08:33:52	4417,1	2,49
79	2	6	1	09:36:59	10:21:48	372,0	33,61
79	2	1	5	10:54:35	11:45:13	914,9	37,97
79	2	5	7	12:22:05	14:20:27	2679,1	88,78
79	2	7	0	15:10:33	16:37:46	0,0	65,42
80	1	0	5	06:00:00	06:37:23	5,0	28,05
80	1	5	2	07:07:26	07:59:17	4515,3	38,89
80	1	2	6	09:03:09	12:20:07	1437,0	147,73
80	1	6	8	13:00:54	15:49:46	2216,0	126,65
80	1	8	0	16:36:23	16:52:28	0,0	12,06
80	2	0	1	06:00:00	06:53:24	618,0	40,06
80	2	1	4	07:28:02	07:53:50	2000,0	19,35
80	2	4	9	08:38:50	09:16:33	114,0	28,28
80	2	9	3	09:47:24	12:55:54	841,5	141,37
80	2	3	0	13:32:12	15:43:46	0,0	98,67
81	1	0	5	06:00:00	07:27:42	9725,7	65,79
81	1	5	6	09:10:39	09:22:49	1216,0	9,12
81	1	6	8	10:01:56	12:30:14	285,5	111,23
81	1	8	2	13:02:23	14:00:00	4266,8	43,21
81	1	2	0	15:02:00	17:13:33	0,0	98,67
81	2	0	3	06:00:00	06:30:38	6400,0	22,98
81	2	3	1	07:48:38	08:34:51	358,0	34,67
81	2	1	7	09:07:32	10:10:22	700,0	47,12
81	2	7	0	10:45:37	12:14:46	0,0	66,86
82	1	0	3	06:00:00	16:07:07	2000,0	455,34
82	1	3	0	16:52:07	26:59:15	0,0	455,34
82	2	0	4	06:00:00	07:12:00	161,0	54,01
82	2	4	7	07:43:13	08:06:33	9,4	17,50
82	2	7	2	08:36:38	09:02:01	3255,3	19,04
82	2	2	6	09:56:26	11:54:05	18,0	88,24
82	2	6	9	12:24:13	13:03:22	1410,0	29,35

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
82	2	9	0	13:43:56	15:13:05	0,0	66,86
82	3	0	1	06:00:00	06:34:00	75,0	25,50
82	3	1	10	07:04:33	07:54:38	580,0	37,55
82	3	10	5	08:28:59	09:01:37	120,0	24,48
82	3	5	11	09:32:31	10:10:14	1600,0	28,28
82	3	11	8	10:52:14	11:36:55	1736,4	33,52
82	3	8	0	12:19:57	13:36:56	0,0	57,74
83	1	0	6	06:00:00	07:16:59	501,0	57,74
83	1	6	5	07:50:44	10:29:16	100,0	118,90
83	1	5	9	11:00:01	13:05:37	0,3	94,20
83	1	9	0	13:35:37	15:57:22	0,0	106,31
83	2	0	2	06:00:00	07:06:24	59,2	49,81
83	2	2	4	07:36:51	07:58:25	5265,8	16,18
83	2	4	7	09:07:55	11:40:46	1140,0	114,64
83	2	7	3	12:19:19	14:13:22	423,0	85,53
83	2	3	0	14:46:32	16:49:12	0,0	91,99
83	3	0	1	06:00:00	06:53:24	665,0	40,06
83	3	1	0	07:28:23	08:21:48	0,0	40,06
84	1	0	5	06:00:00	06:38:23	140,0	28,79
84	1	5	3	07:09:26	07:59:40	1183,2	37,68
84	1	3	6	08:38:32	08:50:42	140,0	9,12
84	1	6	9	09:21:45	12:19:46	0,6	133,52
84	1	9	0	12:49:46	15:11:31	0,0	106,31
84	2	0	4	06:00:00	06:30:38	120,0	22,98
84	2	4	8	07:01:32	07:35:31	307,0	25,49
84	2	8	7	08:07:49	09:00:05	5408,0	39,20
84	2	7	0	10:10:39	10:26:44	0,0	12,06
84	3	0	2	06:00:00	06:34:00	613,0	25,50
84	3	2	1	07:08:36	08:35:41	300,6	65,32
84	3	1	0	09:07:56	10:05:53	0,0	43,46
85	1	0	9	06:00:00	11:12:07	8117,5	234,09
85	1	9	0	12:43:00	17:55:07	0,0	234,09
85	2	0	8	06:00:00	07:29:08	1000,0	66,86
85	2	8	6	08:06:38	08:45:46	220,0	29,35
85	2	6	3	09:17:25	10:32:21	3114,7	56,19
85	2	3	5	11:25:42	13:36:44	300,0	98,27
85	2	5	2	14:08:59	14:41:14	47,0	24,19

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
85	2	2	0	15:11:36	15:53:07	0,0	31,14
85	3	0	4	06:00:00	06:50:25	3013,6	37,82
85	3	4	7	07:43:01	08:03:05	170,0	15,05
85	3	7	10	08:34:22	08:41:32	113,0	5,38
85	3	10	1	09:12:23	11:29:13	131,5	102,63
85	3	1	0	12:00:12	13:20:51	0,0	60,49
86	1	0	1	06:00:00	15:43:02	5540,0	437,28
86	1	1	0	16:54:35	26:37:38	0,0	437,28
86	2	0	4	06:00:00	06:26:09	13672,0	19,62
86	2	4	5	08:38:41	09:10:24	150,0	23,79
86	2	5	2	09:41:32	09:42:34	2133,0	0,77
86	2	2	6	10:28:33	12:35:34	1350,0	95,25
86	2	6	7	13:15:41	14:21:13	83,0	49,15
86	2	7	0	14:51:51	17:25:55	0,0	115,56
86	3	0	3	06:00:00	07:06:24	100,0	49,81
86	3	3	0	07:37:09	08:43:34	0,0	49,81
87	1	0	6	06:00:00	07:29:08	1425,0	66,86
87	1	6	4	08:09:49	10:03:52	80,0	85,53
87	1	4	7	10:34:28	12:52:25	41,0	103,47
87	1	7	0	13:22:44	15:56:48	0,0	115,56
87	2	0	5	06:00:00	06:28:05	15473,0	21,07
87	2	5	8	08:54:08	09:26:47	7904,7	24,48
87	2	8	1	10:56:04	11:30:52	54,0	26,11
87	2	1	2	12:01:17	12:24:24	568,3	17,34
87	2	2	0	12:58:40	13:56:36	0,0	43,46
87	3	0	5	06:00:00	06:28:05	649,6	21,07
87	3	5	3	07:02:58	07:06:42	1041,0	2,80
87	3	3	0	07:44:30	08:15:08	0,0	22,98
88	1	0	8	06:00:00	11:12:07	4515,2	234,09
88	1	8	0	12:15:59	17:28:06	0,0	234,09
88	2	0	7	06:00:00	07:16:59	48,0	57,74
88	2	7	4	07:47:20	09:22:51	10,0	71,63
88	2	4	2	09:52:55	13:21:13	4440,2	156,22
88	2	2	0	14:24:31	16:36:05	0,0	98,67
88	3	0	3	06:00:00	07:13:55	5442,8	55,44
88	3	3	5	08:24:44	09:13:53	14165,0	36,85
88	3	5	1	11:30:07	12:30:10	4392,2	45,04

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
88	3	1	0	13:33:06	15:00:54	0,0	65,85
88	4	0	6	06:00:00	06:26:09	2300,0	19,62
88	4	6	3	07:13:24	08:08:21	197,2	41,22
88	4	3	0	08:39:50	09:53:45	0,0	55,44
89	1	0	4	06:00:00	06:30:38	1876,8	22,98
89	1	4	3	07:14:42	07:19:01	16874,0	3,24
89	1	3	2	09:55:35	10:49:37	5054,2	40,53
89	1	2	7	11:57:32	14:22:33	195,0	108,77
89	1	7	0	17:07:34	17:23:39	0,0	66,86
89	2	0	1	06:00:00	06:34:00	180,0	25,50
89	2	1	8	07:05:21	07:55:25	77,0	37,55
89	2	8	4	08:26:00	08:59:31	2852,4	25,15
89	2	4	6	09:50:55	09:54:39	130,0	2,80
89	2	6	5	10:25:37	10:51:45	35,0	19,59
89	2	5	0	11:22:01	12:12:26	0,0	37,82
90	1	0	3	06:00:00	06:34:00	1325,1	25,50
90	1	3	6	07:13:56	08:19:16	1380,0	49,00
90	1	6	4	08:59:37	09:04:23	100,0	3,57
90	1	4	2	09:35:08	09:55:58	27,0	15,63
90	1	2	1	10:26:10	11:11:42	459,0	34,15
90	1	1	8	11:45:09	12:11:42	42,0	19,92
90	1	8	5	12:42:01	12:54:11	405,0	9,12
90	1	5	0	13:27:13	14:55:01	0,0	65,85
90	2	0	7	06:00:00	06:28:05	11000,0	21,07
90	2	7	0	08:26:04	08:54:10	0,0	21,07
91	1	0	11	06:00:00	16:28:26	732,0	471,33
91	1	11	0	16:58:27	27:26:53	0,0	471,33
91	2	0	8	06:00:00	16:15:22	2591,0	461,53
91	2	8	0	17:04:48	27:20:10	0,0	461,53
91	3	0	4	06:00:00	06:45:41	37,3	34,27
91	3	4	6	07:15:58	07:41:06	110,0	18,85
91	3	6	1	08:11:56	08:34:45	515,0	17,11
91	3	1	10	09:08:36	09:35:10	177,0	19,92
91	3	10	7	10:06:30	10:43:51	251,0	28,02
91	3	7	9	11:15:44	11:41:21	1718,0	19,21
91	3	9	5	12:24:14	12:49:37	6404,4	19,04
91	3	5	0	14:07:39	15:35:27	0,0	65,85

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Forn. Saída	Forn. Chegada	Hora Saída	Hora Chegada	Carga Coletada (kg)	Distância (km)
91	4	0	2	06:00:00	06:57:56	7535,8	43,46
91	4	2	0	08:24:27	09:22:24	0,0	43,46
91	5	0	3	06:00:00	06:34:00	28,0	25,50
91	5	3	0	07:04:12	07:38:12	0,0	25,50
92	1	0	2	06:00:00	06:57:56	2,5	43,46
92	1	2	5	07:27:57	07:51:54	173,0	17,95
92	1	5	1	08:23:11	08:47:22	2673,7	18,13
92	1	1	3	09:37:25	10:16:04	2117,2	28,99
92	1	3	4	11:01:57	13:26:59	130,0	108,77
92	1	4	0	13:57:57	15:27:06	0,0	66,86
94	1	0	1	06:00:00	06:34:00	3447,0	25,50
94	1	1	0	07:29:51	08:03:51	0,0	25,50

Conclusão

APÊNDICE J – RELATÓRIO GERENCIAL DE VEÍCULOS ROTEADOS

Distâncias em quilômetros e carga em quilogramas.

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
1	1	108,02	4049,62	R$ 1.327,41	Toco
2	1	97,73	209,00	R$ 617,40	Sprinter
3	1	910,69	20550,00	R$ 7.968,52	Carreta
4	1	42,15	346,00	R$ 493,92	Sprinter
5	1	84,39	4077,00	R$ 895,23	Toco
7	1	410,65	24000,00	R$ 3.593,16	Carreta
8	1	410,65	4293,00	R$ 2.451,56	Toco
9	1	412,65	22231,00	R$ 3.610,68	Carreta
9	2	127,55	454,00	R$ 1.049,58	Sprinter
10	1	410,65	22000,00	R$ 3.593,16	Carreta
11	1	412,87	24000,00	R$ 3.612,58	Carreta
11	2	231,56	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
11	3	156,58	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
11	4	162,46	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
11	5	232,20	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
11	6	84,15	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
11	7	76,87	18227,00	R$ 1.543,50	Carreta
12	1	923,06	19700,00	R$ 8.076,74	Carreta
12	2	910,69	23086,00	R$ 7.968,52	Carreta
12	3	214,73	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
12	4	287,55	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
12	5	99,61	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
12	6	98,89	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
12	7	93,45	10813,00	R$ 1.296,54	*Truck*
12	8	45,96	5808,00	R$ 710,01	Toco
13	1	438,48	11165,00	R$ 3.157,06	*Truck*
13	2	197,34	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
13	3	220,43	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
13	4	98,87	20848,00	R$ 1.543,50	Carreta
13	5	86,92	1415,00	R$ 771,75	910
14	1	910,69	21491,98	R$ 7.968,52	Carreta
14	2	421,55	24000,00	R$ 3.688,57	Carreta
14	3	314,25	24000,00	R$ 2.749,67	Carreta
14	4	213,30	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
14	5	168,05	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
14	6	222,82	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
14	7	124,59	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
14	8	99,70	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
14	9	95,74	16737,00	R$ 1.543,50	Carreta

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
14	10	83,88	4251,74	R$ 895,23	Toco
15	1	413,80	24000,00	R$ 3.620,79	Carreta
15	2	130,83	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
15	3	146,19	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
15	4	100,07	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
15	5	83,26	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
15	6	78,45	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
15	7	70,30	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
15	8	71,99	19984,00	R$ 1.543,50	Carreta
15	9	51,00	3904,00	R$ 895,23	Toco
16	1	923,06	24000,00	R$ 8.076,74	Carreta
16	2	874,57	24000,00	R$ 7.652,45	Carreta
16	3	414,54	14404,00	R$ 3.627,18	Carreta
16	4	212,62	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
16	5	206,26	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
16	6	123,97	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
16	7	100,01	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
16	8	97,32	23591,00	R$ 1.543,50	Carreta
16	9	158,61	21562,00	R$ 2.315,25	Carreta
17	1	942,67	15237,00	R$ 8.248,34	Carreta
17	2	910,69	16279,00	R$ 7.968,52	Carreta
17	3	412,87	24000,00	R$ 3.612,58	Carreta
17	4	140,40	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
17	5	196,21	24000,00	R$ 2.315,25	*Carreta*
17	6	131,87	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
17	7	95,97	24000,00	R$ 1.543,50	*Carreta*
17	8	95,06	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
17	9	68,54	8565,20	R$ 1.296,54	Truck
18	1	416,12	24000,00	R$ 3.641,03	Carreta
18	2	311,56	24000,00	R$ 2.726,13	Carreta
18	3	273,65	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
18	4	194,29	3550,71	R$ 1.327,41	Toco
19	1	468,19	20000,00	R$ 4.096,65	Carreta
19	2	417,22	24000,00	R$ 3.650,70	Carreta
19	3	345,86	24000,00	R$ 3.026,31	Carreta
19	4	135,39	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
19	5	210,79	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
19	6	131,26	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
19	7	105,39	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
19	8	117,60	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
19	9	118,78	23881,00	R$ 2.315,25	Carreta
20	1	942,67	12000,00	R$ 6.787,20	Truck
20	2	874,57	22000,00	R$ 7.652,45	Carreta
20	3	468,19	1027,56	R$ 2.411,17	910
20	4	420,80	3888,26	R$ 2.512,18	Toco
20	5	312,89	24000,00	R$ 2.737,82	Carreta
20	6	259,50	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
20	7	120,25	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
20	8	106,99	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
20	9	100,03	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
20	10	88,24	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
20	11	84,39	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
20	12	80,42	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
20	13	74,56	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
20	14	57,83	17948,26	R$ 1.543,50	Carreta
21	1	942,67	20000,00	R$ 8.248,34	Carreta
21	2	910,69	581,00	R$ 4.125,42	Sprinter
21	3	108,93	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
21	4	93,86	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
21	5	77,08	16452,00	R$ 1.543,50	Carreta
22	1	910,69	23200,00	R$ 7.968,52	*Carreta*
22	2	468,19	1254,00	R$ 2.411,17	910
22	3	131,79	24000,00	R$ 2.315,25	*Carreta*
22	4	138,37	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
22	5	213,24	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
22	6	125,01	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
22	7	131,91	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
22	8	96,91	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
22	9	77,24	23702,04	R$ 1.543,50	Carreta
23	1	397,23	2520,00	R$ 2.045,73	910
23	2	138,38	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
23	3	209,32	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
23	4	139,69	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
23	5	98,87	1,00	R$ 617,40	Sprinter

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
23	6	51,81	4822,00	R$ 895,23	Toco
24	1	142,03	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
24	2	107,13	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
24	3	183,65	18838,15	R$ 2.315,25	Carreta
25	1	410,77	785,00	R$ 1.860,81	Sprinter
25	2	214,73	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
25	3	191,09	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
25	4	217,94	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
25	5	113,15	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
25	6	168,80	20511,50	R$ 2.315,25	Carreta
26	1	910,69	20775,00	R$ 7.968,52	Carreta
26	2	874,57	6009,90	R$ 6.296,87	Truck
26	3	267,25	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
26	4	108,82	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
26	5	196,01	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
26	6	72,14	7129,94	R$ 1.296,54	Truck
27	1	942,67	10548,20	R$ 6.787,20	Truck
27	2	186,54	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
27	3	184,45	21790,50	R$ 2.315,25	Carreta
28	1	300,00	13226,00	R$ 2.625,01	Carreta
29	1	179,05	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
29	2	135,35	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
29	3	115,00	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
29	4	205,18	24000,00	R$ 2.623,95	*Carreta*
29	5	83,88	1090,64	R$ 771,75	910
30	1	910,69	5406,40	R$ 5.436,81	*Toco*
30	2	108,82	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
30	3	57,17	22235,00	R$ 1.543,50	Carreta
31	1	942,67	16915,83	R$ 8.248,34	Carreta
31	2	923,06	13700,00	R$ 8.076,74	Carreta
31	3	910,69	21506,96	R$ 7.968,52	Carreta
31	4	874,57	5772,53	R$ 5.221,16	Toco
31	5	219,26	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
31	6	131,79	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
31	7	137,85	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
31	8	212,86	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
31	9	175,59	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
31	10	184,63	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
31	11	125,26	16791,46	R$ 2.315,25	Carreta
32	1	169,56	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
32	2	172,61	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
32	3	107,22	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
32	4	90,33	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
32	5	88,22	22411,00	R$ 1.543,50	Carreta
33	1	268,78	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
33	2	186,17	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
33	3	142,03	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
33	4	290,82	22993,47	R$ 2.623,95	Carreta
33	5	147,03	22522,00	R$ 2.315,25	Carreta
34	1	366,37	24000,00	R$ 3.205,75	Carreta
34	2	248,76	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
34	3	109,43	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
34	4	102,17	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
34	5	118,78	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
34	6	84,39	16445,79	R$ 1.543,50	Carreta
35	1	257,76	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
35	2	331,86	23364,60	R$ 2.903,77	Carreta
35	3	297,02	23224,72	R$ 2.623,95	Carreta
35	4	80,12	3004,72	R$ 895,23	Toco
36	1	255,58	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
36	2	216,32	24000,00	R$ 2.623,95	*Carreta*
36	3	173,49	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
36	4	209,55	24000,00	R$ 2.623,95	*Carreta*
36	5	115,27	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
36	6	88,24	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
36	7	99,31	5910,91	R$ 895,23	Toco
36	8	58,93	13439,67	R$ 1.543,50	Carreta
37	1	271,63	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
37	2	286,86	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
37	3	170,86	3000,70	R$ 1.327,41	Toco
38	1	138,38	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
38	2	358,72	9370,00	R$ 2.582,77	Truck
38	3	182,95	21414,80	R$ 2.315,25	Carreta
38	4	61,73	1883,23	R$ 771,75	910

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
39	1	259,56	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
39	2	260,58	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
39	3	247,11	8862,21	R$ 2.160,90	Truck
40	1	942,67	514,10	R$ 4.270,28	Sprinter
40	2	341,40	24000,00	R$ 2.987,23	Carreta
40	3	324,01	20948,00	R$ 2.835,13	Carreta
40	4	357,72	24000,00	R$ 3.130,06	Carreta
40	5	213,87	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
40	6	99,94	22895,00	R$ 1.543,50	Carreta
40	7	97,73	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
40	8	147,90	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
40	9	57,58	7354,50	R$ 1.296,54	Truck
41	1	336,38	7589,00	R$ 2.421,91	Truck
41	2	24,13	11526,00	R$ 956,97	Truck
42	1	910,69	3280,00	R$ 5.436,81	Toco
42	2	874,57	4600,00	R$ 5.221,16	Toco
42	3	427,31	18567,50	R$ 3.738,97	Carreta
42	4	289,86	23738,00	R$ 2.623,95	Carreta
42	5	97,36	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
42	6	68,71	6149,50	R$ 1.296,54	Truck
43	1	281,92	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
43	2	61,73	19482,42	R$ 1.543,50	Carreta
44	1	468,19	120,00	R$ 2.120,89	Sprinter
44	2	363,91	17848,90	R$ 3.184,19	*Carreta*
44	3	148,79	1273,09	R$ 1.234,80	910
45	1	923,06	2438,75	R$ 4.753,74	*910*
45	2	874,57	1950,00	R$ 4.504,01	910
45	3	468,19	100,00	R$ 2.120,89	Sprinter
45	4	423,51	907,43	R$ 1.918,51	Sprinter
45	5	346,75	24000,00	R$ 3.034,08	Carreta
45	6	267,35	9718,00	R$ 2.160,90	Truck
45	7	264,65	22085,61	R$ 2.623,95	Carreta
45	8	98,87	1700,00	R$ 771,75	910
46	1	352,35	11433,58	R$ 2.536,89	Truck
46	2	308,97	15527,50	R$ 2.703,46	Carreta
46	3	177,77	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
46	4	94,35	21890,00	R$ 1.543,50	Carreta

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
47	1	910,69	14,06	R$ 4.125,42	Sprinter
47	2	314,43	24000,00	R$ 2.751,24	Carreta
47	3	274,48	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
47	4	346,51	5429,00	R$ 2.068,68	Toco
47	5	238,61	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
47	6	115,48	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
47	7	142,77	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
47	8	94,82	6644,58	R$ 1.296,54	Truck
47	9	78,10	500,00	R$ 617,40	Sprinter
47	10	51,00	9226,01	R$ 1.296,54	Truck
48	1	874,57	139,79	R$ 3.961,78	Sprinter
48	2	209,92	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
48	3	276,84	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
48	4	282,46	20865,44	R$ 2.623,95	Carreta
49	1	468,19	1623,06	R$ 2.411,17	910
49	2	336,52	24000,00	R$ 2.944,54	Carreta
49	3	359,57	13291,14	R$ 3.146,21	Carreta
49	4	93,88	20130,27	R$ 1.543,50	Carreta
50	1	874,57	5430,00	R$ 5.221,16	Toco
50	2	230,92	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
50	3	235,92	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
50	4	223,78	16979,93	R$ 2.623,95	Carreta
50	5	62,28	2570,00	R$ 771,75	910
51	1	874,57	24000,00	R$ 7.652,45	*Carreta*
51	2	319,61	24000,00	R$ 2.796,58	Carreta
51	3	336,72	10945,18	R$ 2.424,36	*Truck*
51	4	57,17	11712,22	R$ 1.296,54	Truck
52	1	874,57	1464,24	R$ 4.504,01	910
52	2	313,89	24000,00	R$ 2.746,56	Carreta
52	3	179,05	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
52	4	212,17	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
52	5	183,53	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
52	6	237,47	3704,43	R$ 1.790,46	Toco
52	7	97,73	10910,99	R$ 1.296,54	Truck
53	1	942,67	2876,00	R$ 4.854,73	910
53	2	874,57	16100,00	R$ 7.652,45	Carreta
53	3	468,19	100,00	R$ 2.120,89	Sprinter

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
53	4	421,55	20153,00	R$ 3.688,57	Carreta
53	5	347,80	330,00	R$ 1.575,53	Sprinter
53	6	230,88	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
53	7	149,44	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
53	8	99,93	13102,00	R$ 1.543,50	Carreta
53	9	93,22	12126,30	R$ 1.543,50	Carreta
53	10	51,00	2050,00	R$ 771,75	910
54	1	874,57	16000,00	R$ 7.652,45	Carreta
54	2	245,61	11212,00	R$ 2.160,90	Truck
55	1	874,57	23514,99	R$ 7.652,45	Carreta
55	2	338,21	4940,00	R$ 2.019,10	Toco
55	3	104,64	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
55	4	42,15	647,93	R$ 493,92	Sprinter
56	1	910,69	8315,00	R$ 6.556,96	Truck
56	2	874,57	2000,00	R$ 4.504,01	910
56	3	468,19	10803,48	R$ 3.370,96	Truck
56	4	315,03	24000,00	R$ 2.756,51	Carreta
56	5	335,20	10563,21	R$ 2.413,45	Truck
56	6	353,09	9816,60	R$ 2.542,27	Truck
56	7	97,00	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
56	8	133,14	18117,68	R$ 2.315,25	Carreta
57	1	874,57	4015,00	R$ 5.221,16	Toco
57	2	325,12	23462,50	R$ 2.844,83	Carreta
57	3	258,98	24000,00	R$ 2.623,95	*Carreta*
57	4	119,88	11173,00	R$ 1.790,46	Truck
58	1	874,57	14000,00	R$ 7.652,45	*Carreta*
58	2	468,19	1578,00	R$ 2.411,17	910
58	3	294,88	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
58	4	300,64	11674,90	R$ 2.164,59	Truck
58	5	130,96	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
58	6	86,92	5727,00	R$ 895,23	Toco
58	7	56,10	380,80	R$ 617,40	Sprinter
59	1	942,67	2040,50	R$ 4.854,73	910
59	2	923,06	4029,46	R$ 5.510,65	Toco
59	3	468,19	2948,94	R$ 2.411,17	910
59	4	314,69	24000,00	R$ 2.753,57	Carreta
59	5	310,98	2741,05	R$ 1.601,57	910

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
59	6	215,22	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
59	7	109,64	1422,06	R$ 1.234,80	910
60	1	942,67	3256,65	R$ 5.627,72	Toco
60	2	874,57	100,00	R$ 3.961,78	Sprinter
60	3	421,55	5621,00	R$ 2.516,66	Toco
60	4	324,28	24000,00	R$ 2.837,43	Carreta
60	5	241,65	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
60	6	243,19	10015,49	R$ 2.160,90	Truck
60	7	223,90	19051,45	R$ 2.623,95	Carreta
60	8	99,06	10412,10	R$ 1.296,54	Truck
60	9	109,97	11170,00	R$ 1.790,46	Truck
61	1	61,73	2890,00	R$ 771,75	910
62	1	106,98	2248,00	R$ 1.234,80	910
63	1	148,81	3373,10	R$ 1.327,41	Toco
63	2	42,15	10665,45	R$ 956,97	Truck
64	1	262,42	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
64	2	199,36	23978,00	R$ 2.315,25	Carreta
65	1	942,67	5892,00	R$ 5.627,72	Toco
65	2	336,23	4064,00	R$ 2.007,28	Toco
65	3	291,71	9944,23	R$ 2.160,90	Truck
65	4	92,85	21325,03	R$ 1.543,50	Carreta
66	1	942,67	251,00	R$ 4.270,28	Sprinter
66	2	910,69	1377,32	R$ 4.690,04	910
66	3	357,73	4658,98	R$ 2.135,63	*Toco*
66	4	225,44	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
66	5	176,88	8755,70	R$ 1.790,46	*Truck*
67	1	400,17	3745,58	R$ 2.389,04	Toco
67	2	312,64	11667,75	R$ 2.251,01	Truck
67	3	222,51	9657,10	R$ 2.160,90	Truck
67	4	135,65	4758,20	R$ 1.327,41	Toco
67	5	39,23	8057,00	R$ 956,97	Truck
68	1	874,57	4663,20	R$ 5.221,16	Toco
68	2	347,92	24000,00	R$ 3.044,32	Carreta
68	3	293,58	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
68	4	207,51	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
68	5	98,32	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
68	6	110,42	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
68	7	204,95	18738,19	R$ 2.623,95	Carreta
69	1	468,19	6168,94	R$ 3.370,96	Truck
69	2	304,55	11784,41	R$ 2.192,78	Truck
69	3	184,29	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
69	4	241,87	12684,07	R$ 2.623,95	Carreta
70	1	314,83	3165,59	R$ 1.879,56	Toco
70	2	209,74	16695,74	R$ 2.623,95	Carreta
71	1	319,36	24000,00	R$ 2.794,44	Carreta
71	2	354,45	2321,96	R$ 1.825,43	910
71	3	99,42	24000,00	R$ 1.543,50	Carreta
71	4	75,12	9468,65	R$ 1.296,54	Truck
72	1	347,16	394,01	R$ 1.572,65	Sprinter
72	2	232,39	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
72	3	220,22	2517,76	R$ 1.543,50	910
73	1	267,58	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
73	2	51,89	9020,89	R$ 1.296,54	Truck
74	1	468,19	1565,23	R$ 2.411,17	910
74	2	315,17	24000,00	R$ 2.757,75	Carreta
74	3	224,48	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
74	4	289,75	3962,42	R$ 1.790,46	Toco
74	5	99,80	7092,29	R$ 1.296,54	Truck
74	6	84,42	11311,06	R$ 1.296,54	Truck
74	7	51,00	700,00	R$ 617,40	Sprinter
75	1	353,95	2320,89	R$ 1.822,84	*910*
75	2	185,65	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
75	3	287,32	5612,16	R$ 1.790,46	*Toco*
75	4	106,28	4227,62	R$ 1.327,41	Toco
76	1	249,56	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
76	2	80,12	1904,76	R$ 771,75	910
77	1	874,57	8848,00	R$ 6.296,87	Truck
77	2	314,50	2218,00	R$ 1.619,65	910
77	3	132,29	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
77	4	99,94	10081,45	R$ 1.296,54	Truck
77	5	131,46	4812,40	R$ 1.327,41	Toco
78	1	187,55	20409,48	R$ 2.315,25	Carreta
79	1	356,34	24000,00	R$ 3.118,00	Carreta
79	2	254,17	19851,21	R$ 2.623,95	Carreta

Continua...

Continuação

Semana	Veículo	Distância	Carga	Custo	Tipo
80	1	353,38	8173,33	R$ 2.544,33	*Truck*
80	2	327,73	3573,50	R$ 1.956,54	Toco
81	1	328,02	15493,98	R$ 2.870,16	Carreta
81	2	171,62	7458,00	R$ 1.790,46	*Truck*
82	1	910,69	2000,00	R$ 4.690,04	910
82	2	275,01	4853,70	R$ 1.790,46	Toco
82	3	207,08	4111,45	R$ 1.790,46	Toco
83	1	377,15	601,33	R$ 1.708,49	Sprinter
83	2	358,16	6887,98	R$ 2.578,74	*Truck*
83	3	80,12	665,00	R$ 617,40	Sprinter
84	1	315,41	1463,75	R$ 1.624,36	910
84	2	99,73	5835,00	R$ 895,23	Toco
84	3	134,28	913,60	R$ 1.049,58	Sprinter
85	1	468,19	8117,50	R$ 3.370,96	*Truck*
85	2	306,00	4681,70	R$ 1.826,85	Toco
85	3	221,36	3428,10	R$ 1.790,46	Toco
86	1	874,57	5540,00	R$ 5.221,16	Toco
86	2	304,14	17388,00	R$ 2.661,23	Carreta
86	3	99,61	100,00	R$ 617,40	Sprinter
87	1	371,41	1546,00	R$ 1.912,78	910
87	2	132,46	24000,00	R$ 2.315,25	Carreta
87	3	46,85	1690,60	R$ 617,40	910
88	1	468,19	4515,18	R$ 2.795,09	Toco
88	2	384,26	4498,20	R$ 2.294,06	Toco
88	3	203,19	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
88	4	116,28	2497,20	R$ 1.234,80	910
89	1	242,38	24000,00	R$ 2.623,95	Carreta
89	2	148,42	3274,45	R$ 1.327,41	Toco
90	1	222,74	3738,05	R$ 1.790,46	Toco
90	2	42,15	11731,00	R$ 956,97	*Truck*
91	1	942,67	1,00	R$ 4.270,28	Sprinter
91	2	923,06	2591,00	R$ 4.753,74	910
91	3	222,27	9212,75	R$ 2.160,90	*Truck*
91	4	86,92	7535,75	R$ 1.296,54	*Truck*
91	5	51,00	28,00	R$ 617,40	Sprinter
92	1	284,16	5096,40	R$ 1.790,46	Toco
94	1	51,00	3447,00	R$ 895,23	Toco

Conclusão

APÊNDICE L – DETERMINAÇÃO DE PREÇOS DOS VEÍCULOS INTERMEDIÁRIOS A SEREM UTILIZADOS NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para a determinação dos preços dos veículos de 9 toneladas e de 18 toneladas a serem utilizados, foi lançado mão do recurso da regressão quadrática feita no *Microsoft Excel*. A regressão quadrática foi a escolhida por apresentar o maior coeficiente de correlação entre as regressões disponíveis e maior consistência dos valores resultantes desta análise com o tipo de curva obtida.

Foram mantidas as mesmas faixas de distâncias do problema original e, então, traçados 5 gráficos, um para cada faixa. Através da função de melhor aproximação obtida, foi estimado o preço que seria cobrado para cada veículo. Optou-se por não se utilizar uma interpolação linear pois os custos não formam uma reta.

A seguir, serão apresentados, por faixa de distância percorrida, os gráficos, funções e coeficientes de correlação (R^2) obtidos.

- Distância percorrida: até 50 km

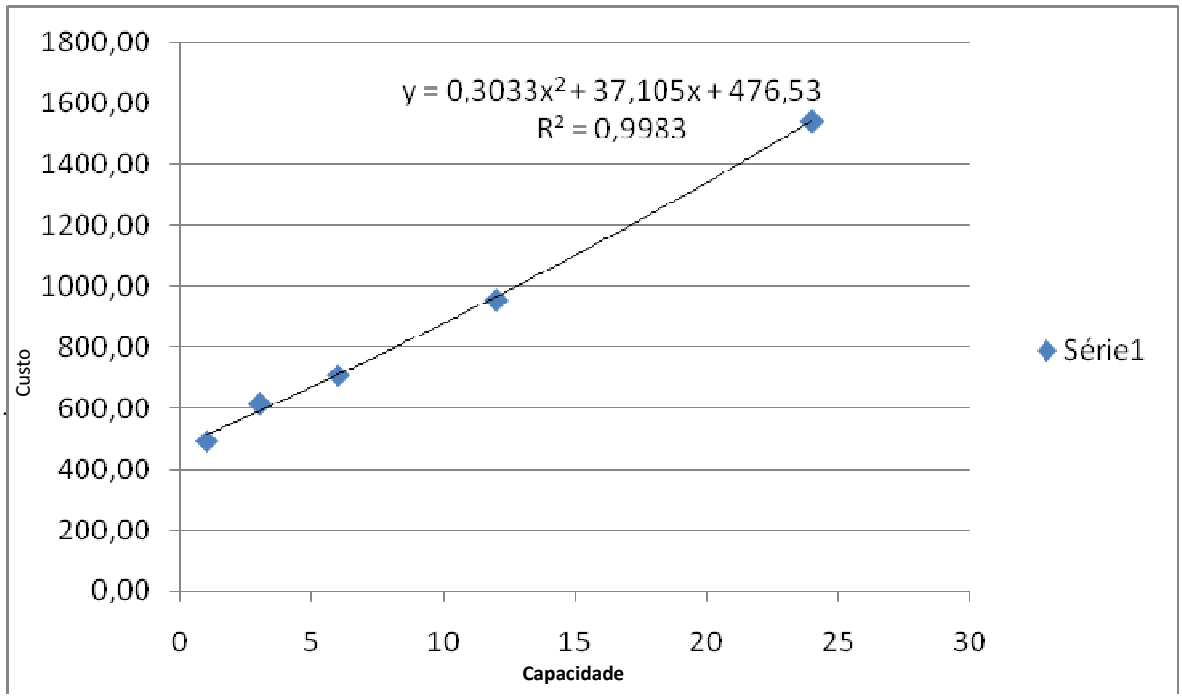

Figura L.1 – Gráfico de aproximação quadrática do trecho 1

- Distância percorrida entre 50 km e 100 km

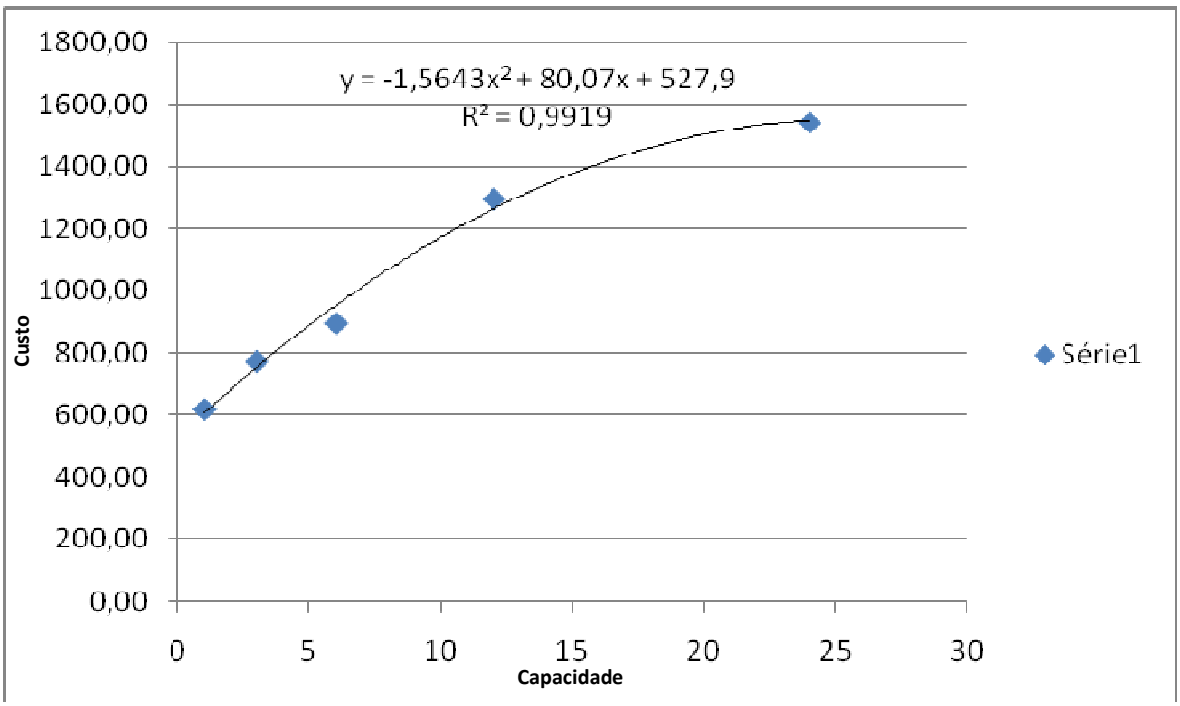

Figura L.2 – Gráfico de aproximação quadrática do trecho 2

- Distância percorrida entre 100 km e 200 km

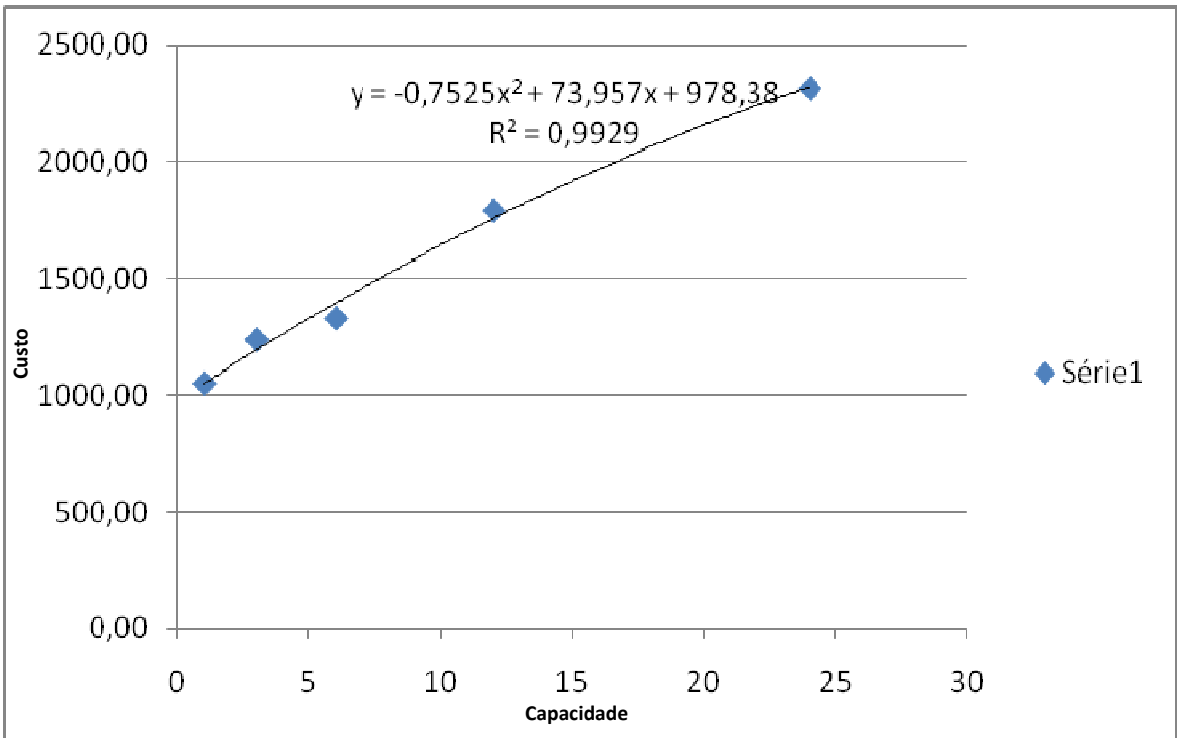

Figura L.3 – Gráfico de aproximação quadrática do trecho 3

- Distância entre 200 km e 300 km

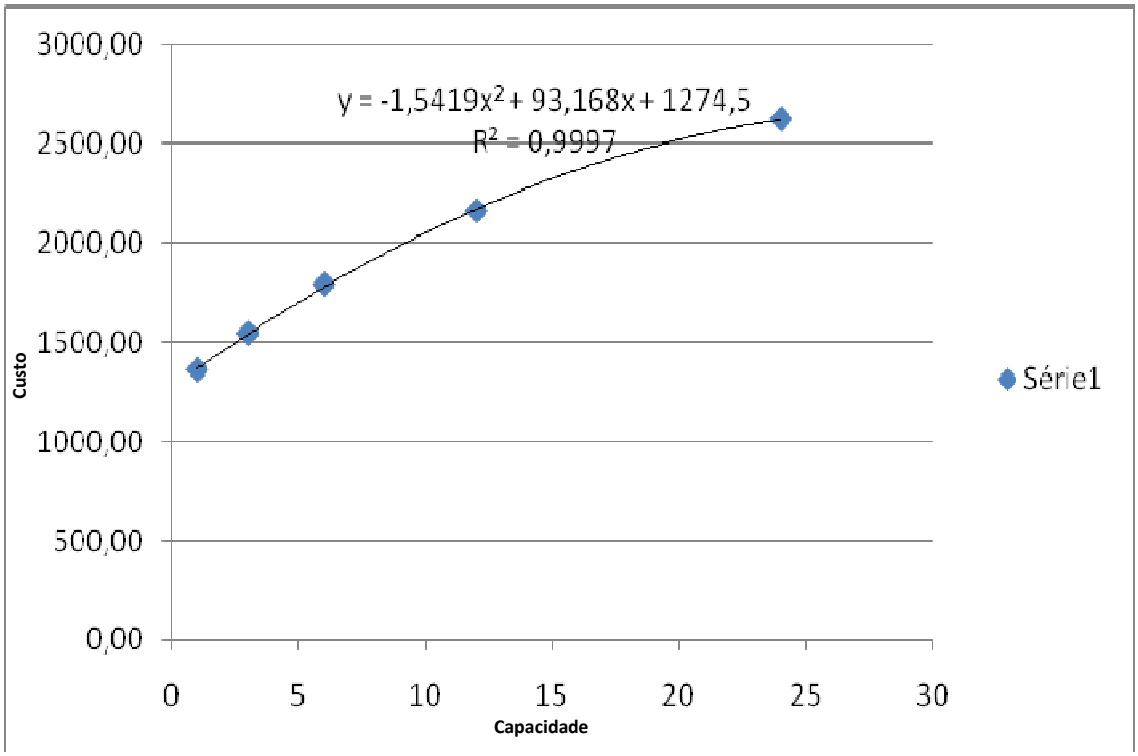

Figura L.4 – Gráfico de aproximação quadrática do trecho 4

- Distância acima de 300 km

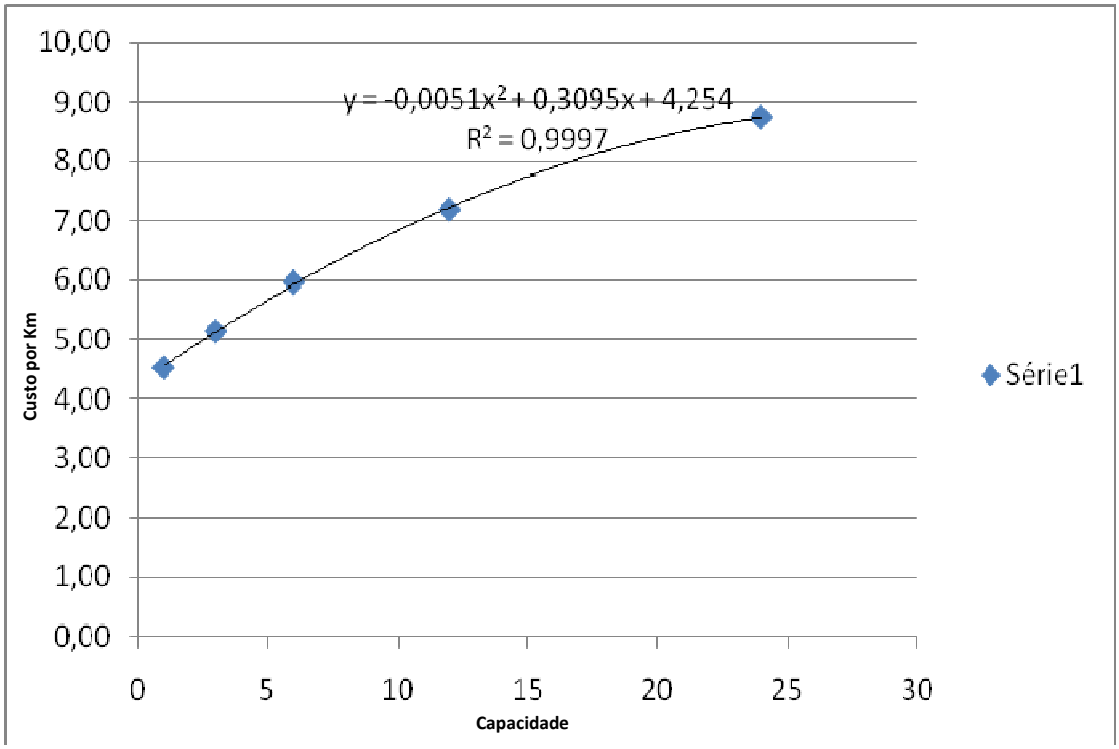

Figura L.5 – Gráfico de aproximação quadrática do trecho 5

Substituindo os valores de 9 toneladas e 18 toneladas no lugar do “x” nas funções dos gráficos, chegamos ao custo estimado para cada um destes veículos dentro de cada faixa de distâncias percorridas, como mostra a tabela a seguir.

Tabela L.1 – Tabela com valores estimados para veículos incluídos

	(1t)	***(3t)***	***(6t)***	***(9t)***	***(12t)***	***(18t)***	***(24 t)***
D <= 50	493,92	617,40	710,01	835,04	956,97	1242,69	1543,50
50 < D <= 100	617,40	771,75	895,23	1121,82	1296,54	1462,33	1543,50
100 < D <= 200	1049,58	1234,80	1327,41	1583,04	1790,46	2065,80	2315,25
200 < D <= 300	1358,28	1543,50	1790,46	1988,12	2160,90	2451,95	2623,95
D > 300	4,53	5,15	5,97	6,63	7,20	8,17	8,75

APÊNDICE M – PLANILHA DE CORRESPONDÊNCIA

A tabela a seguir indica a correspondência entre os índices utilizados na programação e saída dos relatórios e os fornecedores reais, indicados na tabela 2, na seção 5.1.

	Índice na semana																										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
Semana 1	F22																										
Semana 2	F38																										
Semana 3	F14																										
Semana 4	F24																										
Semana 5	F6	F7																									
Semana 6	F42																										
Semana 7	F41																										
Semana 8	F41																										
Semana 9	F18	F39	F40	F41																							
Semana 10	F41																										
Semana 11	F5	F6	F11	F26	F36	F40	F41	F45	F46	F49																	
Semana 12	F8	F10	F14	F16	F19	F31	F33	F36	F43	F45	F53																
Semana 13	F5	F8	F13	F31	F41	F45	F47																				
Semana 14	F4	F6	F12	F14	F15	F19	F25	F35	F41	F43	F44	F45	F51	F54													
Semana 15	F5	F9	F27	F32	F34	F36	F39	F41	F44	F49																	
Semana 16	F3	F4	F5	F8	F17	F20	F30	F33	F36	F39	F41	F43	F47	F49	F53												
Semana 17	F1	F2	F4	F6	F10	F11	F14	F21	F34	F36	F39	F41	F43	F47	F48	F52											
Semana 18	F5	F20	F27	F35	F37	F39	F41	F43	F46	F47																	
Semana 19	F5	F6	F8	F21	F22	F36	F40	F41	F43	F50	F52	F53	F54	F55													
Semana 20	F2	F3	F5	F6	F7	F12	F15	F16	F20	F29	F32	F34	F36	F41	F43	F47	F48	F49	F50	F52	F53						
Semana 21	F3	F12	F14	F16	F17	F36	F39	F43	F48																		
Semana 22	F11	F12	F14	F16	F17	F22	F23	F29	F34	F36	F40	F43	F50	F51	F52												
Semana 23	F5	F11	F12	F13	F27	F31	F35	F43	F45																		
Semana 24	F12	F29	F37	F40	F43	F49	F51	F52																			
Semana 25	F1	F8	F12	F16	F17	F29	F39	F40	F41	F42	F43	F45	F49	F53	F54												
Semana 26	F3	F9	F14	F16	F19	F20	F29	F32	F43	F45	F49																
Semana 27	F16	F18	F19	F22	F29	F35	F38	F43	F48	F51																	
Semana 28	F15	F16	F43	F45																							
Semana 29	F6	F11	F16	F35	F36	F37	F43	F49																			
Semana 30	F14	F29	F43	F49																							
Semana 31	F3	F11	F12	F14	F15	F19	F21	F23	F27	F28	F29	F33	F38	F43	F48	F51	F53										
Semana 32	F1	F6	F12	F24	F32	F39	F40	F43																			
Semana 33	F3	F9	F15	F16	F22	F28	F30	F38	F40	F43	F45	F49															
Semana 34	F5	F6	F7	F8	F39	F40	F43	F46	F52	F55																	
Semana 35	F7	F10	F16	F18	F20	F24	F26	F27	F29	F40	F43	F46	F53														
Semana 36	F2	F13	F16	F26	F28	F29	F32	F34	F40	F42	F43	F46	F52	F54	F55												
Semana 37	F4	F8	F9	F15	F20	F29	F31	F40	F43	F45	F52																
Semana 38	F1	F7	F9	F11	F12	F16	F17	F19	F22	F29	F32	F40	F43														
Semana 39	F8	F18	F20	F23	F24	F28	F37	F43	F44	F49	F54																
Semana 40	F1	F4	F5	F8	F10	F12	F15	F16	F17	F19	F25	F27	F32	F38	F39	F40	F42	F43	F45	F47	F48	F49	F51	F52	F54		
Semana 41	F12	F17	F19	F29	F42	F46	F49																				
Semana 42	F1	F3	F9	F10	F11	F14	F16	F17	F18	F21	F26	F32	F40	F41	F49												
Semana 43	F17	F31	F36	F40	F42	F43																					
Semana 44	F17	F18	F26	F32	F43	F44	F50	F52	F53	F55																	
Semana 45	F2	F3	F5	F6	F9	F11	F12	F15	F21	F22	F24	F28	F29	F31	F33	F35	F41	F42	F43	F47	F50	F51	F53	F54			
Semana 46	F6	F7	F8	F9	F10	F20	F21	F29	F37	F40	F43	F44	F53	F54													
Semana 47	F4	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F16	F21	F25	F28	F30	F39	F42	F44	F45	F46	F52									
Semana 48	F3	F5	F7	F8	F9	F11	F15	F35	F37	F39	F43	F45															
Semana 49	F7	F21	F25	F28	F29	F34	F40	F42	F43	F46	F49	F50															
Semana 50	F1	F2	F3	F4	F6	F8	F9	F18	F24	F28	F36	F39	F43	F44	F47	F51											
Semana 51	F1	F3	F6	F11	F13	F29	F42	F43	F44	F49																	
Semana 52	F3	F4	F6	F8	F11	F15	F16	F23	F25	F26	F31	F35	F36	F37	F38	F42	F43	F51									
Semana 53	F1	F3	F5	F6	F7	F9	F12	F17	F18	F19	F20	F21	F24	F25	F28	F32	F36	F37	F41	F43	F44	F47	F48	F50	F52	F55	
Semana 54	F3	F36	F39	F43	F45																						

Continua...

Continuação

	Índice na semana																									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**
Semana 55	F3	F4	F10	F16	F17	F24	F25	F36	F42	F44																	
Semana 56	F3	F4	F7	F8	F10	F12	F13	F14	F16	F18	F22	F24	F25	F30	F32	F35	F36	F40	F43	F44	F50	F52					
Semana 57	F3	F6	F13	F15	F17	F18	F25	F36	F43	F49																	
Semana 58	F3	F5	F8	F10	F13	F19	F23	F26	F36	F37	F42	F43	F50	F54	F55												
Semana 59	F7	F8	F9	F16	F20	F21	F25	F26	F30	F31	F33	F34	F35	F36	F38	F39	F42	F48	F50	F51							
Semana 60	F1	F3	F7	F8	F10	F11	F15	F16	F17	F19	F20	F24	F25	F26	F29	F31	F36	F38	F39	F41	F43	F44	F46	F47	F48	F49	F53
Semana 61	F17																										
Semana 62	F43																										
Semana 63	F22	F24	F31	F42	F43																						
Semana 64	F38	F45	F52	F54																							
Semana 65	F16	F17	F20	F21	F26	F28	F39	F40	F45	F48	F49	F52															
Semana 66	F13	F14	F20	F21	F22	F23	F24	F29	F32	F38	F39	F42	F44	F45	F48	F49											
Semana 67	F1	F2	F8	F9	F15	F16	F24	F25	F26	F29	F34	F35	F37	F38	F39	F42	F43	F44	F49	F53							
Semana 68	F2	F3	F4	F7	F8	F10	F16	F17	F18	F21	F22	F24	F25	F29	F36	F38	F43	F45	F46	F49	F52	F53	F55				
Semana 69	F4	F9	F10	F11	F13	F21	F24	F26	F28	F29	F37	F43	F49	F50	F54												
Semana 70	F2	F9	F15	F16	F24	F32	F37	F38	F43	F49	F53																
Semana 71	F6	F8	F9	F13	F16	F17	F21	F37	F43	F46	F49																
Semana 72	F8	F9	F11	F13	F16	F19	F20	F29	F43	F49	F53	F54															
Semana 73	F7	F12	F15	F24	F26	F40																					
Semana 74	F2	F4	F5	F6	F9	F10	F11	F12	F16	F18	F21	F22	F24	F28	F29	F38	F49	F50	F53	F54	F55						
Semana 75	F1	F2	F9	F13	F35	F37	F38	F39	F40	F43	F45	F49	F51														
Semana 76	F7	F29	F36	F45																							
Semana 77	F3	F8	F10	F11	F12	F16	F19	F29	F31	F34	F38	F45	F46														
Semana 78	F10	F12	F22	F26	F29	F32	F44																				
Semana 79	F8	F11	F12	F17	F19	F26	F27	F28																			
Semana 80	F7	F11	F13	F24	F26	F46	F47	F49	F52																		
Semana 81	F9	F13	F16	F18	F23	F44	F45	F54																			
Semana 82	F9	F11	F14	F22	F24	F27	F43	F44	F45	F49	F52																
Semana 83	F7	F19	F20	F22	F28	F44	F45	F51	F53																		
Semana 84	F8	F9	F11	F16	F32	F44	F49	F52	F53																		
Semana 85	F1	F2	F20	F21	F22	F27	F38	F45	F50	F52																	
Semana 86	F3	F17	F19	F29	F36	F45	F46	F51																			
Semana 87	F2	F8	F16	F20	F24	F45	F46	F49																			
Semana 88	F11	F13	F15	F20	F24	F29	F44	F50																			
Semana 89	F9	F11	F12	F16	F21	F24	F45	F49																			
Semana 90	F7	F8	F9	F10	F11	F17	F24	F44																			
Semana 91	F7	F8	F9	F10	F11	F16	F21	F33	F43	F44	F48	F51															
Semana 92	F7	F8	F11	F45	F52																						
Semana 93	F42																										
Semana 94	F9																										

Conclusão

ANEXO 1 – LINHAS DE TENDÊNCIA (*EXCEL*)

Extraído de Microsoft Office Online.[6]

Uma linha de tendência pode ser adicionada a qualquer série de dados em um gráfico de Área, Barras, Colunas, Linha, ou XY (Dispersão). Adicione uma linha de tendência usando a guia Tipo da caixa de diálogo Adicionar Linha de Tendência (menu Gráfico, comando Adicionar Linha de Tendência) ou a caixa de diálogo Formatar Linha de Tendência (botão Formatar Linha de Tendência na barra de ferramentas Gráfico).

Exponencial

Essa opção cria uma linha de tendência exponencial usando a seguinte equação para calcular o ajuste de quadrados mínimos por meio de pontos:

$y = ce^{bx}$, onde *c* e *b* são constantes e *e* é a base do logaritmo natural.

Essa opção não está disponível quando os dados incluem valores negativos ou zeros.

Valor de R quadrado

Essa opção de linha de tendência, disponível na guia Opções da caixa de diálogo Adicionar Linha de Tendência ou Formatar Linha de Tendência, usa a seguinte equação para exibir um Valor de R quadrado para uma linha de tendência:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

em que

$$SSE = \sum \left(Y_i - \hat{Y}_i \right)^2$$

e

$$SST = \left(\sum Y_i^2 \right) - \frac{\left(\sum Y_i \right)^2}{n}$$

O valor de R quadrado que você pode exibir com uma linha de tendência não é um valor de R quadrado ajustado. Para as linhas de tendência logarítmica, de potência e exponencial, o Excel usa um modelo de regressão transformado.

---

[6] MICROSOFT OFFICE ONLINE . **Sobre tipos de linhas de tendência – Excel.** Disponível em < http://office.microsoft.com/pt-br/excel/HP052000681046.aspx>. Acesso em 20 de setembro de 2009.