

WELLINGTON AVELAR DE SOUZA E SILVA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DO CARVÃO VEGETAL NOS
CUSTOS DE TRANSPORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

S586a
2017
Silva, Wellington Avelar de Souza e, 1985-
Avaliação da influência da densidade do carvão vegetal nos
custos de transporte / Wellington Avelar de Souza e Silva. –
Viçosa, MG, 2017.
viii, 94f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Carlos Cardoso Machado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.59-65.

1. Carvão vegetal. 2. Transportes. I. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 22 ed. 634.98675

WELLINGTON AVELAR DE SOUZA E SILVA

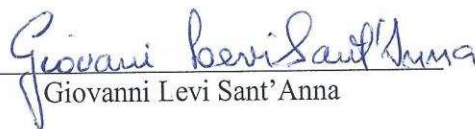
**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DO CARVÃO VEGETAL NOS
CUSTOS DE TRANSPORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de julho de 2017



Raiane Ribeiro Machado Gomes
(Coorientadora)



Giovanni Levi Sant'Anna



Carlos Cardoso Machado
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta conquista realizada;

À minha família, por todo apoio e carinho recebido;

À Universidade Federal, de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo;

Ao orientador, Prof. Carlos Machado, pela orientação, compreensão, ensinamentos e amizade durante todo este período de convivência, além de todo incentivo e estímulo para que este trabalho pudesse ser realizado;

À coorientadora, Raiane Ribeiro Machado Gomes, pela sua disponibilidade, críticas e sugestões facilitando o alcance dos objetivos propostos;

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal e em especial ao Prof. Sebastião Renato Valverde, pela ideia desse estudo e valiosas sugestões durante a realização deste trabalho.

Aos funcionários e ex-funcionários do DEF, em especial à Jamile, Alexandre e Chiquinho, pela atenção e auxílio prestado sempre com muita dedicação e carinho;

À Doutora e amiga, Crismeire Isbaex, pela amizade e por toda ajuda na elaboração deste trabalho;

E aos amigos, em especial à Ana Carolina Albuquerque e Mariana Xisto, pelo apoio, incentivo, puxões de orelha, momentos de estudos, conversas, risadas e desabafos.

...Obrigado!

BIOGRAFIA

WELLINGTON AVELAR DE SOUZA E SILVA, filho de Margarida Maria Avelar de Souza e Silva e Joaquim Cristino da Silva Filho, nasceu em 28 de dezembro de 1985, na cidade de Ervália, Minas Gerais.

Ingressou no curso de Engenharia Florestal em março de 2005 pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, concluindo-o em janeiro de 2012.

Em julho de 2014, ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde obteve o título de Mestre em Ciência Florestal em julho de 2017.

RESUMO

SILVA, Wellington Avelar de Souza e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Avaliação da influência da densidade do carvão vegetal nos custos de transporte.** Orientador: Carlos Cardoso Machado. Coorientadora: Raiane Ribeiro Machado Gomes.

Este estudo teve como objetivo avaliar e quantificar a influência da densidade do carvão vegetal nos custos de transporte deste insumo, assim como prever qual a combinação de veículos de carga mais adequada para realizar o transporte desta alternativa energética, utilizando-se da Dinâmica de Sistemas. Este estudo foi realizado em uma empresa do segmento siderúrgico, localizada na região do Vale do Aço, Minas Gerais. Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica para identificar os gargalos existentes no processo de transporte do carvão vegetal. Na segunda parte foi feito um levantamento de dados relacionados ao material transportado, como densidade, umidade do material, bem como dados relacionados ao transporte, como combinações de veículos de carga utilizados, distâncias transportadas, peso da carga e consumo de combustível. Para identificar os efeitos entre as variações de densidade, combinação de veículos de carga e eficiência operacional, foram construídos 27 cenários, através da Dinâmica de Sistemas, utilizando-se o software *PowerSim Studio 9* para obter os custos de transporte dessa alternativa energética. Constatou-se um aumento significativo na quantidade de carga transportada na medida em que se trabalha com um material com maior densidade, com um ganho expressivo de 6,22 t por carga transportada. Ao se relacionar a densidade do material transportado com os custos de combustível, pode-se observar que os maiores gastos foram obtidos com transporte de materiais mais leves. Levando em consideração que a empresa realiza cerca de 15 viagens por dia, o transporte de um material com maiores densidades pode significar uma economia de R\$ 50.976.000,00 por ano nos custos de combustível. Ao analisar os efeitos do tipo de veículo utilizado para transportar o carvão vegetal no custo de frete, constatou-se uma diminuição significativa desse valor à medida que se utiliza uma composição de veículo de carga com maior capacidade de carga útil, gerando um custo de oportunidade de R\$55,33/t, que significa uma economia de R\$7.054.425,84 ao ano. O melhor cenário foi o 27º (alta densidade, elevada eficiência operacional e maior capacidade de carga útil), pois apresentou o menor custo de transporte.

ABSTRACT

SILVA, Wellington Avelar de Souza e, M.Sc., Federal University of Viçosa, July, 2017. **Evaluation of the charcoal's density influence on transport costs.** Adviser: Carlos Cardoso Machado. Co-adviser: Raiane Ribeiro Machado Gomes.

This study aimed to evaluate and quantify the influence of charcoal density on the transport costs, as well as to predict which combination of load vehicles is the most suitable to transport it using a simulation model of Systems Dynamics. This study has been carried out in a steel company located in Vale do Aço, Minas Gerais. At the first step, a bibliographic review has been conducted to identify difficulties in the charcoal transport process. In the second part a survey data related to the charcoal transported has been made, such as density, fixed carbon content, charcoal moisture, as well as transport related data, such as combinations of used load vehicles, distances transported, weight of the load and fuel consumption. In order to identify the effects between density variations, combination of load vehicles and operational efficiency, through Systems Dynamics, using the PowerSim Studio 9 software to obtain the probable transportation costs of charcoal. Through the analysis of the generated data can be observed a significant increase in the amount of load transported in the measure that one works with a material with greater density, with an opportunity cost of 6.22 tons per freight. By correlating the density of the material transported with the fuel costs, it can be observed that the largest expenses has been obtained with transport of lighter materials. Taking into account that the company makes about 15 trips a day, the transportation of a material with higher densities can mean the saving of R\$ 50,976,000 per year in fuel costs. In analyzing the effects of the type of vehicle used to transport the charcoal in the cost of freight, a significant decrease in this value has been observed to the extent that a carrier composition with a higher payload carrying capacity is used, thus demonstrating more efficiency. The best scenario has been the 27th (high density, high operational efficiency and higher payload capacity), that has been presented a lower transportation cost.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Geral.....	3
2.2. Específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. O setor florestal brasileiro.....	4
3.2. O setor de produção de carvão vegetal.....	5
3.3. O transporte rodoviário de carga.....	6
3.3.1. Tipos de veículos utilizados no transporte rodoviário de carvão vegetal no Brasil .	7
3.3.2. Legislação do transporte rodoviário de carga.....	8
3.3.3. Legislação do transporte rodoviário de carvão vegetal	9
3.3.4. Dimensões	10
3.3.5. Peso Bruto.....	10
3.3.6. Peso por eixo (Lei da Balança).....	11
3.3.7. Autorização Especial de Trânsito - AET.....	12
3.4. Fatores determinantes nas decisões sobre transporte rodoviário	14
3.4.1. Fatores técnicos	14
3.4.2. Fatores econômicos	15
3.4.3. Fatores socioambientais.....	15
3.5. Transporte próprio e terceirizado	15
3.6. Logística.....	16
3.6.1. Conceitos e importância	17
3.6.2. Gestão estratégica	18
3.6.3. Sistema logístico.....	18
3.6.4. Nível de serviço	19
3.6.5. Custo logístico	20
3.6.6. Avaliação do desempenho logístico	20
3.6.7. Indicadores de desempenho logístico	21
3.7. Dinâmica de Sistema.....	22
3.7.1. Simulação e Dinâmica de Sistemas	22
3.7.2. Pensamento Sistêmico e Modelagem	23
3.7.3. Diagramas Causais	25
3.7.4. Diagrama de Estoques e Fluxo	26

3.8. Eficiência operacional	28
3.9. Custo de frete	29
3.9.1. Tipos de custos praticados no transporte de carga com ênfase ao utilizado no Brasil: frete com base no peso e distância	29
3.9.2. Distância	29
3.9.3. Peso.....	30
3.9.4. Mercado	31
3.9.5. Importância da densidade do carvão vegetal no custo do frete	31
3.9.6. Lei da balança	32
3.10. O Método de estudo de caso	32
3.10.1. Introdução ao método de estudo de caso	32
3.10.2. Definição do método	33
3.10.3. Críticas em relação ao método de estudo de caso	33
3.10.4. Critérios para avaliação da qualidade dos projetos de pesquisa.....	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. Descrição da área de estudo	34
4.2. Tipo de pesquisa.....	34
4.3. Descrição do sistema de transporte de carvão.....	34
4.4. Descrição das rotas.....	35
4.5. Cálculo de custos de frete.....	35
4.5.1. Custo Fixo.....	35
4.5.2. Custo Variável	36
4.5.3. Custo Operação de Transporte	37
4.6. Simulação de cenários.....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Distribuição das classes de densidade.....	39
5.2. Efeitos da densidade do carvão vegetal no montante de carga transportada.	40
5.3. Efeitos da densidade do carvão vegetal no custo de combustível.....	41
5.4. Efeitos da combinação de veículos de carga no custo de transporte.....	43
5.5. Efeitos da densidade do carvão vegetal, em relação custo de transporte, nas diferentes combinações veiculares utilizadas para o transporte dessa alternativa energética.....	44
5.6. Dinâmica de Sistemas	46
5.6.1 Diagrama de Fluxo e Estoque.....	46
5.6.2 Descrição dos cenários elaborados	51

5.6.3 Análise dos cenários propostos.....	52
6. CONCLUSÕES	58
7. REFERÊNCIAS.....	59
8. ANEXOS	66
8.1. Anexo I: Planilha de Simulação de Custos de Frete para o Transporte Rodoviário de Cargas, disponibilizada pela ANTT	66
8.2. Anexo II: Cenários	68

1. INTRODUÇÃO

Em meados do séc. XVIII se iniciava em Minas Gerais a produção de carvão vegetal que, através da indústria siderúrgica, levou o Estado à liderança mundial neste setor. A Associação Mineira de Silvicultura – AMS (2013) atribuiu todo esse sucesso a três fatores: elevada disponibilidade de minério de ferro no Estado, indesejáveis qualidades do carvão mineral nacional e excelente produtividade por unidade por área das plantações de eucalipto nacional.

As indústrias de celulose e papel e as siderúrgicas a carvão vegetal se destacam na silvicultura brasileira como as maiores consumidoras da madeira produzida pelas plantações florestais, sendo que o setor de papel e celulose detém a maior porcentagem em área de plantios florestais, com uma expressiva parcela de 34% do total contra 14% pertencentes à siderurgia a carvão vegetal (IBÁ, 2016). Esses dados demonstram bem a forte influência da área de celulose e papel neste setor.

As pesquisas em plantios florestais brasileiros, em sua maioria, sempre foram realizadas pensando em termos volumétricos devido a sua maior facilidade de mensuração em relação à densidade e à forte atuação do setor de celulose e papel, que tem o volume como a principal variável de interesse. Porém, para a siderurgia é fundamental que se trabalhe pensando em termos gravimétricos, pois a densidade é uma das variáveis que mais influencia nos custos de toda a sua cadeia de produção (ISBAEX, 2014).

Atualmente é possível encontrar vários estudos na cadeia produtiva do setor siderúrgico, passando pelas etapas de plantio, colheita e transporte de madeira, carvoejamento e na siderurgia, porém, a maioria em termos volumétricos. Visando a melhoria de algumas dessas etapas, podemos destacar dois trabalhos realizados na Universidade Federal de Viçosa:

Isbaex (2014) que trabalhou na etapa final dessa cadeia (siderurgia) e demonstrou como o uso de um carvão vegetal de maior densidade pode influenciar nos custos de produção do silício metálico e como resultado encontrou valores que ultrapassam a casa dos R\$ 6 milhões em economia.

Já Coelho (2015), que trabalhou na etapa inicial dessa cadeia (plantio), demonstrou que ao se analisar a idade ótima de corte em função da densidade da madeira não há perdas econômicas ao adiar a colheita por 1 ou 2 anos, considerando uma taxa de juros de 10% a.a. Através dessas pesquisas, fica evidente a importância de se gerar informações baseadas em termos gravimétricos para o setor siderúrgico.

O transporte de carvão vegetal nada mais é do que o deslocamento dessa alternativa energética das praças de carvoejamento para os pontos de consumo, podendo ser realizado por diferentes tipos de veículos. E para tanto, deve obedecer a uma legislação que o limita, gerando gargalos e comprometendo sua eficiência. Além disso, são poucos os trabalhos encontrados na literatura sobre o transporte desse insumo, que se situa numa etapa intermediária da cadeia produtiva do setor siderúrgico. Isto pode ser explicado devido às companhias concentrarem seus investimentos na atividade principal da empresa (etapa final da cadeia), esquecendo que os processos devem ser otimizados como um todo para que se possa obter o melhor desempenho e máxima lucratividade.

Neste contexto, esta pesquisa busca suprir um pouco da lacuna existente na literatura, complementando os poucos trabalhos existentes com base gravimétrica e sobre o transporte de carvão vegetal.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar e quantificar a influência da densidade do carvão vegetal nos custos de transporte e prever a combinação de veículos de carga mais adequada para realizar o transporte.

2.2. Específicos

- Demonstrar o ganho obtido em massa ao transportar um material mais denso;
- Demonstrar o ganho obtido no custo do transporte ao carregar um material com maior densidade;
- Determinar a combinação de veículo de carga adequada para o transporte de carvão vegetal com diferentes densidades;
- Desenvolver um modelo de simulação que permita a avaliação de vários cenários através da Dinâmica de Sistemas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O setor florestal brasileiro

No Brasil, o crescimento do setor florestal teve seu marco inicial com a criação da Lei 5.106 de setembro de 1966, que incentivou o reflorestamento dando descontos de até 50% no valor do imposto de renda, possibilitando às empresas investir esses valores em novos projetos florestais. Com isso, o crescimento da área reflorestada no país atingiu a faixa de 100 a 250 mil hectares anuais entre os anos de 1968 e 1973, elevando-se para 450 mil hectares anuais entre os anos de 1974 e 1982 (LEÃO, 2000; SOARES et al., 2010).

No ano de 1976 o Brasil já estava entre os quatro países que mais estimulavam a formação de florestas plantadas no mundo, atrás apenas da China, União Soviética e Estados Unidos. Além disso, entre os anos de 1967 e 1986, os projetos vinculados a esta política de incentivos fiscais somaram aproximadamente 6,2 milhões de hectares reflorestados, porém, em 1987 estes incentivos foram substituídos por outros menos atrativos às empresas (LEÃO, 2000; SOARES et al., 2010).

Devido à falta de técnicas na instalação dos projetos e até mesmo a distorções na aplicação de recursos, a produção de muitos reflorestamentos ficou abaixo das expectativas, em termos de qualidade e quantidade (LEÃO, 2000).

Contudo, as empresas do setor florestal continuaram se desenvolvendo através da reorganização de seus maciços florestais, reduzindo custos e aprimorando programas de incentivo para pequenos e médios imóveis rurais, assim como, grandes empresas, como as de celulose e papel e siderurgia, ampliaram suas áreas reflorestadas com recursos próprios ou com financiamentos a longo prazo em bancos de fomento estaduais ou federais, como o Banco de Desenvolvimento do Paraná S/A - Badep e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (ANTONÂNGELO e BACHA, 1998; SOARES et al., 2010).

Em 2015, as áreas com florestas plantadas no Brasil somaram 7,8 milhões de hectares, sendo que 5,6 milhões de hectares correspondem a plantios de eucaliptos, 1,6 milhões a plantios de pinus e o restante a outras culturas. Vale ressaltar que os plantios de eucaliptos vêm ganhando espaço frente aos plantios de pinus, com um crescimento anual da ordem de 2,8%, contra um decréscimo de 2,1% a.a. dos plantios de pinus. Além disso, os reflorestamentos com eucaliptos estão concentrados principalmente nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%) (IBÁ, 2016).

O Brasil tem apresentado resultados invejáveis em relação à produtividade (volume de madeira produzido por área ao ano) de suas florestas de eucalipto, chegando a atingir os mais elevados níveis mundiais de incremento médio anual – IMA com até 50 m³/ha/ano (GOMIDE et al., 2005).

Em 2015, a produtividade média dos plantios de eucalipto brasileiros foi de 36 m³/ha/ano, contra 31 m³/ha/ano dos plantios de pinos. Estes valores demonstram os resultados dos altos investimentos das empresas florestais no setor (IBÁ, 2016).

Na contramão de um cenário econômico desfavorável, em 2015, o setor florestal apresentou um produto interno bruto – PIB da ordem de R\$69 bilhões, o que corresponde a um aumento de 3% em relação ao ano anterior e uma parcela de 1,2% do PIB nacional. Além disso, arrecadou R\$11.3 bilhões em impostos e US\$9 bilhões em exportações, criando 540 mil novos empregos diretos. Para garantir esse resultado as empresas do setor investiram R\$10,5 bilhões em suas florestas e unidades industriais (IBÁ, 2016).

Ressaltada a relevância socioeconômica do setor florestal no país, é preciso manter e aumentar os investimentos nesta atividade, pois o país ainda apresenta grande potencial de crescimento devido a grande quantidade de terras a serem mais bem aproveitadas, as condições edafoclimáticas favoráveis e as tecnologias avançadas existentes.

3.2. O setor de produção de carvão vegetal

No Brasil, o setor de produção de carvão vegetal teve seu marco inicial em meados do século XVIII no Estado de Minas Gerais. O crescimento e o domínio desse insumo levaram nosso país a liderar o ranking mundial na produção e uso do carvão vegetal no setor industrial. Parte desse resultado é devida à grande disponibilidade do minério de ferro no Estado, à excelente capacidade nacional de geração de biomassa florestal e às características inadequadas do carvão mineral nacional (AMS, 2013).

Além disso, o carvão vegetal se mostrou mais vantajoso em relação ao carvão mineral, pois é renovável, menos poluente e apresenta baixo teor de enxofre/fósforo (NEVES et al., 2011).

A produção de carvão vegetal se destaca em razão da grande demanda gerada pelo setor siderúrgico e com isso o Estado de Minas Gerais se sobressai como o principal produtor e consumidor desse insumo, dispondo do maior parque siderúrgico a carvão vegetal do mundo (SANTOS et al., 2012).

No Brasil, os maiores consumidores de carvão vegetal são os setores de aço, ferro-gusa, ferros-liga e em menor proporção o comércio e o consumidor residencial (NEVES et al., 2011).

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2016), em 2015 operavam no país em torno de 120 companhias utilizando o carvão vegetal como insumo em seus processos de produção e que consumiram um total de 4,6 milhões de toneladas de carvão vegetal, sendo 82% oriundos de florestas plantadas. Em comparação ao ano de 2014, este consumo registrou uma diminuição de 13,2%, devido à contração da atividade industrial brasileira e a baixa competitividade dos produtos siderúrgicos brasileiros no mercado internacional. Além disso, estima-se que essas empresas operam em 50% da capacidade total de produção.

Scherer (2014) realizou um estudo da projeção de produção de ferro gusa a carvão vegetal, chegando a um resultado que salta da casa de 8 milhões de toneladas, em 2013, para um valor da ordem de 11 milhões em 2020. Com isso, pode se inferir que o setor de produção de carvão vegetal deve crescer na mesma proporção a fim de atender esta demanda. Sendo assim, para suprir essa necessidade prevista por Scherer, além de realizar mais investimentos no setor, será preciso realizar melhorias em toda cadeia de produção, começando desde o plantio, colheita e transporte da madeira, carvoejamento, transporte do carvão vegetal e por fim na siderurgia.

3.3. O transporte rodoviário de carga

Gomes (2006) define o transporte de carga como o simples fato de se deslocar a matéria-prima ou produto acabado entre dois pontos geográficos distintos, ou ainda como uma atividade intermediária que contribui para a finalização de uma série de atividades, sendo estas, indispensáveis para otimizar o deslocamento realizado.

Tedesco et al. (2011) evidenciam a importância do transporte para qualquer economia, posto que a maioria das atividades econômicas depende do deslocamento de bens e pessoas. Ressaltam também que é através do transporte que a força do trabalho e a matéria prima chegam aos seus destinos, viabilizando a produção e distribuição de serviços, bens e tecnologia, colaborando com o desenvolvimento.

Em 2016, o transporte rodoviário correspondeu a 61,1% de toda carga nacional (Figura 1) e para tanto, operou com mais de 156 mil empresas transportadoras, 329 cooperativas transportadoras e mais de 723 mil transportadores autônomos (CNT, 2017).

Nesse contexto, observa-se que a economia do país, mesmo com suas características físicas favorecendo outros modais de transporte, como o ferroviário e o aquaviário, ainda é muito dependente do modal rodoviário (TEDESCO et al., 2011).

Segundo Machado et al. (2011), isso se deve à facilidade de inserção de competidores neste setor, pela baixa regulamentação, ocasionando o aumento da oferta de serviços e redução nos custos de frete. Ressaltam também que o modo mais coerente de se reduzir o custo é aumentando o nível de utilização da frota, sem comprometer a qualidade de serviço.

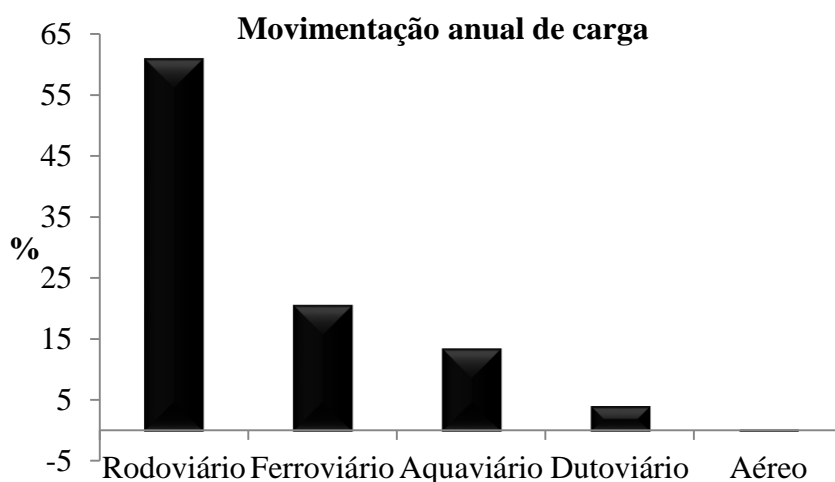


Figura 1: Matriz do transporte de cargas. Fonte: CNT (2017).

3.3.1. Tipos de veículos utilizados no transporte rodoviário de carvão vegetal no Brasil

O transporte de carvão vegetal consiste na movimentação deste insumo das praças de carvoejamento até o local de consumo, podendo ser realizado por diferentes tipos de veículos (MACHADO et al., 2011).

Normalmente, o transporte dessa alternativa energética é executado em veículos com capacidade de carga entre 40 a 80 metros cúbicos, em virtude da facilidade de acesso a diversos, e às vezes distantes e precários, locais onde são produzidos (PAULA JUNIOR et al., 1980).

De acordo com AMS (2010), o transporte de carvão vegetal em caminhões basculantes, gaiolas ou sacaria está longe de ser eficiente, pois dificulta a manipulação e ainda pode ocasionar perda do produto, por tanto recomenda a utilização de containers, modernizando o atual sistema e buscando sustentabilidade.

Atualmente, em grandes empresas que produzem parte dessa matéria prima para consumo próprio, este transporte é realizado por combinações de veículos com capacidade de carga útil variando entre 110 a 160 metros cúbicos.

Os veículos mais utilizados por esse setor são popularmente conhecidos como Toco (4x2), Trucado (6x2), Biminhão (6x4) e Bitrem (6x4). Também podem ser encontrados outros tipos de combinações veiculares, variando a unidade tratora entre caminhão trator ou cavalo mecânico, acoplados a diferentes tipos e quantidades de reboques e/ou semirreboques.

3.3.2. Legislação do transporte rodoviário de carga

O transporte terrestre foi reestruturado com a publicação da Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, que instituiu a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), entre outros (Brasil, 2001).

Após a Resolução ANTT nº 01/2002, a ANTT passou a ser responsável por registrar e realizar estudos sobre a frota de veículos, as empresas e os autônomos transportadores do setor. Sendo que, em 2004, com a Resolução ANTT nº 437/2004, criou-se o Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC), que consiste em um banco de dados importante para o gerenciamento e funções de regulação e fiscalização do setor (CIBULSKA et al., 2012).

Em 5 de Janeiro de 2007 entrou em vigor a Lei nº 11.442, que dispõe sobre o transporte rodoviário de cargas por conta de terceiros e mediante remuneração. Assim, a ANTT deixou de ser um órgão com finalidades puramente estatísticas, passando a esfera controladora e fiscalizatória.

Esta lei consolidou as regulamentações publicadas anteriormente pelas resoluções da ANTT, como a inscrição prévia e a regularidade cadastral do transportador, e ainda acrescentou a comprovação de experiência e a responsabilidade das partes na execução do transporte como exigências para o exercício da atividade (Tabela 1).

A Lei nº 11.442 de 2007, foi regulamentada pela Resolução nº 2.550/2008, que por sua vez foi revogada pela Resolução nº 3.065/2009, que estabeleceu procedimentos para inscrição e manutenção dos transportadores no RNTRC. Para tanto, esses requisitos foram diferenciados de acordo com as seguintes categorias: Transportador Autônomo de Cargas – TAC e Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas – ETC (Tabela 1).

Tabela 1 – Requisitos exigidos pela ANTT para inscrição no RNTC por categoria.

Transportador Autônomo e Cargas – TAC
<ul style="list-style-type: none">- CPF ativo;- Documento oficial de identidade;- Certificado de curso específico ou experiência na atividade;- Contribuição sindical;- Ser proprietário, co-proprietário ou arrendatário de, no mínimo, um veículo ou uma combinação de veículos de tração e de cargas com Capacidade de Carga Útil – CCU, igual ou superior 500 kg, registrados em seu nome no órgão de trânsito como de categoria “aluguel”, na forma regulamentada pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN;- Regularidade junto ao INSS.
Empresas de Transporte Rodoviário de Cargas – ETC
<ul style="list-style-type: none">- - CNPJ ativo;- Estar constituída como Pessoa Jurídica por qualquer forma prevista em Lei, tendo no transporte rodoviário de cargas a sua atividade principal;- Regularidade fiscal junto à Receita Federal, à Procuradoria Geral da Fazenda Nacional (PGFN), ao Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e à Seguridade Social (INSS);- Ter sócios, diretores e responsáveis legais idôneos e com CPF ativo;- Ter Responsável Técnico idôneo, com CPF ativo e comprovação de experiência na atividade;- Contribuição sindical;- Ser proprietário ou arrendatário de, no mínimo, um veículo ou uma combinação de veículos de tração e de cargas com CCU, igual ou superior a 500 kg, registrados em seu nome no órgão de trânsito como de categoria “aluguel”, na forma regulamentada pelo CONTRAN.

Fonte: Resolução nº. 3.056/2009 da ANTT.

3.3.3. Legislação do transporte rodoviário de carvão vegetal

No Brasil não há uma lei específica regulamentando o transporte rodoviário de produtos ou subprodutos florestais (MACHADO, 2011), o que incluiria o carvão vegetal. Sendo assim, o transporte deste insumo fica subordinado ao Código de Trânsito Nacional, instituído pela Lei nº 9.503, publicada em 23 de setembro de 1997.

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) publicou, em 06 de fevereiro de 1998, a Resolução nº 12, que estabeleceu os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres. Contudo, esta resolução foi revogada pela Resolução nº 210 de 13 de novembro de 2006, que atualmente vigora no país.

Dentre as normas estabelecidas, Machado et al. (2011) destacam as dimensões e o peso dos veículos, a Autorização Especial de Trânsito (AET) e as dimensões dos pneus como os parâmetros mais relevantes para o transporte rodoviário de produtos ou subprodutos florestais. Assim, a seguir são apresentados os limites estabelecidos por esta resolução:

3.3.4. Dimensões

De acordo com a Resolução CONTRAN nº 210/2006, as dimensões autorizadas para o tráfego rodoviário de veículos com carga são as seguintes:

- Largura máxima: 2,60 metros;
- Altura máxima: 4,40 metros;
- Comprimento total:
 - 14,00 metros para veículos simples;
 - 18,60 metros para veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semirreboque;
 - 19,80 metros para veículos articulados com duas unidades do tipo caminhão ou ônibus e reboque ou veículos articulados com mais de duas unidades.
- Comprimento do balanço traseiro: até 60% da distância entre os eixos (medida de centro a centro das rodas dos eixos dos extremos), não podendo ultrapassar 3,50 metros.

3.3.5. Peso Bruto

Segundo a Resolução CONTRAN nº 210/2006, os limites máximos do peso bruto total - PBT ou peso bruto total combinado - PBTC, respeitando os limites da capacidade máxima de tração (CMT) da unidade tratora determinada pelo fabricante, para o transporte rodoviário de veículos são os seguintes:

- Veículo não articulado: 29 t;
- Veículos com reboque ou semirreboque, exceto caminhões: 39,5 t;
- Veículos articulados com duas unidades, do tipo cavalo mecânico e semirreboque:
 - comprimento total inferior a 16 m: 45 t;
 - eixos em tandem triplo e comprimento total superior a 16 m: 48,5 t;
 - eixos distanciados, e comprimento total igual ou superior a 16 m: 53 t;
- Veículos com duas unidades, do tipo caminhão e reboque:
 - comprimento inferior a 17,50 m: 45 t;
 - comprimento igual ou superior a 17,50 m: 57 t;
- Veículos articulados com mais de duas unidades e comprimento inferior a 17,50 m: 45 t;

- Para a combinação de veículos de carga (CVC), com mais de duas unidades, incluída a unidade tratora, o PBT poderá ser de até 57 t, desde que cumpridos os seguintes requisitos:

- máximo de sete eixos;
- comprimento máximo de 19,80 m e mínimo de 17,50 m;
- unidade tratora do tipo caminhão trator;
- estar equipadas com sistema de freios conjugados entre si e com a unidade tratora atendendo ao estabelecido pelo CONTRAN;
- o acoplamento dos veículos rebocados deverá ser do tipo automático conforme NBR 11410/11411 e estarem reforçados com correntes ou cabos de aço de segurança;
- o acoplamento dos veículos articulados com pino rei e quinta roda deverão obedecer ao disposto na NBR NM ISO337.

3.3.6. Peso por eixo (Lei da Balança)

De acordo com a Resolução CONTRAN nº 210/2006, os limites máximos do peso bruto transmitido por eixo de veículo para o transporte rodoviário de cargas, popularmente conhecidos como Lei da Balança, são os seguintes:

- Eixo isolado de dois pneus: 6 t;
- Eixo isolado de quatro pneus: 10 t;
- Conjunto de dois eixos direcionais dotados de dois pneus cada: 12 t;
- Conjunto de dois eixos em tandem: 17 t;
- Conjunto de dois eixos não em tandem: 15 t;
- Conjunto de três eixos em tandem, aplicável somente a semirreboque: 25,5 t;
- Conjunto de dois eixos, sendo um dotado de quatro pneus e outro de dois pneus interligados por suspensão especial, quando a distância entre eles for:
 - Inferior ou igual a 1,20 m: 9 t;
 - Superior a 1,20 m e inferior ou igual a 2,40 m: 13,5 t.

Para um entendimento mais claro, a Resolução CONTRAN nº 210/2006 define eixos em tandem como dois ou mais eixos que constituam um conjunto integral de suspensão, podendo qualquer um deles ser ou não motriz. Também define eixos isolados como aqueles em que a distância entre eles seja superior a 2,40 m. Além disso, determina que os limites de peso bruto por eixo e por conjunto de eixos estipulados só prevalecem se todos os pneus de um mesmo conjunto de eixos forem da mesma rodagem e calçarem rodas no mesmo

diâmetro. Ademais, também estipula que em qualquer par de eixos ou conjunto de três eixos em tandem, com quatro pneus em cada, com os respectivos limites legais de 17 t e 25,5 t, a diferença de peso bruto total entre os eixos mais próximos não deverá exceder a 1.700 kg.

3.3.7. Autorização Especial de Trânsito - AET

A Resolução CONTRAN nº 68/1998, revogada pela Resolução CONTRAN nº 211 publicada em 03 de novembro de 2006, e alterações posteriores, estabelece os requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga (CVC), a que se referem os Arts. 97, 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

Segundo a referida resolução, as CVCs com mais de duas unidades, incluindo a unidade tratora, com PBT ou PBTC acima de 57 t ou com comprimento total acima de 19,80 m (ex.: bitrens, tritens, rodotrens e treminhões), só poderão circular portando Autorização Especial de Trânsito – AET. Para aquisição da AET também são impostos os seguintes requisitos:

- PBTC menor ou igual a 91 t;
- Comprimento mínimo de 19,80 m e máximo de 30 m, quando o PBTC for menor ou igual a 57 t;
- Comprimento mínimo de 25 m e máximo de 30 m, quando o PBTC for maior a 57 t;
- Os limites legais de peso por eixo fixados pelo CONTRAN deverão ser respeitados;
- O PBTC deverá ser compatível com a Capacidade Máxima de Tração (CMT) da unidade tratora, determinada pelo fabricante;
- Sistemas de freios conjugados entre si e com a unidade tratora;
- O acoplamento dos veículos rebocados deverá ser do tipo automático e reforçado com correntes ou cabos de aço de segurança;
- O acoplamento dos veículos articulados deverá ser do tipo pino rei e quinta roda;
- Sinalização especial na traseira (com os dizeres “veículo longo” e a medida do comprimento total do veículo) e lanternas laterais a cada 3 metros por todo o comprimento do conjunto.
- A CVC deverá ser dotada de tração dupla (6x4), e quando carregada, ser capaz de vencer aclives de 6%, com coeficiente de atrito pneu/solo de 0,45, resistência ao rolamento de 11 kgf/t e rendimento de transmissão de 90%, podendo suspender um dos eixos tratores somente quando a CVC estiver descarregada, passando a operar na configuração 4x2. Porém, para CVC com PBTC menor que 57 t, a unidade tratora poderá ser de tração simples (4x2);

Além dos requisitos supracitados, segundo a Resolução CONTRAN nº 211/2006, medidas complementares que possibilitem o tráfego dessas CVCs poderão ser exigidas em vias de duplo sentido de direção, como a existência de faixa adicional para veículos lentos nos segmentos com aclive maior que 5% e comprimento acima de 600 m. De um modo geral, o trânsito dessas CVCs será permitido somente durante o período diurno e com velocidade máxima restrita a 80 km/h, sendo que em vias com pista dupla e duplo sentido, com separadores físicos e duas ou mais faixas de circulação no mesmo sentido, será autorizado o trânsito diuturno.

Entretanto, ainda segundo a Resolução CONTRAN nº 211/2006, em casos especiais e devidamente justificados, poderá ser autorizado o trânsito de CVCs em vias de pista simples e com duplo sentido de circulação, desde que condicionados a um volume de tráfego correspondente ao nível de serviço “C” (fluxo estável), a um traçado das vias em condições de segurança e a sinalização por placas em todo o trecho, alertando os usuários sobre a presença de veículos longos.

De acordo com a Resolução CONTRAN nº 211/2006, a AET terá validade pelo prazo máximo de um ano, podendo ser renovada através de laudo técnico de inspeção veicular, elaborado e assinado por engenheiro mecânico responsável pelo projeto, com a respectiva ART.

Em outra vertente, falando em termos ambientais, temos a Lei 20.922, publicada em 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestais e de proteção à biodiversidade no Estado de Minas Gerais, que segundo o Art. 5º desta lei, tem como um de seus objetivos controlar a origem, o transporte e o consumo de carvão vegetal. Assim, estabelece no Art. 74º que todo produto ou subproduto da flora transformado em carvão vegetal será monitorado. Para proceder este monitoramento, o Art. 89º desta lei estipula que a pessoa física ou jurídica que transporte carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, ainda que o produto seja originário de outra unidade da Federação, fica obrigada a realizar registro e renovação anual de cadastro no órgão ambiental competente (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad).

Para tanto, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) publicou a Portaria nº 190, de 17 de outubro de 2008, instituindo a Guia de Controle Ambiental Eletrônica (GCA) como licença obrigatória para o controle do transporte, armazenamento e consumo de produtos e subprodutos florestais no Estado de Minas Gerais, de origem nativa ou plantada, contendo as informações sobre a procedência desses produtos e subprodutos.

3.4. Fatores determinantes nas decisões sobre transporte rodoviário

Administrar o transporte significa tomar decisões sobre um amplo conjunto de aspectos. Estas decisões podem ser classificadas em dois grandes grupos; decisões estratégicas, e decisões operacionais. As decisões estratégicas se caracterizam pelos impactos de longo prazo, e se referem basicamente a aspectos estruturais. As decisões operacionais são geralmente de curto prazo e se referem às tarefas do dia a dia dos responsáveis pelo transporte. São basicamente quatro as principais decisões estratégicas no transporte: escolha de modais, decisões sobre propriedade da frota, seleção e negociação com transportadores e política de consolidação de cargas. Dentre as principais decisões de curto prazo, pode-se destacar: planejamento de embarques, programação de veículos, roteirização, auditoria de fretes e gerenciamento de avarias (FLEURY, 2002).

Por estar voltado para a gestão estratégica do transporte, este estudo se concentrará na discussão das decisões de longo prazo que moldam a estrutura e estabelecem limites relacionados a custos e qualidade de serviços.

3.4.1. Fatores técnicos

Após a decisão sobre os modais de transporte, a escolha entre terceirizar ou utilizar frota própria é a segunda decisão mais importante do setor de transporte. E para tanto, os fatores mais importantes que devem ser considerados são o custo, a qualidade do serviço prestado e a rentabilidade sobre os investimentos (FLEURY, 2004).

Para Fleury (2002), uma vez decidida a utilização de terceiros, torna-se necessário estabelecer critérios para seleção de transportadores. São sete os principais critérios utilizados na seleção dos prestadores de serviços de transporte: confiabilidade; preço; flexibilidade operacional; flexibilidade comercial, saúde financeira; qualidade do pessoal operacional e informações de desempenho.

Outro fator de destaque é o dimensionamento da frota. Segundo Machado et al. (2011), apesar da diversidade de modelos de veículos ofertados no mercado, este número é bastante restrito para o transporte florestal. Estes autores ressaltam também uma dúvida sobre a existência de um veículo ideal e propõem que o que existe é uma alternativa mais adequada para cada situação. Propõem ainda o método matricial ou o analítico para se dimensionar o número de veículos.

3.4.2. Fatores econômicos

Segundo Bowersox (2007), apud Araujo (2013), a economia nos transportes é influenciada por sete fatores, e embora esses fatores não estejam diretamente ligados aos custos de transporte, cada um tem sua parcela de influência nos preços praticados. São eles: peso, distância, densidade, capacidade de acondicionamento, manuseio, riscos e mercado.

3.4.3. Fatores socioambientais

De acordo com Machado et al. (2011), a sustentabilidade de um negócio é vital para o bom funcionamento de uma organização empresarial, buscando sempre um equilíbrio entre os componentes econômicos, sociais e ambientais. Para tanto, a companhia deve promover a implantação de um programa de educação ambiental e de capacitação, capacitando seus funcionários para serem capazes de perceber a importância de sua atividade dentro do contexto de desenvolvimento sustentável e por fim atuarem como agentes de melhoria.

3.5. Transporte próprio e terceirizado

A prestação de serviço das atividades florestais no Brasil era realizada por empreitada até a década de 90, quando a empresa gaúcha Riocell difundiu no país o termo terceirização, que tem origem na expressão norte-americana *outsourcing* (MACHADO et al., 2011). Atualmente a maior parte das empresas deste setor utiliza desta estratégia como meio para redução de custo na cadeia de produção (MORAIS FILHO e SEIXAS, 2009).

A terceirização ou *outsourcing* pode ser definida como o processo de gestão pelo qual se repassam algumas atividades para terceiros, estabelecendo uma relação de parceria, ficando a empresa concentrada apenas em tarefas essencialmente ligadas ao negócio principal em que atua (*core business*) (MACHADO et al., 2011; GIOSA, 1997 apud MORAIS, 2012).

Terceirizar o transporte ou manter a frota própria é a segunda decisão estratégica mais importante do setor de transporte, logo atrás da escolha dos modais. Na análise de decisão deve se considerar não somente o custo e a qualidade do serviço prestado, mas também a rentabilidade sobre os investimentos. Uma série de fatores da operação e do setor também colabora para essa decisão, assim como: o tamanho da operação, a competência gerencial interna, a competitividade do setor, a existência ou não de carga retorno e os modais a serem utilizados (FLEURY, 2004).

De acordo com Sandoval (2014), quando uma empresa opta por utilizar frota própria para o transporte de seus produtos, está adotando a estratégia denominada verticalização, e

por outro lado, quando opta por contratar transportadores rodoviários de cargas ou determinado operador logístico, está adotando a estratégia de terceirização.

Segundo Mobus e Maçada (2013) e Sandoval (2014), os sete principais fatores para se optar pela verticalização do transporte são: aumento da proximidade com o cliente, aumento dos níveis de serviço logístico, redução de custos, disposição de habilidades e recursos, foco em logística (competência central), maior controle da operação e atendimento a requisitos logísticos do negócio.

Em contrapartida, esses mesmos autores apresentaram também oito fatores que consideram influenciarem na escolha pela terceirização do transporte, são eles: aumento da flexibilidade da operação, melhores tecnologias de informação utilizadas, aumento dos níveis de serviço logístico, redução dos investimentos em ativos, redução de custos, foco no *core business*, acesso a competências externas e expansão de mercado.

Em termos gerais, as empresas optarão por terceirizar quando esta decisão oferecer redução de custos e maiores vantagens que a internalização de determinadas fases da cadeia. Porém, Machado et al (2011) ressaltam que a análise de decisão de um processo de *outsourcing* deve contemplar com cuidado os parâmetros relacionados aos padrões de qualidade, de garantia de fornecimento e de exigências técnicas-econômicas e jurídicas dos contratos, pois caso contrário, a tão almejada redução dos custos pode-se transformar em catastróficos prejuízos.

Machado et al (2011) destacam também a descontinuidade do serviço prestado como o principal risco da terceirização.

Além disso, Machado (2014) acrescenta como riscos de se terceirizar uma listagem com sete itens, a começar pela a não conformidade de produtos ou serviços (qualidade), inadimplência dos contratos de prestação de serviço ou de fornecimento, possível defasagem tecnológica da empresa contratada, conflitos devido à falta de ajustamento dos terceiros aos padrões de conduta e aos procedimentos de trabalho vigentes na empresa contratante, resistências e conservadorismos internos, conflitos com a sociedade e com sindicatos e ações trabalhistas contra a contratante movidas por ex-funcionários.

3.6. Logística

O termo logística obteve maior amplitude durante a Segunda Guerra Mundial, pois foi inicialmente utilizada nas atividades militares devido à necessidade de se suprir as tropas com alimentos, medicamentos, munições e equipamentos, o que ocasionava a formação de um

organizado aparato bélico no qual o sucesso dependia, muitas vezes, do grau de seu planejamento logístico. Nesse sentido, as organizações militares compreenderam a necessidade de se ter um planejamento logístico rápido e eficiente. Entretanto, somente em meados do séc. XIX as organizações empresariais se preocuparam com esta questão (DI SERIO et al., 2007).

3.6.1. Conceitos e importância

No séc. XIX o conceito de logística evoluiu de uso militar para as necessidades de escoamento de mercadorias destinadas às exportações, ao abastecimento do mercado interno e à segurança alimentar. Trata-se, nestes casos, de planejar alternativas, bem como buscar a redução de custos provocados por gargalos físicos, ineficiências operacionais, obstáculos institucionais, legais e burocráticos em cada uma das etapas do escoamento e da distribuição. Portanto, gargalos nas infraestruturas de transporte comprometem a eficiência das cadeias logísticas (BARAT, 2009).

Segundo Ballou (2001), a logística abrange todas as operações relacionadas com planejamento e controle de produção, movimentação de materiais, embalagem, armazenagem e expedição, distribuição física, transporte e sistemas de comunicação que, realizadas de modo sincronizado, podem fazer com que as empresas agreguem valor aos serviços prestados aos clientes e também podem criar um diferencial competitivo perante a concorrência.

Em 2006, este mesmo autor acrescenta que a concepção logística agrupa atividades relativas ao fluxo de produtos e serviços para administração coletiva, sendo que essas atividades englobam práticas de comunicação, transporte e estoques. A empresa precisa, portanto, focalizar o controle e a coordenação coletivos das atividades logísticas para atingir os ganhos potenciais.

Machado et al. (2011) definem logística como a parte do processo da cadeia de suprimentos que planeja, programa e controla, de forma eficiente e eficaz, a expedição, o fluxo reverso e a armazenagem de bens e serviços, assim como o fluxo de informações relacionadas, entre o ponto de origem e o ponto de consumo, com o propósito de atender às necessidades dos clientes. Quando a qualidade e o preço do produto tendem a se igualar, os diferenciais que influenciarão nos produtos finais são os processos de logística - não apenas a qualidade do produto, como também a forma como são apresentados, embalados, prazos de entrega, dentre outros.

Segundo Carvalho (2003), o atual mercado globalizado sinaliza um novo modelo de gestão baseado, principalmente, na redução dos custos dos produtos e das margens de lucratividade, além da melhoria do nível de serviços relacionados à distribuição. Um sistema inteligente e eficaz de logística, interno e externo às empresas, é elemento fundamental para a manutenção ou estabelecimento da competitividade das mesmas.

De um modo geral, os custos produtivos e a qualidade dos produtos tendem a um grau de semelhança cada vez mais elevado, independente do local de produção e, por isso, o grande diferencial está nas operações logísticas, ou seja, a capacidade dos produtos chegarem ao cliente final na quantidade certa, no tempo esperado e a um preço justo. Para tanto, precisa-se cada vez mais que a distribuição dos produtos seja feita através de um sistema de logística integrada aos diversos canais de distribuição. Percebe-se, assim, que a logística é um negócio de grandes desafios (CARVALHO, 2003).

3.6.2. Gestão estratégica

De acordo com Ho et al. (2002) apud Machado et al. (2011), a gestão logística pode proporcionar uma fonte de vantagem competitiva com uma posição de superioridade duradoura sobre os concorrentes, em termos de preferencia do cliente, alcançada através da logística. A origem da vantagem competitiva surge primeiramente na capacidade da empresa diferenciar-se de seus concorrentes aos olhos do cliente e, em segundo lugar, na capacidade de operar a baixo custo e, portanto, com lucro maior.

O sucesso no mercado depende de um modelo simples, baseado em três fatores: “companhia, clientes e concorrentes” (HO et al., 2002 apud MACHADO et al., 2011). Sendo assim, a logística é vista hoje como estratégia nas empresas.

3.6.3. Sistema logístico

Segundo Faria e Costa (2005) e Machado et al. (2011), a logística deve ser tratada como um macroprocesso, baseado em três procedimentos: abastecimento, que consiste em obtenção de material; planta, que consiste no fluxo desses materiais entre o recebimento e o seu beneficiamento na fábrica, assim como o deslocamento do produto final até a expedição e distribuição, que consiste na entrega do produto ao consumidor final.

De acordo com Machado et al. (2011) a atividade de transporte de carvão vegetal pode ser enquadrada dentro do processo logístico de abastecimento, pois compreende as

atividades realizadas na disposição de materiais para produção (energia), através de técnicas de armazenagem, movimentação, estocagem, transporte e fluxo de informações.

3.6.4. Nível de serviço

Segundo Giacobbo (2010), antes do advento da logística, o transporte de carga consistia apenas no deslocamento de produtos entre pontos distintos. O tempo decorrido para a entrega do produto era considerado forma secundária, ou seja, não havia uma preocupação em preestabelecer um prazo para a conclusão do serviço.

Com a evolução do mercado e com a preocupação das empresas em relação ao nível de serviço oferecido aos seus clientes, procurou-se identificar e quantificar os fatores necessários para a elaboração de novos níveis de serviço como: prazo de execução e respectivo padrão de confiabilidade, tempo de processamento de tarefas, disponibilidade de pessoal e dos equipamentos solicitados, facilidade em corrigir erros e falhas, agilidade e precisão em fornecer informações sobre os serviços em andamento, agilidade e precisão no rastreamento de cargas em processamento ou em trânsito, agilidade no atendimento de reclamações e no encaminhamento de soluções e estrutura tarifária fácil de entender e simples de aplicar (GIACOBBO, 2010).

Segundo Ballou (2001), os serviços logísticos podem ser classificados de acordo com a sua relação com a transação do produto (políticas adotadas pela empresa no relacionamento com os clientes):

- Elementos de pré-transação: A fim de se evitar a criação de falsas expectativas pelos clientes, essa categoria estabelece a política que a empresa deve seguir, como quando as mercadorias devem ser entregues e como se deve proceder em caso de extravios, deixando claro para o cliente o que ele pode esperar dos serviços prestados pela empresa.

- Elementos de transação: Essa categoria abrange os resultados obtidos com a entrega do produto ao cliente como, por exemplo, modo de transporte, estoque e tempo. Esses elementos influenciam no tempo de entrega, exatidão no preenchimento de ordens, condições das mercadorias no momento da recepção pelo cliente, etc, que são aspectos bastante observados e avaliados pelos mesmos.

- Elementos de pós-transação: Essa categoria define como deve ser feito o atendimento dos clientes em relação a garantias, devoluções, solicitações, reclamações e embalagens. Tudo isto acontece após a prestação do serviço, mas deve ser planejado com antecedência. O nível de serviço compreende a soma de todas estas três categorias de

elementos, pois os clientes, geralmente, reagem ao conjunto e não a um elemento em específico.

Nesse contexto, podemos definir nível de serviço como a soma de todos os esforços para a satisfação dos clientes, ou seja, refere-se especificamente à cadeia de atividades que atende às vendas, geralmente iniciando na recepção do pedido e terminando na entrega do produto ao cliente e, em alguns casos, continuando com serviços ou manutenção do equipamento ou outros tipos de apoio técnico (BALLOU, 1993).

3.6.5. Custo logístico

Souza et al. (2012) definem custo como toda saída de recursos necessária para a disponibilização de um produto ou serviço ao mercado. Sendo que em termos logísticos, o conceituam como o somatório dos custos de transporte, de armazenagem e de manutenção de estoque. Nesse sentido, o transporte representa a maior parcela do custo logístico, e é onde se apresentam maiores diferenças entre o Brasil e outros países que se têm como referência de logística.

O transporte de carvão vegetal envolve a operação da retirada deste insumo dos pátios de carvoejamento até a entrega na unidade industrial, sendo responsável pelo abastecimento nos locais de consumo.

Segundo Machado et al. (2011), os custos gerados na realização dessa operação são geralmente elevados, pois consideram o peso e o volume, a distância, a qualidade das estradas e a inexistência de uma carga de retorno.

3.6.6. Avaliação do desempenho logístico

Machado et al. (2011) conceitua desempenho como o resultado da combinação das categorias de dado sistema, relacionado com seu objetivo, sendo representado principalmente por qualidades e quantidades.

As empresas que se preocupam com o seu posicionamento competitivo, devem ser avaliadas em termos do seu desempenho ou sucesso relativo acerca do progresso da inovação do seu sistema logístico ou no seu comportamento mais ou menos sustentável (OLIVEIRA, 2002).

A avaliação de desempenho é, hoje, um processo que está inserido no contexto das organizações, independentemente de seu tipo ou finalidade. O processo de avaliar o desempenho permite a geração de informações (MACHADO, 2006) e conhecimento para

auxiliar a tomada de decisão de forma coerente com os valores e preferências dos gestores, os quais podem a qualquer momento alterar essa situação (AZEVEDO et al., 2011).

Para Machado et al. (2011), avaliar o desempenho dos serviços de transporte é mensurar o quanto é alcançado dos principais objetivos do sistema de prestação de serviço no conjunto das operações realizadas.

De acordo com Oliveira (2002), a importância da medição do desempenho se baseia devido ao fato deste revelar progressos significativos, particularmente no que diz respeito a serviços e ao uso de indicadores não financeiros e não quantitativos. Este pormenor é importante, porque os indicadores financeiros, que de algum modo medem a aplicação de recursos monetários, tendem a perpetuar a ascensão do grande inibidor da inovação: - o dinheiro.

Também é muito importante ressaltar, que a existência de um sistema de medição de desempenho inadequado pode ser tão prejudicial quanto a sua inexistência. O sistema inadequado pode induzir os funcionários a abordarem incorretamente os problemas ou, então, direcioná-los para soluções erradas, uma vez que as pessoas se comportam diferentemente dependendo da maneira que forem medidas ou avaliadas (BARBOSA et al., 2006).

3.6.7. Indicadores de desempenho logístico

Segundo Machado (2006), para medir o desenvolvimento logístico deve-se criar um sistema de indicadores, buscando-se a montagem da cadeia de causa e efeitos, e tentando relacionar as ações operacionais com os resultados obtidos e com metas e padrões a serem atingidos.

Assim, indicadores de desempenho logístico são parâmetros de desempenho que representam um conjunto de informações necessárias para o processo decisório estratégico na área de logística. Estes indicadores evidenciam e identificam os pontos críticos que prejudicam ou comprometem o desempenho da atividade logística, servindo de apoio à implementação e gestão do processo de melhoria e mudança organizacional (BOWERSOX et al., 2001).

Cada empresa é livre para escolher, a partir de um menu, um conjunto de pequenos indicadores que mais se aproximam ao tipo de medidas possíveis de realizar na empresa, ou seja, o conjunto de indicadores apropriado para cada caso, muito relacionado com a cultura da empresa. Este conjunto de indicadores, descrito acima, criará a partir de então um quadro

marcador da pontuação para este novo quadro da inovação do sistema logístico (OLIVEIRA, 2002).

Para Christopher (1997), os indicadores de desempenho mais usados nos serviços logísticos se referem ao ciclo de pedido, disponibilidade de estoque, restrições ao tamanho do pedido, facilidade para a colocação do pedido, frequência de entrega, confiabilidade da entrega, qualidade da documentação, procedimentos para reclamações, atendimento completo do pedido, suporte técnico e informação sobre a posição do pedido.

O sistema de mensuração do desempenho deve ser revisto de forma contínua a fim de verificar se os itens estão sendo úteis e se seus resultados não estão ultrapassando as margens estipuladas pela alta gerência e pelos gestores da empresa (ARAÚJO, 2013).

3.7. Dinâmica de Sistema

3.7.1. Simulação e Dinâmica de Sistemas

A expressão Dinâmica de Sistemas - DS se difundiu em meados do século XX, quando o pesquisador Jay Wright Forrester desenvolveu a base dessa metodologia a partir dos conceitos de *feedback* e da teoria dos Servomecanismos (SÁNCHEZ-ROMÁN et al., 2009).

Medeiros Júnior et al. (2009) definem a DS como um corpo de teorias e um conjunto de ferramentas conceituais que ajudam no entendimento da estrutura e na dinâmica de sistemas complexos, ou ainda como uma rigorosa ferramenta de modelagem que aplica simulações em computador para definir organizações e políticas mais realistas.

A DS objetiva compreender o progresso de um sistema ao longo do tempo. O princípio desta metodologia consiste em que o comportamento de um sistema é estabelecido por sua estrutura interna. Nesse sentido, através de uma linguagem própria para modelar um sistema, é possível analisar o seu comportamento no decorrer do tempo. Ou seja, avaliar os diversos comportamentos que o sistema real pode sofrer, possibilitando a identificação e avaliação de melhorias potenciais a partir de um ou mais pontos conhecidos (FERNANDES, 2001; MEDEIROS JÚNIOR et al., 2009).

Segundo Richardson (1991), os fundamentos da metodologia de DS podem ser classificados em: 1) definição dos problemas dinamicamente; 2) enfoque nas características intrínsecas do sistema; 3) conceituação do sistema real através da interconexão contínua de círculos de retroalimentação e de causalidade; 4) identificação de estoques e fluxos de

entrada e saída; 5) formulação de um modelo comportamental, capaz de reproduzir a dinâmica do problema; 6) entendimento e esclarecimento derivado de mudanças políticas efetuadas no modelo e seus consequentes resultados e 7) implementação de mudanças e novas políticas com base nesses entendimentos.

A DS vale-se de ferramentas de simulação e de uma linguagem intitulada fluxos e estoques para representar contextos complexos e sistêmicos, que podem ser simulados através de softwares específicos para tal fim (STERMAN, 2000).

Assim, os modelos de simulação dinâmica são descrições abstratas do mundo real que possibilitam a retratação de problemas complexos caracterizados por sua dinâmica não linear, relações de retroalimentação e defasagens no tempo e no espaço (WIAZOWSKI et al., 1999; SÁNCHEZ-ROMÁN et al., 2009). Dessa maneira, o usuário deve sempre atentar-se para as limitações do modelo escolhido.

3.7.2. Pensamento Sistêmico e Modelagem

O pensamento sistêmico é uma forma de abordagem da realidade que se iniciou no século XX e consiste na habilidade em compreender os sistemas de acordo com a Teoria Geral dos Sistemas, ou seja, ter o conhecimento do todo, de modo a permitir a análise ou a interferência no mesmo. De acordo com Senge (1990) a base do pensamento sistêmico está na mudança da mentalidade, ou seja, enxergar as inter-relações ao invés de cadeias lineares de causa e efeito e também perceber os processos de mudança ao invés de instantâneos.

Senge (2010) definiu o pensamento sistêmico como um conjunto de elementos interligados formando um todo organizado, ou seja, é um entendimento desse todo, onde tudo funciona em rede, de maneira sistêmica. De maneira simplista, o pensamento sistêmico nos ensina a observar cada etapa como parte de um todo e não como peças isoladas, assim como a criar e mudar sua realidade.

O pensamento sistêmico deriva do conceito de *feedback*, mostrando como os comportamentos podem se potencializar (*feedback* de reforço) ou até mesmo se neutralizar (*feedback* de equilíbrio). O *feedback* de reforço é quando uma ação pode gerar aumento ou diminuição do sistema, onde poderemos observar o desenvolvimento de pequenos atos criando consequências amplificadas, causando círculos viciosos. Já o *feedback* de equilíbrio é quando o processo encontra limites que podem desviar, interromper ou até reverter o crescimento do sistema (RICHE e ALTO, 2001).

Ao analisar um sistema poderemos nos deparar com algumas interrupções nos fluxos que tornam a influência dos atos mais sutil, ou seja, leva-se mais tempo para se perceber as consequências dessas ações. Essas interrupções são denominadas defasagens e podem até serem ignoradas em curto prazo, porém, como o pensamento sistêmico consiste em uma análise no decorrer do tempo, elas prevalecerão (RICHE e ALTO, 2001).

A modelagem de DS utiliza a teoria de *feedback* de informação gerando dados para o mapeamento e construção de arquétipos de sistemas em formas de diagramas, equações e linguagem de programação para desenvolvimento de simulação computacional (FIGUEIREDO et al., 2001).

Carvalho (2003) define o processo de modelagem e simulação como um teste computacional, utilizando modelos de um sistema real ou idealizado para o estudo de situações reais e complexas, tendo como meta testar varias alternativas operacionais, para então recomendar as ações que gerem os melhores resultados e assim otimizar o sistema como um todo. De acordo com o mesmo autor, o processo de modelagem pode ser dividido em três etapas: construção do modelo, modelagem computacional e experimentação.

- Construção do Modelo: Por meio de esquemas e gráficos o modelo surge com uma natureza lógica, embasado pelas experiências já vividas pelo modelador. Desse ponto em diante, com ajuda tecnológica (programas de modelagem e simulação) chegamos ao modelo computacional.

- Modelagem Computacional: Através de uma sucessão de ações estrategicamente planejadas, como coleta de dados, programação, verificação e validação do sistema, o modelo lógico é convertido em um modelo operacional.

- Experimentação: Através de simulações, diversas alternativas serão consideradas e testadas com o objetivo de avaliar o efeito das possíveis alterações que um sistema pode sofrer, antes mesmo que elas de fato ocorram. Assim, definimos o principal foco dessa metodologia, que é antecipar as diversas soluções possíveis para um problema específico, e com isso poder otimizar recursos, uma vez que os mesmos só serão investidos em propostas exaustivamente testadas e que comprovadamente tenham o retorno esperado.

Carvalho (2003) conclui em seu trabalho que a modelagem e simulação são de grande valia para tomadas complexas de decisão, tanto em termos de processo quanto em financeiro, uma vez que estas decisões somente serão tomadas após exaustivos testes para detectar a alternativa mais viável. Ressalta ainda que esta técnica vem sendo cada vez mais aplicada e propagada, principalmente com o surgimento de novos softwares específicos para essa linha de pesquisa.

3.7.3. Diagramas Causais

Os Diagrama Causais também podem ser encontrados na literatura como Diagrama de Enlace Causal, Diagramas de Influência, Diagramas de *Feedback*, Diagramas de *Loop*, ou ainda Modelos Causais. Os diagramas causais são utilizados para descrever a estrutura do sistema de acordo com a visão do modelador para que fiquem notórias as relações de causa e efeito dentro do contexto do problema estudado (MARCOS, 2013).

De acordo com Sterman (2000), os diagramas causais são excelentes para que se entenda rapidamente as hipóteses sobre causas da dinâmica, identificar e entender o modelo mental de indivíduos ou equipes, e relacionar os importantes feedbacks que o modelador acredita serem responsáveis pelo problema em questão.

Vilella (2002) lista em seu trabalho três vantagens de se utilizar os diagramas de feedback, são elas: obter maior compartilhamento de informações, gerar maior participação na construção do modelo e conseguir maior comprometimento na execução da solução proposta para um determinado problema.

Um diagrama causal é formado de variáveis interligadas através de setas que indicam as influências causais entre estas variáveis, ou seja, o diagrama causal é uma representação qualitativa das relações de causa e efeito entre variáveis. Nesse sentido, cada vínculo causal assume uma polaridade positiva ou negativa, indicando como ocorrerá sua influência sobre a variável dependente. Sendo assim, podem ocorrer dois tipos de diagrama de *feedback*: positivo (reforço) ou negativo (equilíbrio). Em uma relação positiva, o aumento de uma variável implica no crescimento da outra, já na relação for negativa, o efeito é contrário, a causa do aumento de uma variável terá como consequência a redução da variável relacionada (STERMAN, 2000 e MARCOS, 2013).

A Figura 2 exemplifica um Diagrama Causal apresentando estrutura da relação existente entre a Natalidade e População, com *feedback* positivo de reforço e a relação entre a Mortalidade e População, com um *feedback* negativo de equilíbrio. Vale ressaltar que as polaridades observadas no diagrama não representam o real comportamento das variáveis relacionadas, mas sim o que poderia ocorrer caso haja alguma mudança dentro desse sistema (Figura 2).

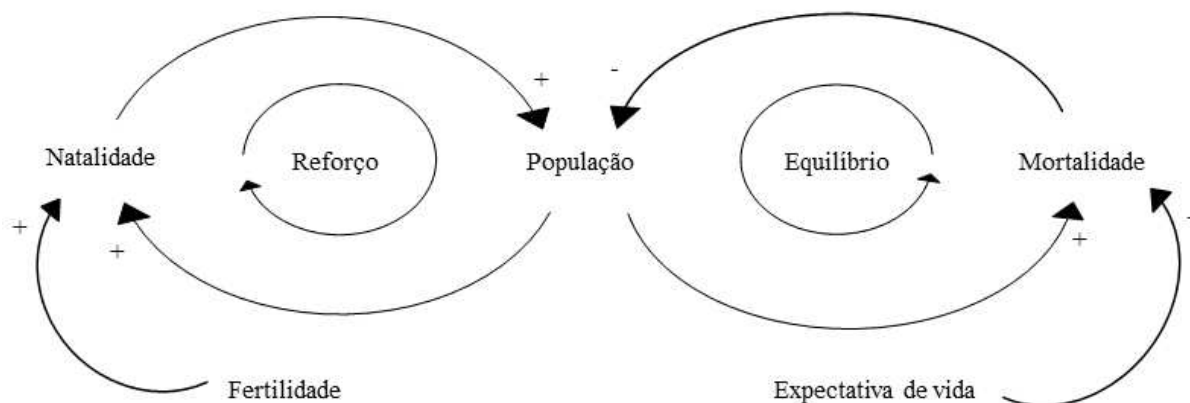


Figura 2: Exemplificação de um diagrama causal. Fonte: Adaptado de Sterman (2000).

3.7.4. Diagrama de Estoques e Fluxo

A simplicidade do diagrama causal é fundamental para a compreensão da situação problema, servindo assim como ponto de partida para a construção de um modelo de simulação baseado em DS. No entanto, os diagramas de *feedback* sofrem uma série de limitações que podem facilmente passar despercebidas, sendo uma das limitações mais importantes a incapacidade de demonstrar a estrutura de fluxo e estoque de sistemas. O diagrama de estoque e fluxo juntamente com o *feedback* são os dois principais conceitos da teoria da dinâmica de sistemas (STERMAN, 2000).

Os diagramas de enlace causal são excelentes para demonstrar as relações de causa e efeito que ocorrem em um sistema complexo em termos qualitativos, porém se quisermos representar estas mesmas relações em termos quantitativos, os diagramas de influência não serão adequados. Para isso, podemos utilizar os Diagramas de Estoque e Fluxo, que se parecem aos modelos de diagrama causal, porém expressão as relações através de fórmulas lógico matemáticas (VILELLA, 2002).

Os diagramas de estoque e fluxo são estabelecidos a partir das relações de causa e efeitos estipuladas no diagrama causal, sendo que estoques são acumulações que caracterizam o estado do sistema e geram informações que baseiam as tomadas de decisão. O estoque confere inércia e memória ao sistema, podendo criar atrasos (*delays*) através da diferença existente entre a entrada e a saída de unidades em um processo. O comportamento dinâmico de qualquer sistema está baseado na dinâmica entre fluxo (entrada/saída) e acumulação (estoque).

Segundo Gomes (2014), na modelagem com Diagramas de Estoques e Fluxos, variáveis, físicas podem fluir pelos fluxos, acumulando-se nos estoques.

Na DS, qualquer sistema, seja ele natural ou artificial, pode ser descrito através de um diagrama de estoque e fluxo, que é formado por cinco elementos: fonte, fluxos, estoques, conversores e conectores (Figura 3).

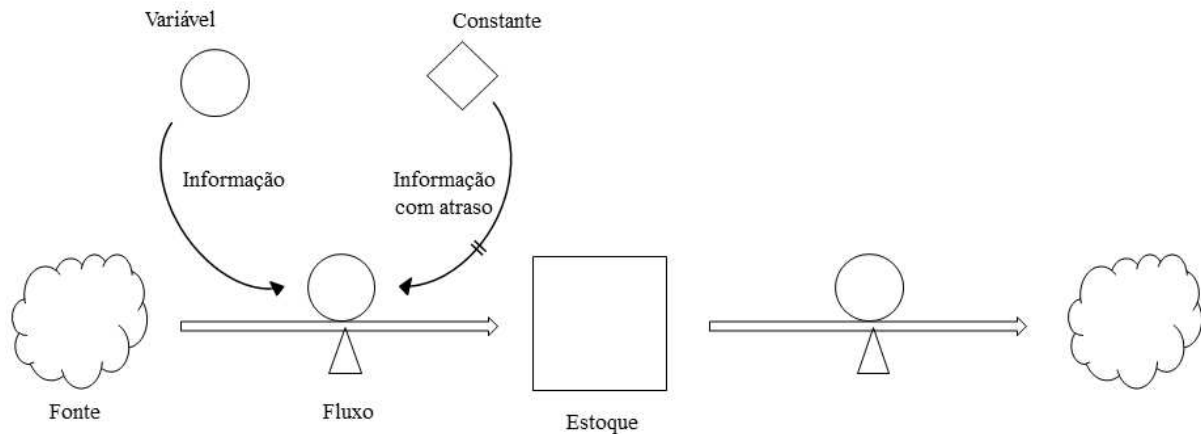


Figura 3: Diagrama de estoque e fluxo. Fonte: Adaptado de Vilella (2002).

De acordo com Vilella (2002), os elementos básicos usados nos modelos de estoque e fluxo mostrados na figura 3 são:

- Fluxos (setas de traço duplo com círculo e triângulo): são atividades que produzem crescimento ou redução dos estoques, através de movimentos de matéria ou informação dentro do sistema analisado. A flecha indica seu sentido, enquanto o círculo e o triângulo, que juntos representam uma válvula, é o regulador do fluxo (taxa);

- Estoques (retângulos): representam as acumulações de um recurso, como por exemplo, água, dinheiro, trabalhadores, inventários ou capital intelectual;

- Conversores: são os elementos que sinalizam operações algébricas, os quais processam informações a respeito dos Estoques e Fluxos ou representam fontes de informação externa ao sistema. Normalmente são variáveis (círculos), porém, eventualmente podem assumir valores constantes (losangos).

- Conectores (setas): são *links* de informação que descrevem a relação entre Estoques, Fluxos e Conversores. Em determinadas situações as informações também podem conter um "traço duplo", representando um atraso, um *delay* (lapso de tempo), ou seja, é o tempo envolvido entre a tomada de decisão e seu posterior efeito, assim essas informações só estarão disponíveis num instante de tempo futuro e não imediatamente.

- Fontes (nuvens): geralmente estão situadas nas extremidades dos fluxos, pois representam fonte de recurso ou escape do sistema, significando o infinito e definindo os limites do modelo, ou seja, o fluxo retira recursos da fonte externa e adiciona no estoque.

Segundo Gomes (2014), as fontes externas não possuem valor quantificável ou qualquer equação associada, pois se encontram fora dos limites do modelo de interesse.

O valor de um estoque, em um determinado momento no tempo, é determinado pela integração das taxas a partir do conhecimento de seu valor inicial, dado pelas condições de contorno (Knop, 2009 e Gomes, 2014). Matematicamente, Estoque e Fluxo em DS são representados por uma equação integral (Equação 1), conforme descrito por Marcos (2013):

$$Estoque(t) = \int_{t_0}^t [Entrada(S) - Saída(S)]dt + Estoque(t_0) \quad [1]$$

Onde:

t = Tempo final;

t₀ = Tempo inicial;

S = Unidades (quantidade).

A equação integral representa a acumulação dos fluxos de entrada e saída no instante de tempo t₀ até o momento t, adicionado do estoque inicial, quando este existir.

3.8. Eficiência operacional

Oliveira et al. (2006) define a eficiência operacional como a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado para o serviço, podendo ser expressa pela seguinte fórmula matemática:

$$EO = \frac{HE}{(HE+HP)} \times 100 \quad [2]$$

Onde:

EO = Eficiência Operacional (%);

HE = Horas efetivamente trabalhadas;

HP = Horas de pausa.

Em se tratando do transporte rodoviário de cargas, a eficiência operacional apresenta uma relação direta e inversamente proporcional com o número de horas não trabalhadas do veículo e também com as condições de operação. Para uma melhor visualização do problema pode-se ilustrar essas pausas como o tempo de espera para realizar o carregamento e o descarregamento, bem como o tempo gasto pelos operadores com refeições, descanso, exercícios e higiene pessoal. Já as condições operacionais podem ser exemplificadas como a manutenção dos veículos, a qualidade das rodovias, o deslocamento da máquina dentro da área de serviço e o número de viagens realizadas por veículo (MACHADO, et al.,2011).

3.9. Custo de frete

Segundo Araújo (2013), para se mensurar os custos de transporte, devem-se considerar os custos de seguro, taxas e impostos, investimentos em máquinas e equipamentos, mão-de-obra dos motoristas e ajudantes, combustíveis, depreciação e manutenção de máquinas e veículos, como caminhões e automóveis. Deve-se também considerar a questão da diferenciação entre as tarifas cobradas no transporte de matéria-prima e as cobradas no transporte do produto acabado (maior valor agregado), sendo que as primeiras, em geral, são menores.

3.9.1. Tipos de custos praticados no transporte de carga com ênfase ao utilizado no Brasil: frete com base no peso e distância

No Brasil, a Resolução ANTT nº 4810, publicada em 19 de agosto de 2015, estabelece uma metodologia com parâmetros de referência para o cálculo dos custos de frete do serviço de transporte rodoviário remunerado de cargas por conta de terceiros.

De acordo com Machado et al. (2011), os preços de frete praticados no Brasil são baixos quando comparados a outros países devido a grande oferta, a poucas exigências para operação e a baixa fiscalização. Somado a isso, tem-se também que as companhias que necessitam dos serviços de transporte e que contratam caminhoneiros autônomos pagam, em média, um valor ainda menor pelos fretes.

3.9.2. Distância

Segundo Araújo (2013), o custo de frete sofre uma forte influência em relação à distância transportada, pois este fator interfere diretamente nos custos variáveis, como os de mão de obra, de combustível e de manutenção. A Figura 4 demonstra a relação entre o custo de transporte e a distância percorrida.

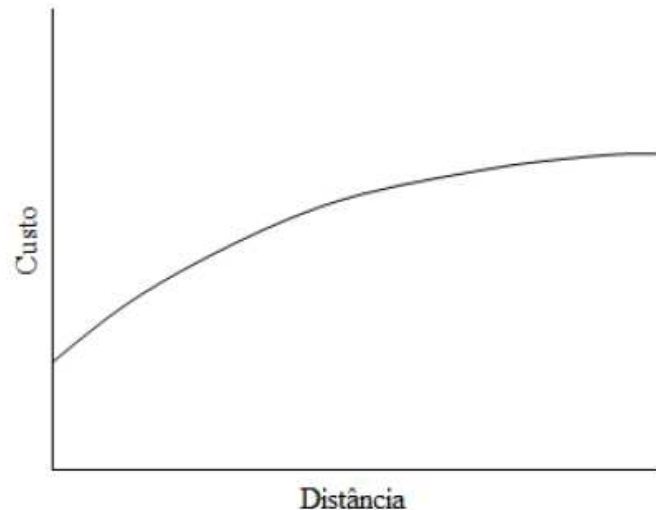


Figura 4: Relação do custo do transporte versus distância percorrida. Fonte: Araújo (2013).

Dois pontos importantes são ilustrados na Figura 4. Primeiro, a curva de custo não começa em zero, porque há custos fixos associados à coleta e à entrega da carga, independentemente da distância. Segundo, a curva de custo aumenta em uma taxa cada vez menor, em função da distância. Essa característica é conhecida como princípio da diluição.

3.9.3. Peso

De acordo com Araújo (2013), o custo de frete é inversamente proporcional ao peso (Figura 5), ou seja, o custo de transporte por unidade de peso diminui à medida que o tamanho da carga aumenta (carga útil do veículo). Isso ocorre porque os custos fixos de coleta, de entrega e de administração são distribuídos pelo peso incremental, sendo que essa relação é limitada pelo tamanho do veículo utilizado. Sendo assim, a implicação gerencial é que pequenas cargas devem ser consolidadas em cargas maiores para melhorar as economias de escala.

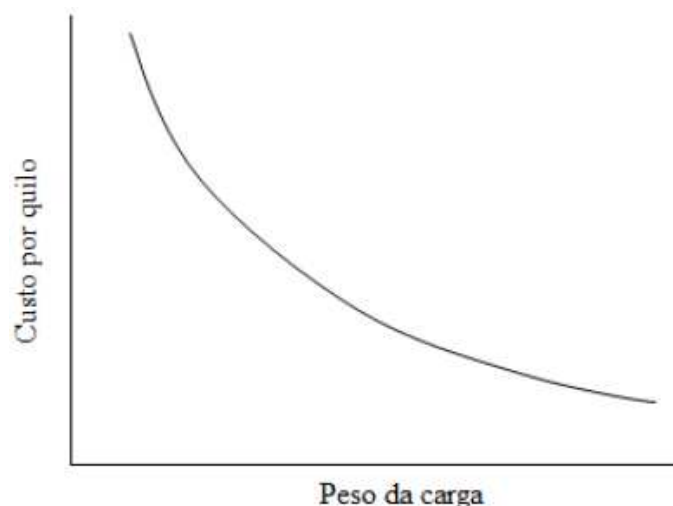


Figura 5: Custo de transporte função peso do produto. Fonte: Araújo (2013).

3.9.4. Mercado

Segundo Araújo (2013), os fatores relacionados ao mercado, como volume e equilíbrio das rotas, influenciam o custo do transporte. Uma rota de transporte consiste na movimentação de veículos entre pontos de origem e destino. Considerando que os veículos e os motoristas normalmente retornam à origem, eles devem buscar uma carga de retorno ou o veículo voltará completamente vazio. Quando ocorrem movimentações de retorno com o veículo vazio, os custos da mão de obra, combustível e manutenção devem ser atribuídos à movimentação de carga de ida original no trecho inicial. Portanto, a situação ideal é conseguir uma movimentação de carga na ida e na volta, ou seja, equilibrada. No entanto, isso raramente acontece, devido a desequilíbrios na demanda entre os locais de produção e consumo. O projeto do sistema logístico deve considerar esses fatores para obter economias nas viagens de retorno sempre que possível.

3.9.5. Importância da densidade do carvão vegetal no custo do frete

De acordo com Araújo (2013), a densidade é expressa matematicamente pela razão entre as variáveis peso e volume. Estas variáveis são importantes para qualquer transporte, pois geralmente o custo de frete é cotado pela unidade de peso, em toneladas. Normalmente os veículos são mais limitados pela capacidade volumétrica do que pelo peso. Assim, uma vez que as despesas reais com veículos, mão de obra e combustível não são significativamente influenciadas pelo peso, produtos com maior densidade permitem que o custo fixo do transporte seja dividido por uma quantidade maior de peso (Figura 6).

Consequentemente, produtos com maior densidade apresentam menor custo de transporte por unidade de peso.

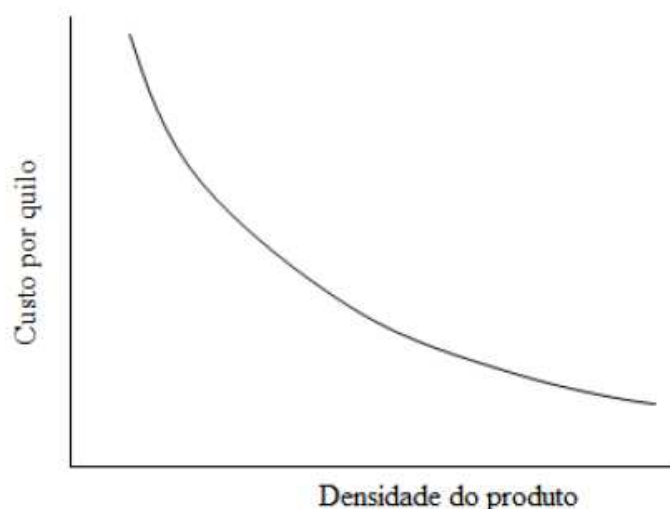


Figura 6: Custo do transporte função da densidade do produto. Fonte: Araújo (2013).

3.9.6. Lei da balança

Como a Resolução nº 210/2006, do CONTRAN restringe o comprimento, a largura e a altura de um veículo que trafega nas rodovias públicas, o volume útil fica reduzido. Ao se trabalhar com material de menores densidades o fator que limita a capacidade de carga dos veículos de transporte é o volume da carga. Pois o tamanho da carga, relativo ao peso permitido pela lei, ultrapassaria o limite das dimensões estabelecido pelo CONTRAN. Portanto, neste sistema o peso da carga transportada, com o volume dentro do limite, não alcança o PBT ou o PBTC máximo permitido por lei. O caminhão é, então, subutilizado, sendo necessário um número maior de viagens e, conseqüentemente, maior quantidade de caminhões (MICHELAZZO et al., 2008). Ou seja, ao não se atingir o PBT ou o PBTC ocorre perda na eficiência operacional do transporte e assim aumento do custo do mesmo.

3.10. O Método de estudo de caso

3.10.1. Introdução ao método de estudo de caso

Durante muito tempo, o estudo de caso foi encarado como procedimento pouco rigoroso, que serviria apenas para estudos de natureza exploratória. Atualmente, é visto como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro

de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos (YIN, 2009).

3.10.2. Definição do método

Diversos autores fazem considerações sobre a definição do método de pesquisa estudo de caso, que pode contribuir com o conhecimento de fenômenos individuais, grupais, organizacionais, sociais e políticos, além de permitir que o pesquisador retenha características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2009).

3.10.3. Críticas em relação ao método de estudo de caso

É comum o método de estudo de caso pode ser visto pejorativamente por diversos pesquisadores, provavelmente pela preocupação com a falta de rigor justificada pela reduzida gama de textos metodológicos que abordam os procedimentos específicos a serem seguidos, diferentemente de outros métodos mais amplamente estudados quanto às orientações metodológicas para aplicação dos mesmos (YIN, 2009).

3.10.4. Critérios para avaliação da qualidade dos projetos de pesquisa

Respondendo às críticas ao método de estudo de caso, existem alguns critérios que caracterizam se determinado estudo é ou não de qualidade, como fidedignidade, fidelidade, credibilidade e conformidade dos dados.

Para diagnosticar como tais critérios ocorrem, Yin (2009) aponta quatro testes comuns a todos os métodos de estudo de caso:

- Validade do constructo: Refere-se à identificação das medidas operacionais corretas para os conceitos estudados;
- Validade interna: Esse teste é válido somente para estudos exploratórios ou causais e não para estudos descritivos. Explicando o conceito, ele busca o estabelecimento de uma relação causal pela qual se acredita que determinadas condições levem a outras condições;
- Validade externa: É a definição da amplitude para o qual as descobertas e resultados da pesquisa podem ser generalizados;
- Confiabilidade: É compreendida como sendo a demonstração de que as operações de um estudo como, por exemplo, os procedimentos utilizados na coleta de dados podem ser replicados e assim obter os mesmos resultados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado através da coleta de dados em uma empresa siderúrgica localizada na região do Vale do Aço, município de Timóteo – Minas Gerais, e também em suas seis Unidades de Produção de Energia, localizadas na região do Vale do Jequitinhonha, nos municípios de Capelinha – MG e Itamarandiba – MG.

4.2. Tipo de pesquisa

O presente trabalho é caracterizado como estudo de caso, sendo utilizado quando se pretende estudar um objeto exaustivamente, permitindo a ampliação do conhecimento específico (GIL, 1996).

Optou-se pelo método de estudos de caso, devido as variáveis envolvidas ser de natureza complexa e descritiva e desta forma, difíceis de serem captados em toda sua abrangência por métodos quantitativos.

Lazzarini (1997) caracteriza o estudo de caso como um tipo de pesquisa com foco na compreensão dos fatos do que propriamente na sua mensuração.

Apesar da dificuldade de generalização dos resultados obtidos através de um estudo de caso, trata-se de um recurso importante de pesquisa, permitindo o levantamento e análise crítica de dados de relevância (FREITAS, 2004).

4.3. Descrição do sistema de transporte de carvão

Para o transporte rodoviário de carvão vegetal são utilizados três tipos de combinações de veículos de carga – CVC (Figura 7):

- CVC 1: Cavalos mecânicos de tração 4x2 com um semirreboque de 3 eixos *tandem* e capacidade de carga útil igual a 25,5 t ou 110 m³.

- CVC 2: Cavalos mecânicos de tração 6x2 com um semirreboque de 3 eixos *tandem* e capacidade de carga útil igual a 30 t ou 118 m³.

- CVC 3: Caminhão-trator de tração 6x4 com reboque de 3 eixos e capacidade de carga útil igual a 34 t ou 160 m³ (Biminhão).



Figura 7: Combinações de veículos de carga utilizadas. Fonte: Guia do Transportador (2017).

4.4. Descrição das rotas

Para o transporte rodoviário de carvão vegetal do Vale do Jequitinhonha (UPEs) para a usina localizada no Vale do Aço são consideradas seis rotas (vias) distintas, aqui denominadas de Região 1, Região 2, Região 3, Região 4, Região 5 e Região 6, que definem as distâncias percorridas na movimentação desse insumo (Tabela 2).

Tabela 2: Distâncias entre as UPEs e a usina siderúrgica.

Regiões	1	2	3	4	5	6
Distâncias (km)	326	350	310	320	350	325

4.5. Cálculo de custos de frete

A metodologia para o cálculo dos custos de transporte consistiu na utilização da Planilha de Simulação de Custos de Frete para o Transporte Rodoviário de Cargas, disponibilizada pela ANTT (acessado em 02/05/2017), que inclui condições sobre custo fixo mensal (mão de obra, depreciação/remuneração do veículo, licença, seguros e impostos), custo variável mensal (manutenção do veículo, quilometragem rodada, consumo de combustível e lubrificante) e custo operacional (horas trabalhadas, tempo de carregamento e descarregamento, velocidade do veículo, capacidade de carga do veículo e distância percorrida). A referida planilha pode ser encontrada no Anexo I.

4.5.1. Custo Fixo

4.5.1.1. Depreciação

Refere-se ao preço do veículo novo relacionado ao valor de revenda e à idade do veículo (considerando a data atual e o ano de fabricação), ou seja, é o valor anual que um veículo perde conforme o decorrer do tempo, podendo ser obtida pela seguinte equação:

$$D = \frac{V-R}{n} \quad [3]$$

Onde:

D = Depreciação;

V = Valor de aquisição;

R = Valor do resto (sucata);

n = Vida útil (anos).

4.5.1.2. Valor do Veículo

Refere-se ao preço do veículo novo.

4.5.1.3. Remuneração do capital

Refere-se à remuneração que se obteria caso o valor do veículo tivesse sido investido, por exemplo, na poupança.

4.5.1.4. Custo de Mão de Obra

Refere-se ao valor do salário pago ao motorista, ao percentual de encargos sociais pagos sobre este salário e à quantidade de motoristas empregados por veículo.

4.5.1.5. Tributos

Refere-se aos valores do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), do Seguro de Trânsito - Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT), e do licenciamento.

4.5.1.6. Seguro

Refere-se ao valor do contrato anual de seguro do veículo de carga.

4.5.2. Custo Variável

4.5.2.1. Custo de Manutenção

Refere-se ao conjunto de recursos utilizados para manter o veículo em condições de realizar o transporte (combustível, lubrificantes, lavagem, pneus, oficina, mão de obra e licenciamento) (MACHADO, 2011) em relação à média de quilômetros percorrido pelo veículo.

4.5.2.2. Custo com Combustível

Refere-se ao preço médio do combustível na região em que trafega (abastece) e ao rendimento médio do combustível no veículo.

4.5.2.3. Custo com Lubrificantes

Refere-se ao preço do lubrificante por litro, à capacidade de óleo do carter do veículo, à quilometragem em que ocorre a troca de óleo de motor e à quantidade em litros de óleo que é reposta a cada 1000 km rodados.

4.5.2.4. Custo com Lavagem

Refere-se ao preço da lavagem completa do veículo relacionado à distância percorrida entre as lavagens.

4.5.2.5. Custo com Pneus

Refere-se ao preço de um pneu novo, de uma câmara nova (se houver), de um protetor novo (se houver), da recauchutagem ou racapagem, relacionados à quantidade de vezes que o pneu é recauchutado ou racapado, à quantidade de pneus utilizados pelo veículo e à duração média em quilômetros do pneu.

4.5.3. Custo Operação de Transporte

Refere-se à quantidade de horas mensais trabalhadas pelo motorista, ao tempo de carregamento e descarregamento do veículo, à velocidade do veículo na operação de transporte, à capacidade de carga do veículo e à distância percorrida.

4.6. Simulação de cenários

A escolha pelo método de Dinâmica de Sistemas, ao invés de outros modelos de simulação, se deu por dois fatores. O primeiro está relacionado à complexidade dinâmica onde as ações de algumas variáveis provocam a reação de outras, e o segundo fator está associado à necessidade de se simular quantitativamente as interações entre as variáveis propostas no modelo para se avaliar suas influências no custo de transporte do carvão vegetal.

A DS, com suas bases voltadas para a simulação computacional, apresentam softwares para modelar os problemas complexos em análise. Os principais softwares da DS são iThink[®], Stella[®], Vensim[®] e Powersim[®], disponíveis nas versões acadêmicas e comerciais. Nesses softwares a construção de modelos realiza-se pela inserção de diagramas de fluxo e estoque e, conseqüentemente, pela definição de equações que descrevam o comportamento do sistema para efetivar a simulação. Ainda é possível visualizar os resultados da simulação através de gráficos.

A simulação de cenários propriamente dita, foi realizada a partir da formulação de um modelo de simulação gerado através do software *PowerSim Studio 9*, que apresenta uma

interface simples e de fácil manuseio, sendo as variáveis utilizadas no modelo baseadas conforme os dados obtidos pela Planilha de Simulação de Custos de Frete para o Transporte Rodoviário de Cargas, disponibilizada pela ANTT (acessado em 02/05/2017).

A preferência pelo software *PowerSim Studio 9* se deu por este ser um pacote de software robusto e bastante utilizado na literatura, como pode ser verificado nos trabalhos realizados por Gomes (2014), Gunal (2012), Goh e Love (2012) e Kumar e Nigmatullin (2011) entre outros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Distribuição das classes de densidade

Inicialmente foi verificado qual o comportamento da distribuição das classes de densidade das cargas de carvão vegetal transportado, onde foi possível constatar a predominância de um material com baixa densidade (Figura 8). Isso ocorre devido à forte influência que o setor de celulose e papel teve e ainda tem na silvicultura brasileira, que tem como interesse o ganho em volume do material utilizado, conseqüentemente, com rápido crescimento e baixa densidade.

Contudo, trabalhos realizados por Isbaex (2014) e Coelho (2015) demonstram que para a siderurgia é necessário se pensar em termos gravimétricos, pois a densidade é um dos principais índices de interesse desse setor.

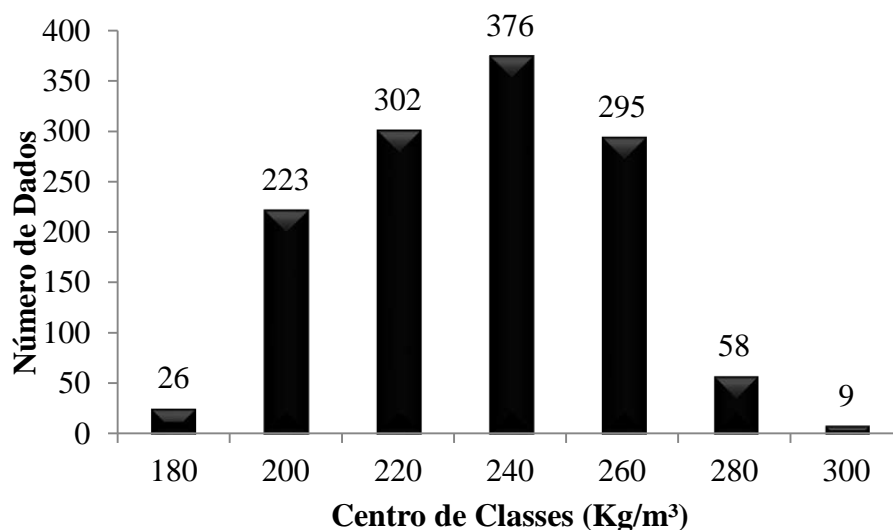


Figura 8: Distribuição das classes de densidade.

Na Figura 8 observa-se que a densidade do carvão vegetal utilizado pela empresa pode ser separada em 7 classes (180, 200, 220, 240, 260, 280 e 300 kg/m³), assim nota-se que grande parcela do material se encontra entre as classes de densidade 200 e 260 kg/m³. Como demonstrado nos trabalhos anteriormente citados, para se obter maior rendimento nas etapas da cadeia produtiva siderúrgica, a densidade do material deve ser elevada, se encaixando entre as classes de 240 a 300 kg/m³.

5.2. Efeitos da densidade do carvão vegetal no montante de carga transportada.

Ao analisar os efeitos da densidade do carvão vegetal no volume em massa de carga transportada por viagem realizada, sendo a densidade uma relação entre massa e volume, foi observado um aumento significativo na quantidade de carga transportada na medida em que se trabalha com um material com maior densidade (Figura 9). Rocha (2011) ao estudar a influência da idade nas propriedades da madeira, encontrou resultados parecidos, onde afirma que madeira com maiores densidades proporciona ganhos nos processos de colheita e transporte, uma vez que para um mesmo volume de madeira colhido e transportado, se teria uma maior massa específica.

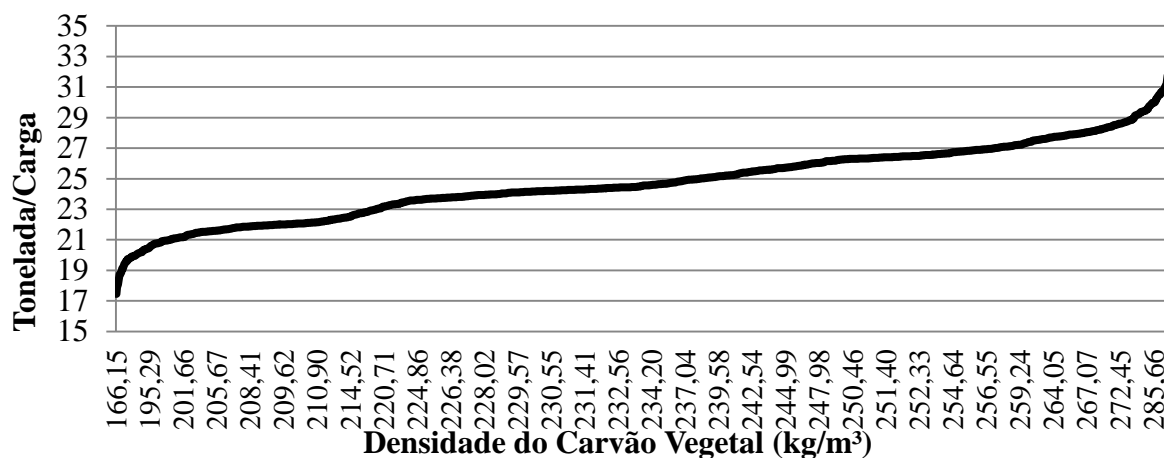


Figura 9: Volume em massa transportado por carga.

Para quantificar esse ganho em massa deve se pensar em termos de média, por tanto esses valores de densidade foram redistribuídos em 3 classes: classe baixa (166 a 209 kg/m³), classe média (210 a 249 kg/m³) e classe alta (250 a 302 kg/m³). Ao analisar os novos valores obtidos, pode-se inferir que houve um ganho de 6,22 toneladas por carga transportada ao se trabalhar com um material mais denso ao invés de um material leve (Figura 10).

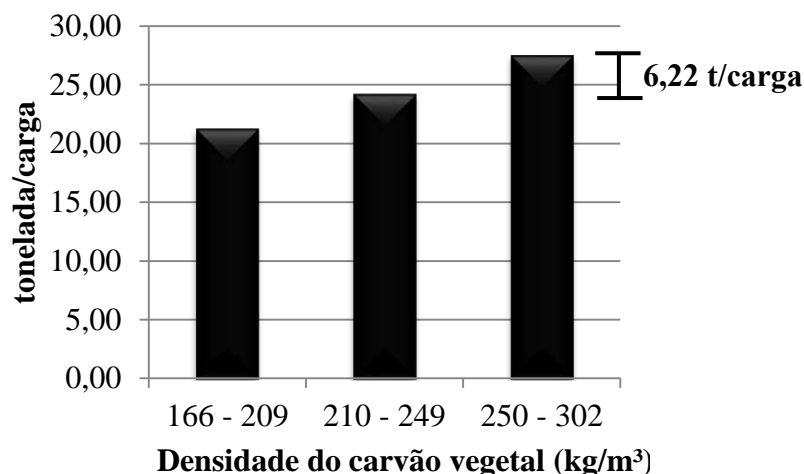


Figura 10: Volume em massa transportado por classe de densidade.

Durante o período de coleta dos dados foi realizado uma média de 15 viagens por dia, esse valor significa um ganho de 93 toneladas por dia ou 2.790 toneladas por mês ou ainda 33.480 toneladas por ano ao se trabalhar com um material de maior densidade.

5.3. Efeitos da densidade do carvão vegetal no custo de combustível.

Ao analisar os efeitos da densidade do carvão vegetal no gasto com combustível por viagem e por região, para se transportar esse insumo, foi verificada uma redução expressiva desse valor na medida em que a densidade do material transportado aumenta (Figura 11).

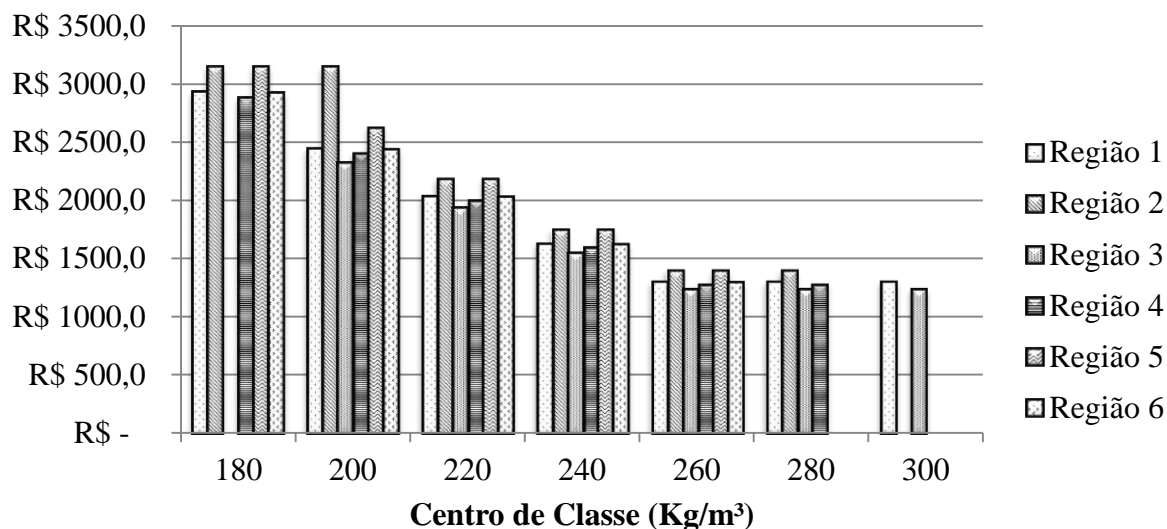


Figura 11: Custo de combustível para cada Unidade de Produção Energética – UPE (R\$/carga).

De posse desses dados, foi feita uma análise onde se pode verificar o custo de oportunidade criado ao se transportar um material de alta densidade ao invés de se trabalhar com um material de baixa densidade (Figura 12).

Vale ressaltar que o custo de oportunidade não significa perda financeira, mas sim o quanto em valores a empresa deixou de economizar ao realizar uma determinada escolha.

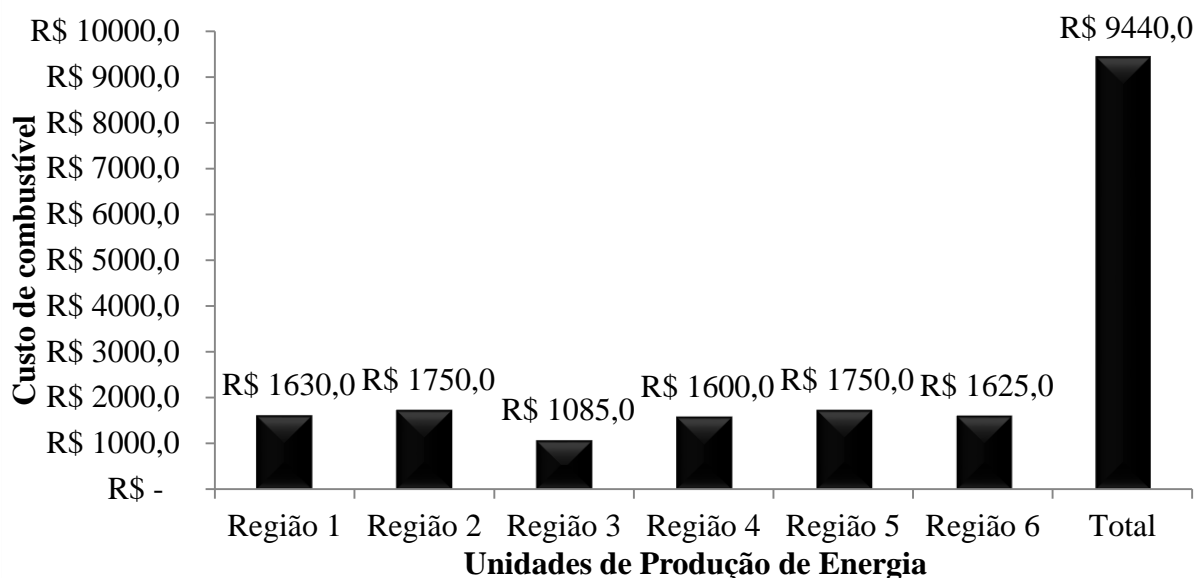


Figura 12: Custo de oportunidade em relação ao gasto de combustível por viagem.

Ao se observar a Figura 12, pode-se perceber facilmente que ao se trabalhar na Região 3 teremos uma margem lucrativa maior, pois foi a região que mais se destacou ao apresentar o menor custo de oportunidade. Esse comportamento pode ser explicado ao se analisar a Figura 11, onde se nota que na referida região não há material da menor classe de densidade (180 kg/m^3), que por sua vez, tenderia a aumentar os gastos com combustível.

Pode-se observar também que as Regiões 2 e 5 apresentaram o maior custo de oportunidade, ou seja, são os locais que geram maior consumo de combustível. Tal comportamento pode ser explicado ao voltarmos novamente na Figura 11, onde se verifica a ausência de material de alta densidade nessas regiões, o que tenderia a diminuir os gastos com combustível.

Levando em consideração que a empresa realiza cerca de 15 viagens por dia, o transporte de um material com maiores densidades pode significar uma economia de R\$ 141.600,00 por dia ou R\$ 4.248.000,00 por mês ou ainda R\$ 50.976.000,00 por ano em relação ao custo de combustível, ao se comparar com o transporte de material de baixa densidade.

5.4. Efeitos da combinação de veículos de carga no custo de transporte.

Ao analisar os efeitos do tipo de veículo utilizado para realizar o transporte de carvão vegetal no custo de frete, foi constatada uma diminuição significativa desse valor à medida que se utiliza uma composição de veículo de carga com maior capacidade de transporte de carga útil (Figura 13).

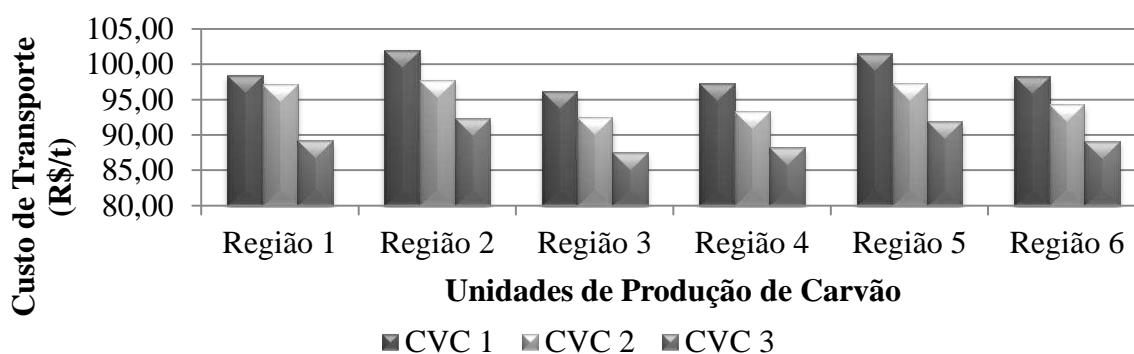


Figura 13: Custo de transporte por combinação de veículos de carga para cada região.

Analisando-se a Figura 13, observa-se que o comportamento do custo de frete em relação às CVCs foi semelhante em todas as regiões. Pode-se também perceber que a CVC 3 se destaca por apresentar o menor valor, sendo, portanto mais indicada para realizar o transporte do carvão vegetal dentro dessas condições. Esse desempenho é explicado pela capacidade de carga desta CVC, que pode transportar até 34 t de carvão vegetal por viagem, sendo a maior capacidade dentre as composições estudadas.

De posse desses dados foi feita uma análise onde se pode aferir o custo de oportunidade criado ao se utilizar uma CVC com alta capacidade de carga útil para realizar o transporte do carvão vegetal ao invés de se trabalhar com uma CVC com baixa capacidade de carga (Figura 14).

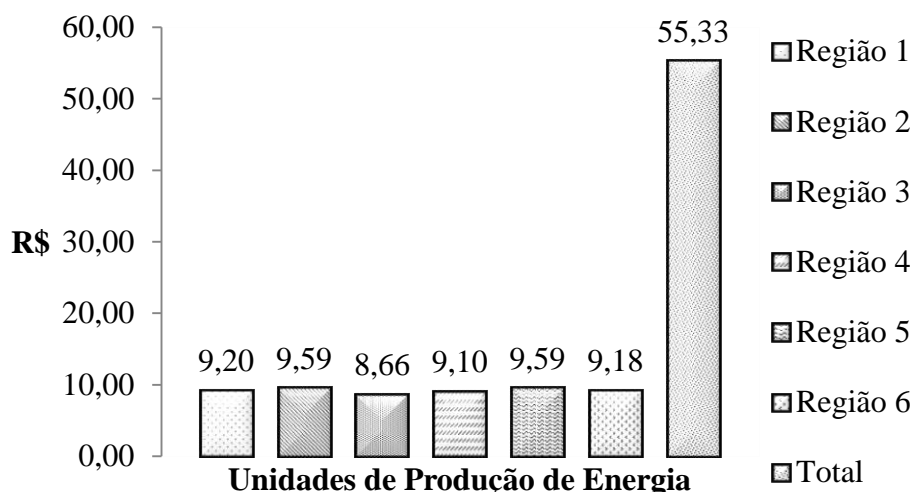


Figura 14: Custo de oportunidade em relação à escolha da combinação veicular de carga.

Se observar a Figura 14 verifica-se que houve uma economia total de R\$ 55,33 por tonelada de carvão vegetal transportada, ao se utilizar uma composição veicular com maior capacidade de carga útil. Se se levar em conta que durante o período da coleta de dados a empresa transportou em média 10.624,77 toneladas por mês, esse custo de oportunidade representa uma economia de R\$587.868,82 por mês ou R\$7.054.425,84 ao ano.

5.5. Efeitos da densidade do carvão vegetal, em relação custo de transporte, nas diferentes combinações veiculares utilizadas para o transporte dessa alternativa energética.

Ao analisar os efeitos da densidade do carvão vegetal frente ao custo de frete nas diferentes combinações de veículos de carga utilizados no transporte desse insumo, podemos verificar um comportamento semelhante em todas as regiões (Unidades de Produção de Energia) estudadas. Sendo assim, foi realizada uma média contendo todas as regiões (Figura 15).

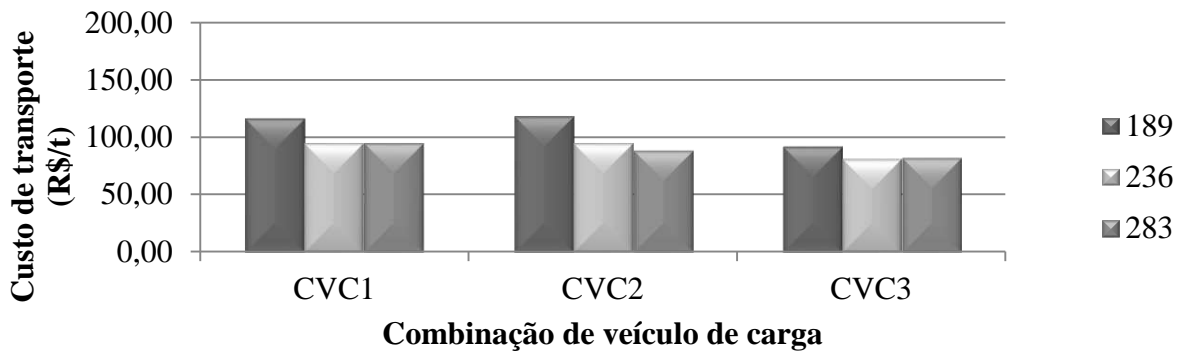


Figura 15: Custo de transporte do carvão vegetal em relação à densidade do material e ao tipo de combinação de veicular utilizado.

Ao se analisar a Figura 15 em relação à CVC 1 (Cavalo mecânico de tração 4x2 com um semirreboque de 3 eixos *tandem* e capacidade de carga útil igual a 25,5 t ou 110 m³), pode-se verificar que o custo para se transportar carvão vegetal de média (236 Kg/m³) ou alta (283 kg/m³) densidade foi o mesmo. Tal comportamento ocorre porque em ambos os casos o limite de Peso Bruto Total Combinado (PBTC), estipulado pela Resolução CONTRAN n° 210/2006, foi atingido. Assim, em ambas as classes de densidade a CVC 1 transportou a mesma quantidade em massa, e conseqüentemente, obtiveram o mesmo valor para o custo de transporte.

Ao se analisar a Figura 15 em relação à CVC 2 (Cavalo mecânico de tração 6x2 com um semirreboque de 3 eixos *tandem* e capacidade de carga útil igual a 30 t ou 128 m³), pode-se observar que o custo para se transportar o carvão vegetal foi menor à medida em que se trabalhou com um material de maior densidade. Este comportamento ocorre porque neste caso o limite do Peso Bruto Total Combinado (PBTC) não foi atingido, sendo a carga limitada pelo volume da caçamba. Assim, para um mesmo volume, teremos maior quantidade de massa quando se transporta um material mais denso, conseqüentemente menor custo. Nesse mesmo sentido, Botrel et al. (2007), ao estudarem as propriedades do carvão vegetal, afirmam que quanto maior a densidade do carvão vegetal, menores os custos de transporte e armazenamento, assim como melhor o aproveitamento no alto-forno siderúrgico, permitindo aumento da produtividade.

Ao se analisar a Figura 15 em relação à CVC 3 (Caminhão-trator de tração 6x4 com reboque de 3 eixos e capacidade de carga útil igual a 34 t ou 160 m³ - Biminhão), pode-se constatar um comportamento parecido com o da CVC 1, em relação à densidade, pois tanto para um material de média densidade, quanto para um de alta, o valor do custo do transporte foi o mesmo. Este comportamento ocorre porque neste caso os limites de peso por eixo,

estipulados pela Lei da Balança, foram atingidos. Assim, novamente em ambas as classes de densidade a CVC 3 transportou a mesma quantidade em massa, e conseqüentemente obtiveram o mesmo valor para o custo de transporte.

Vale ressaltar que a CVC 3 apresentou o menor custo para realizar o transporte entre todas as classes de densidade, sendo, portanto, o veículo mais indicado para esta tarefa. No trabalho desenvolvido por Paula Junior et al. (1980), também se verificou a diminuição dos custos de frete para veículos com maior capacidade de carga útil. Além disso, Alves et al. (2013), ao estudarem o comportamento do custo de frete de madeira para diferentes combinações veiculares, também obtiveram um resultado semelhante.

5.6. Dinâmica de Sistemas

5.6.1 Diagrama de Fluxo e Estoque

Foi elaborado o diagrama de fluxo e estoque do Modelo do Custo Total Anual para o transporte de carvão vegetal oriundo de diferentes regiões (1 a 6) até seu consumidor final, a siderurgia. Os modelos apresentados representam apenas uma região, sendo necessário replicá-los de forma a cada região possuir seu modelo com suas características incorporadas, permitindo assim a simulação simultânea de todas as regiões.

A. Fluxo e Estoque do Custo Fixo Mensal

O primeiro submodelo (Figura 16) trata do fluxo e estoque do custo fixo mensal envolvido na atividade de transporte rodoviário do carvão vegetal, que é influenciado pelas variáveis referentes ao veículo utilizado (tributação, seguro, depreciação e remuneração do capital) e ao custo de mão de obra, assim o custo fixo será o mesmo para todas as regiões analisadas. A seguir será descrito como essas variáveis são influenciadas.

-Tributação: refere-se aos encargos pagos sobre o veículo, como IPVA, DPVAT, licenciamento e taxa de vistoria.

- Seguro: refere-se a valores pagos às seguradoras de veículos a fim de se precaver sinistros que possam vir a ocorrer. Esta variável é diretamente influenciada pelo valor de aquisição do veículo.

- Depreciação: refere-se à desvalorização do veículo no tempo, sendo influenciada pelo valor do veículo novo, pela vida útil e pelo valor residual de venda do veículo.

- Remuneração: do capital refere-se ao custo de oportunidade caso o recurso fosse aplicado em outra forma de rendimento, por exemplo: caderneta de poupança, e é dado em função da taxa de juros e do valor médio do veículo.

- Custo de mão de obra: refere-se aos custos com motorista e é obtido em função da quantidade, do salário e dos encargos sociais.

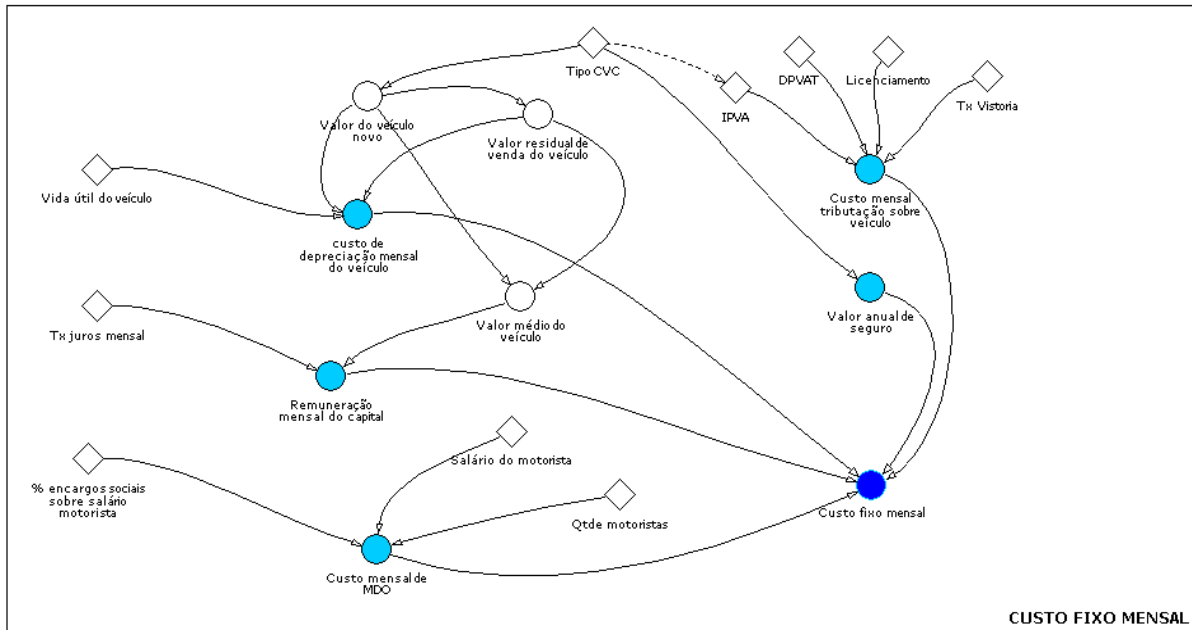


Figura 16: Modelo desenvolvido de custo fixo mensal de transporte rodoviário de carvão vegetal.

B. Fluxo e Estoque do Custo Variável Mensal por Região

O segundo submodelo (Figura 17) trata do fluxo e estoque do custo variável mensal envolvido na atividade de transporte rodoviário do carvão vegetal, em função de variáveis referentes aos desgastes provocados pela utilização do veículo, como custo de manutenção, lubrificação, pneus, lavagem e combustível. A seguir será descrito como essas variáveis são influenciadas.

- Custo de manutenção: refere-se ao gasto com a conservação mecânica do veículo e é dada em função da porcentagem do preço de manutenção pelo valor do veículo, do valor do veículo novo e da quilometragem rodada.

- Custo de lubrificação: relacionado à manutenção do veículo, sendo influenciado pelo volume de reposição de óleo, pelo preço do litro de lubrificante, pela capacidade de óleo do carter do veículo e pela duração (km) do óleo do motor.

- Custo de pneus: refere-se ao valor de compra dos pneus ou recauchutagem, sendo obtido em função do preço do pneu novo, preço da recauchutagem, quantidades de pneus da CVC, quantidade de recauchutagem e duração (km) do pneu.
- Custo da lavagem: refere-se ao valor gasto na limpeza do veículo, sendo influenciado pelo preço da lavagem e a quilometragem percorrida entre cada lavagem.
- Custo de combustível: refere-se aos valores gastos com combustível, sendo influenciado pelo preço do combustível (diesel) e pelo rendimento médio do combustível (quilometragem por litro realizada pelo veículo).

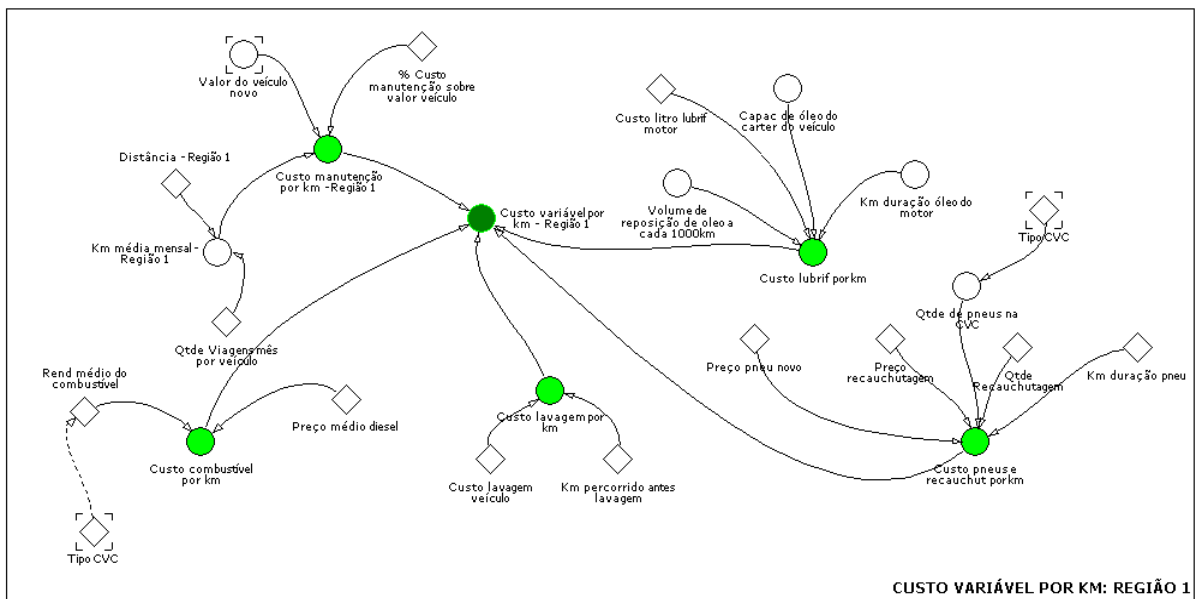


Figura 17: Modelo desenvolvido de custo variável por quilômetro de transporte rodoviário de carvão vegetal.

C. Fluxo e Estoque da Quantidade de Veículos Mensal

O terceiro submodelo (Figura 18) aborda o fluxo e estoque da quantidade de veículos necessários para a realização do transporte de carvão vegetal em função da demanda mensal regional e da capacidade de carga de cada veículo. A seguir será descrito como essas variáveis são influenciadas.

- Demanda mensal regional: refere-se à quantidade exigida de matéria prima pela indústria, sendo neste estudo considerada como um valor fixo para as diferentes regiões, pois todas abastecem a mesma siderúrgica.
- Capacidade de transporte mensal por veículo: refere-se à quantidade efetiva de carvão vegetal que cada combinação de veículo será capaz de transportar e é influenciada pela quantidade de viagens realizadas por veículo e pela capacidade de carga útil de cada

veículo. É importante ressaltar que esta carga útil é diretamente afetada pela Lei da balança (quantidade de carga por eixo) e pela capacidade máxima de carga de cada veículo (peso e volume), sendo esta última diretamente influenciada pela densidade do material transportado. Assim, estas restrições são consideradas por este modelo.

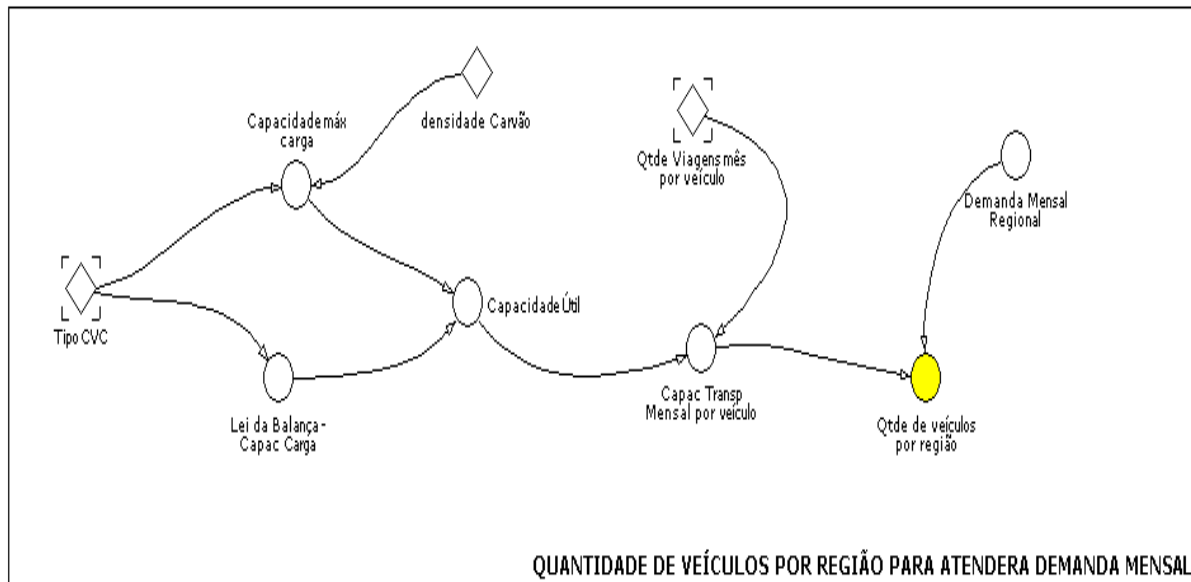


Figura 18: Modelo desenvolvido da quantidade de veículos mensais para o transporte rodoviário de carvão vegetal.

D. Fluxo e Estoque do Custo Total por Tonelada por Região

O quarto submodelo (Figura 19) corresponde ao fluxo e estoque do custo total por tonelada por região, sendo influenciado pelo custo variável por região, pela média das horas trabalhadas por motorista, pelo tempo de carregamento e descarregamento, pela velocidade média dos veículos, pela distância entre o local de origem e o local de consumo final do carvão, pelo custo fixo mensal e pela capacidade útil. A seguir será descrito como essas variáveis são influenciadas, sendo que o comportamento de algumas variáveis já foi descrito acima.

- Horas trabalhadas por motorista: refere-se ao tempo efetivo de trabalho de cada motorista.

- Tempo de carregamento e descarregamento: refere-se ao tempo que o veículo permanece nas operações de carga e descarga de carvão vegetal.

- Velocidade: refere-se à velocidade em que o motorista conduz o veículo no percurso pátio / fábrica.

- Distância: refere-se às distâncias entre os pátios de carvoejamento de cada região à indústria.

- Capacidade útil: refere-se à quantidade máxima de carvão vegetal transportado pelos veículos dentro dos limites estipulados pela legislação.

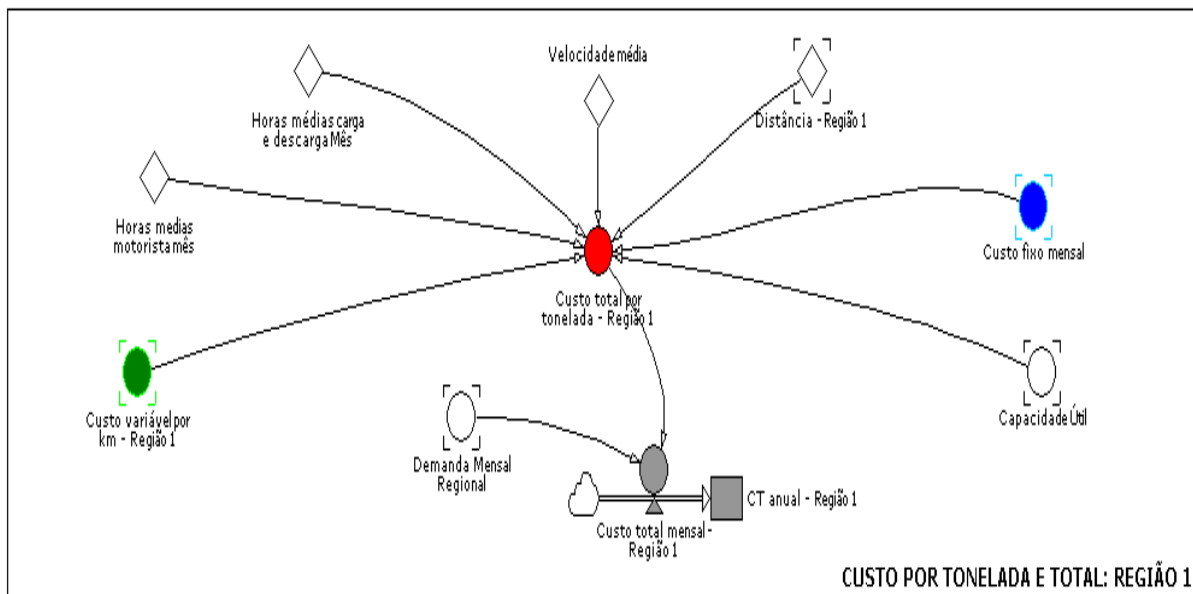


Figura 19: Modelo desenvolvido de custo total por tonelada para o transporte rodoviário de carvão vegetal.

E. Fluxo e Estoque do Custo Total Anual Geral

O último submodelo (Figura 20) corresponde ao fluxo e estoque do custo total anual, sendo formado pelo somatório dos custos totais mensais de cada região.

A estrutura do Diagrama de Fluxo e Estoque do Custo Variável Mensal e do Custo Total por Tonelada será igual para todas as regiões, mudando apenas variáveis específicas de cada região, que neste caso será apenas o fator distância.

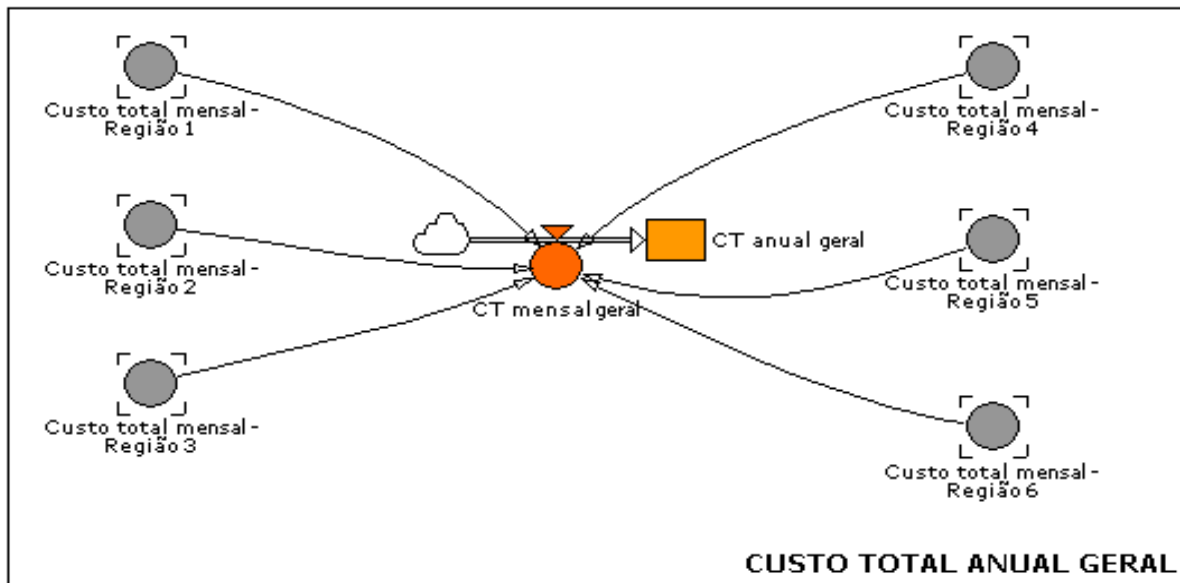


Figura 20: Modelo desenvolvido de custo total anual para o transporte rodoviário de carvão vegetal.

5.6.2 Descrição dos cenários elaborados

Para determinação dos cenários a serem estudados, foi feita uma seleção e permutação entre três elementos que contribuem para o custo do transporte, sendo eles a combinação de veículos de carga, o número de viagens realizadas por veículos e a densidade do carvão vegetal transportado, sendo que cada variável poderá assumir três valores distintos:

- Tipo de CVC:

CVC 1, com capacidade útil de carga de até 25,5 t;

CVC 2, com capacidade útil de carga de até 30 t;

CVC3, com capacidade útil de carga de até 34 t.

- Número de viagens realizadas por veículos:

Cenário atual, com 15 viagens;

Cenário ruim, com 12 viagens;

Cenário ótimo, com 18 viagens.

- Densidade do carvão vegetal:

Baixa, com centro de classe em torno de 189 Kg/m³;

Média, com centro de classe em torno de 236 Kg/m³;

Alta, com centro de classe em torno de 283 Kg/m³.

Assim, através da permuta entre estes componentes, foi possível a elaboração de 27 cenários, sendo o primeiro deles aqui representado pela Figura 21. O restante dos cenários pode ser encontrado no Anexo II.

5.6.3 Análise dos cenários propostos

Ao se utilizar a Dinâmica de Sistemas (DS) para a análise dos dados, se cria a possibilidade de avaliar diferentes situações (cenários). As condições de cada cenário podem atender ou não a demanda estipulada, pois, para este estudo, a demanda é um valor fixo e a simulação altera a quantidade de carvão vegetal entregue mensalmente ao consumidor final, em função do volume transportado (carga útil do veículo x densidade) e da quantidade de viagens realizadas pelo veículo dentro de um período de 30 dias.

- Número de veículos

Os resultados obtidos, referente ao número de veículos, para cada cenário criado pela DS, podem ser observados na Tabela 3. Estes valores representam a quantidade de veículos necessários por região para atender o volume de carvão transportado, em função da variação dos parâmetros CVC, densidade e número de viagens realizadas por cada veículo.

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC
 CVC 1
 CVC 2
 CVC3

Qtde Viagens mês por veículo
 Cenário atual
 Cenário Ruim
 Cenário Ótimo

densidade Carvão
 Baixa
 Média
 Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,22	6,22
Custo variável por km - Região 2	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 3	6,38	6,38
Custo variável por km - Região 4	6,28	6,28
Custo variável por km - Região 5	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 6	6,23	6,23
Qtde de veículos por região	17,50	17,50

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	649.456,24	649.456,24
Custo total mensal - Região 2	674.660,25	674.660,25
Custo total mensal - Região 3	632.653,57	632.653,57
Custo total mensal - Região 4	643.155,24	643.155,24
Custo total mensal - Região 5	674.660,25	674.660,25
Custo total mensal - Região 6	648.406,08	648.406,08

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	649.456,24	674.660,25	632.653,57	643.155,24	674.660,25	648.406,08	3.922.991,64
2	1.298.912,49	1.349.320,51	1.265.307,15	1.286.310,49	1.349.320,51	1.296.812,16	7.845.983,29
3	1.948.368,73	2.023.980,76	1.897.960,72	1.929.465,73	2.023.980,76	1.945.218,23	11.768.974,93
4	2.597.824,98	2.698.641,01	2.530.614,29	2.572.620,97	2.698.641,01	2.593.624,31	15.691.966,57
5	3.247.281,22	3.373.301,26	3.163.267,86	3.215.776,21	3.373.301,26	3.242.030,39	19.614.958,22
6	3.896.737,47	4.047.961,52	3.795.921,44	3.858.931,46	4.047.961,52	3.890.436,47	23.537.949,86
7	4.546.193,71	4.722.621,77	4.428.575,01	4.502.086,70	4.722.621,77	4.538.842,54	27.460.941,50
8	5.195.649,96	5.397.282,02	5.061.228,58	5.145.241,94	5.397.282,02	5.187.248,62	31.383.933,15
9	5.845.106,20	6.071.942,27	5.693.882,16	5.788.397,19	6.071.942,27	5.835.654,70	35.306.924,79
10	6.494.562,45	6.746.602,53	6.326.535,73	6.431.552,43	6.746.602,53	6.484.060,78	39.229.916,44
11	7.144.018,69	7.421.262,78	6.959.189,30	7.074.707,67	7.421.262,78	7.132.466,86	43.152.908,08
12	7.793.474,94	8.095.923,03	7.591.842,87	7.717.862,91	8.095.923,03	7.780.872,93	47.075.899,72

Non-commercial use only

Figura 21: Representação dos resultados, obtidos pelo software *PowerSim Studio 9*, para o primeiro cenário, contendo a combinação dos parâmetros considerados neste cenário, o custo fixo mensal, os custos variáveis (por veículo), o número de veículos e os custos totais anuais.

Tabela 3: Número de veículos necessários para atender determinada demanda mensal para cada cenário.

CVC 1		Cenários		
		12 viagens	15 viagens	18 viagens
Densidade	Baixa	21,88	17,50	14,59
	Média	17,84	14,27	11,89
	Alta	17,84	14,27	11,89
CVC 2				
Densidade	Baixa	20,40	16,32	13,60
	Média	16,30	13,07	10,89
	Alta	15,16	12,13	10,11
CVC 3				
Densidade	Baixa	15,04	12,03	10,03
	Média	13,38	10,70	8,92
	Alta	13,38	10,70	8,92

Através da análise da Tabela 3, pode-se observar que à medida que se aumenta a capacidade de carga por veículo, o número de viagens por veículo por mês e a densidade do material transportado, é necessário um menor número de veículos para atender uma determinada demanda. Tal resultado está em concordância com os autores Lacowicz et al. (2002) e Berger et al. (2003), que ao estudarem os custos de transportes rodoviário florestal, relacionaram o aumento da capacidade de carga do veículo com uma menor necessidade no número de veículos para atender uma determinada demanda.

- Custo de Transporte

Os resultados obtidos, referente ao custo de transporte total anual, para cada cenário criado pela DS, podem ser observados na Tabela 5.

A. Custo do transporte por número de viagens mensais

Através da análise da Figura 22, pode-se observar que à medida que se aumenta a o número de viagens por veículo por mês, obtém-se um menor custo no transporte de carvão vegetal para atender uma determinada demanda. Isso ocorre, pois ao aumentar o número de viagens por veículo por mês, tem-se um aumento na eficiência operacional deste veículo, o que contribui na diminuição dos custos fixos relacionados a este. Lopes et al. (2016) obtiveram resultados semelhantes ao avaliarem a técnica e os custos do transporte rodoviário

florestal, onde relacionaram perdas em eficiência operacional com o aumento do número de veículos e consequentemente elevação dos custos de transporte.

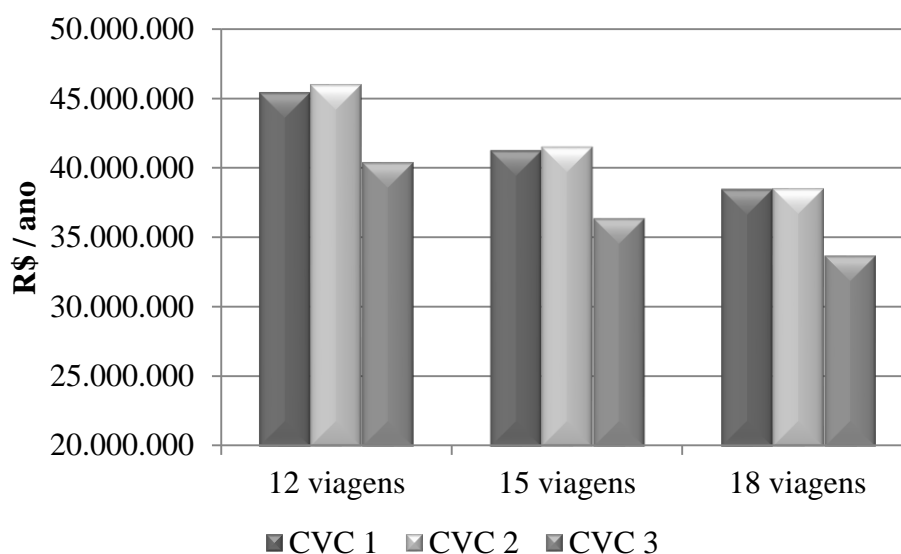


Figura 22: Custo de transporte de carvão vegetal em relação ao número de viagens realizadas por cada veículo mensalmente.

B. Custo do transporte por densidade

Considerando que a empresa opera com os três tipos de combinação de veículos, pode-se isolar esta variável, obtendo assim uma média dos valores de custo de transporte em função das variáveis densidade e número de viagens. Consequentemente, pode-se concluir através da análise da Tabela 4, que o custo do transporte se comporta de maneira inversamente proporcional à densidade, ou seja, este valor diminui à medida que se aumenta a densidade do material transportado.

Tabela 4: Média do custo total anual correlacionando os parâmetros densidade x número de viagens.

Densidade	Cenários		
	12 viagens	15 viagens	18 viagens
Baixa	49.927.120,72	45.145.666,82	41.958.030,88
Média	41.522.499,73	37.542.639,88	34.889.399,97
Alta	40.482.410,52	36.603.783,09	34.018.031,44

C. Custo do transporte por CVC

Através da análise da Tabela 5, pode-se observar que à medida que se aumenta a capacidade de carga por veículo, o número de viagens por veículo por mês e a densidade do material transportado, obtém-se um menor custo no transporte de carvão vegetal para atender uma determinada demanda.

Tabela 5: Custo total anual do transporte de carvão vegetal para cada cenário.

CVC 1		Cenários		
		12 viagens	15 viagens	18 viagens
Densidade	Baixa	51.801.729,45	47.075.899,72	43.925.346,57
	Média	42.233.645,30	38.380.704,13	35.812.076,68
	Alta	42.233.645,30	38.380.704,13	35.812.076,68
CVC 2				
Densidade	Baixa	54.315.155,80	49.028.634,41	45.504.286,82
	Média	43.498.154,43	39.264.457,22	36.441.992,41
	Alta	40.377.886,82	36.447.886,86	33.827.886,82
CVC 3				
Densidade	Baixa	43.664.476,90	39.332.466,32	36.444.459,26
	Média	38.835.699,45	34.982.758,28	32.414.130,83
	Alta	38.835.699,45	34.982.758,28	32.414.130,83

Ao se analisar tanto a Figura 15, como a Tabela 5, pode-se observar que a CVC 2 apresentou maior custo de transporte de carvão vegetal para as densidades baixa e média em comparação com as outras CVCs. Este comportamento ocorre, pois há uma limitação da quantidade de carga transportada pelo volume da caçamba (espaço físico) não atingindo assim o PBTC desta combinação, sendo, portanto subutilizada. E como a CVC 2 apresenta um custo de aquisição maior que a CVC 1, o custo final do transporte também foi maior, assim, a CVC 2 se mostrou ineficiente para o transporte de materiais de baixa e média densidade, não sendo recomendada para tal.

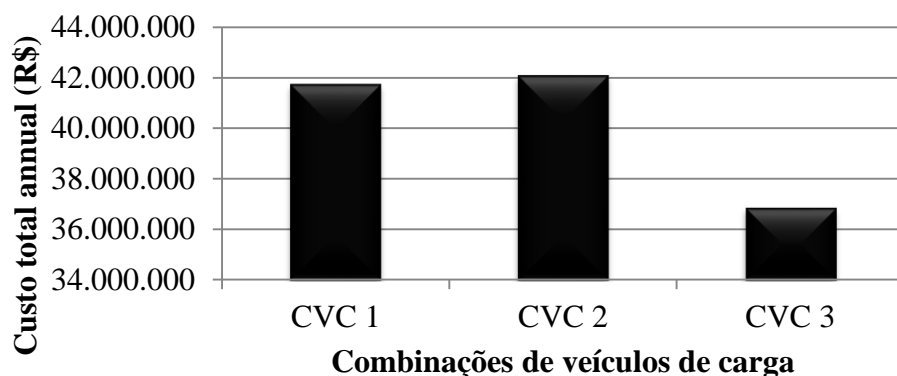


Figura 23: Custo total anual do transporte de carvão vegetal para cada CVC.

Ao se observar a Figura 23, nota-se quantitativamente como a CVC 3 apresentou menor custo de transporte, que se deve a sua maior potência e maior capacidade de transporte de carga útil. Assim, ao analisar a Tabela 5, fica evidente que o melhor cenário para se operar será aquele que disponibilizará o carvão vegetal com a maior densidade, juntamente com o veículo com maior capacidade de carga e realizando o maior número de viagens: 27º cenário.

6. CONCLUSÕES

- Ao optar por transportar apenas carvão vegetal de alta densidade, a empresa pode obter um ganho de 33.588 toneladas por ano e também pode gerar uma economia de R\$50.976.000,00 em relação ao custo de combustível, quando comparado ao transporte de carvão vegetal de baixa densidade;
- Ao optar por trabalhar com um veículo com maior capacidade de carga, a empresa pode realizar uma economia de R\$55,33/t/viagem, o que proporcionaria uma economia de R\$7.054.425,84 ao ano, quando comparado ao transporte de carvão vegetal utilizando um veículo com menor capacidade de carga útil;
- Para atender uma mesma demanda, houve uma redução de 13 veículos quando se compara o 1º cenário com o 27º cenário;
- A CVC 3 (Biminhão) apresentou o menor custo de frete, sendo portanto a mais indicada para o transporte de carvão vegetal, nas condições analisadas.
- Através da criação de um modelo de simulação estocástico pode-se constatar a eficiência da Dinâmica de Sistemas na modelagem e simulação dos custos de transporte do carvão vegetal. Assim, pôde-se analisar 27 condições hipotéticas para identificar qual a melhor oportunidade sem a necessidade de investimentos, sendo que, o 27º cenário foi o que mais se destacou.

7. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. (disponível em <http://www.antt.gov.br/>, acessado em 02/05/2017).

_____. Resolução nº. 01. *Aprova o Regimento Interno e a Estrutura Organizacional da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Diário Oficial da União, 20 março 2002.*

_____. Resolução nº. 437. *Institui o Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga - RNTRC. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Diário Oficial da União, 16 março 2004.*

_____. Resolução nº. 3.056. *Dispõe sobre o exercício da atividade de transporte rodoviário de cargas por conta de terceiros e mediante remuneração, estabelece procedimentos para inscrição e manutenção no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas - RNTRC e dá outras providências. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Diário Oficial da União, 13 março 2009.*

_____. Resolução nº. 4.810. *Estabelece metodologia e publica parâmetros de referência para cálculo dos custos de frete do serviço de transporte rodoviário remunerado de cargas por conta de terceiros.*

ALVES, R. T.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. N.; LOPES, E. S.; CARMO, F. C. A. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 897-904, Viçosa, 2013.

ANTONANGELO, A.; BACHA, C. J. C. As Fases da Silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 1, p. 207-238, Rio de Janeiro, 1998.

ARAÚJO, F. Análise dos padrões de veículos na logística urbana de cargas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

Associação Mineira de Silvicultura – AMS (disponível em <http://silviminas.com.br/>, acessado em 27/05/2017).

_____. JUNIOR, M. S. Tecnologia florestal para o carvão, 2013.

_____. TEIXEIRA, J. H. Contêiner... Eficiência no Transporte de Carvão Vegetal, 2010.

AZEVEDO, R. C.; ENSSLIN, L.; LACERDA, R. T. O.; FRANÇA, L. A., GONZÁLEZ, C. J. I.; JUNGLES, A. E.; ENSSLIN, S. R. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 85-104, 2011.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: transportes, Administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Porto Alegre, 2006.

BARAT, J. Planejamento das infraestruturas de logística e transporte. **Radar**: produção, tecnologia e comércio exterior. Brasília: IPEA Diretoria de Estudos Setoriais, 2009.

BARBOSA, D. H.; MUSETTI, M. A.; KURUMOTO, J. S. Sistema de medição de desempenho e a definição de indicadores de desempenho para a área de logística.: **XIII SIMPEP**, Bauru, 2006.

BERGER, R.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R.; CARNIERI, C.; LACOWICZ, P. G.; SAWINSKI JUNIOR, J.; BRASIL, A. A. Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. **Floresta**, v. 33, n 1, p. 53-62, Curitiba, 2003.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimentos**. Ed. Atlas. São Paulo. 2001.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. D. S.; SILVA, J. R. M. D. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. Revista *Árvore*, v. 31, n. 3, p. 391-398, Viçosa, 2007.

Brasil (1997) Lei nº. 9.503. *Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União, 23 setembro 1997.*

Brasil (2001) Lei nº. 10.233. *Dispõe sobre a Reestruturação dos Transportes Aquaviário e Terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e dá Outras Providências. Diário Oficial da União, 06 junho 2001.*

Brasil (2007) Lei nº. 11.442. *Dispõe sobre o Transporte Rodoviário de Cargas por Conta de Terceiros e Mediante Remuneração e Revoga a Lei nº. 6.813, de 10 de julho de 1980. Diário Oficial da União, 08 agosto 2007.*

CARVALHO, L. S. D. Modelagem e Simulação: Poderosa Ferramenta para a Otimização de Operações Logísticas. Salvador. 2003.

CIBULSKA, P. C. M. V.; TEDESCO, G. I. M. I.; VILLELA, T. M. A.; GRANEMANN, S. R. Considerações sobre as mudanças no registro dos transportadores rodoviários remunerados de carga no Brasil. **TRANSPORTES**, v. 20, n. 1, p. 80–85, 2012.

COELHO, P. D. Análise comparativa da idade de corte de plantações florestais com base em unidades volumétricas e gravimétricas. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

Confederação Nacional do Transporte – CNT. Boletim Estatístico, fev., 2017.

Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN

_____. Resolução nº 211. *Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga – CVC, a que se referem os arts. 97, 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro-CTB. Diário Oficial da União, 13 novembro 2006.*

_____. Resolução nº 210. *Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitam por vias terrestres e dá outras providências. Diário Oficial da União, 13 novembro 2006.*

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para redução de custos e melhoria de serviços.** p. 240, São Paulo, 1997.

DI SERIO, L. C.; SAMPAIO, M.; PEREIRA, S. C. F. A evolução dos conceitos de logística: um estudo na cadeia automobilística no Brasil. **Revista de Administração e Inovação - RAI**, v. 4, n. 1, p. 125-141, São Paulo, 2007.

FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de custos logísticos.** São Paulo: Atlas, 2005.

FERNANDES, A. **Dinâmica de sistemas e business dynamics: tratando a complexidade no ambiente de negócios.** 2001

FIGUEIREDO, R. S.; SAITO, J. R.; ZAMBOM, A. C. A introdução da simulação como ferramenta de ensino e aprendizagem. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep**, Salvador, 2001.

FLEURY, P. F. Gestão estratégica do transporte. **COPPEAD - Universidade Federal do Rio de Janeiro**, v. 1, 2002.

FLEURY, P. F. Gestão estratégica do transporte. **Revista da Madeira – REMADE**, n. 81, 2004.

FREITAS, S. M M de. **Logística de transporte internacional: um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2004.

GIACOBO, F.; CERETTA, P. S. Planejamento Logístico: uma ferramenta para o aprimoramento do nível de serviço. VI SEMEAD. 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas.** São Paulo: Atlas, 1996.

GOH. Y. M.; LOVE, P. E. D. Methodolical application of system dynamics for evaluating traffic safety policy. *Safety Science*, 50, 1594-1605, 2012.

GOMES, R. A. Transporte rodoviário de carga e desenvolvimento econômico no Brasil: uma análise descritiva. Dissertação (Mestrado Transportes) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

GOMES, R. R. M. Uso de dinâmica de sistemas para simulação de remoções de gases do efeito estufa em floresta de eucalipto. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2014.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, C. M. Caracterização Tecnológica, para Produção de Celulose, da Nova Geração de Clones de Eucalyptus do Brasil. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.129-137. Viçosa, 2005.

Guia do transportador – GT (disponível em <http://www.guiadotrc.com.br/>, acessado em 02/05/2017).

GUNAL, M. M. **A guide for building hospital simulation models**. Health Systems, x, 1–9, 2012.

Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. Relatório Anual, 2016.

ISBAEX, C. Influência da densidade do carvão vegetal na produção de Silício Metálico. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

KNOP, I. O. Infraestrutura para simulação de processos de software baseada em meta modelos de dinâmica de sistemas. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

KUMAR, S.; NIGMATULLIN, A. **A system dynamics analysis of food supply chains –Case study with non-perishable products**. Simulation Modelling Practice and Theory, 19, 2151–2168, 2011.

LACOWICZ, A. G.; BERGER, R.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R.; SILVA, J. C. G. L. Minimização dos custos de transportes rodoviários florestal com o uso da programação linear e otimização do processo. **Floresta**, v. 32, n 1, p. 75-87, Curitiba, 2002.

LAZZARINI, S.G. Estudos de caso para fins de pesquisa: aplicabilidade e limitações do método. **Estudos de Caso em Agrobusiness**. São Paulo: Pioneira/PENSA, p. 9-23, 1997.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 448 p. São Paulo, 2000.

LOPES, E. S.; VIEIRA, T. P.; RODRIGUES, C. K. Avaliação técnica e de custos do transporte rodoviário com diferentes espécies e sortimentos de madeira. **Floresta**, v. 46, n. 3, p. 297-306, Curitiba, 2016.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. B.; MACHADO, R. R. **Transporte rodoviário florestal**. Viçosa, 2011.

MACHADO, C. C. **Colheita florestal: Terceirização**, p. 478–498, Viçosa, 2014.

MACHADO, R. R. Avaliação do desempenho logístico do transporte rodoviário de madeira utilizando Rede de Petri. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MARCOS, A. R. A. Modelo em dinâmica de sistemas para gestão da capacidade de aeroportos brasileiros. Natal, 2013.

MICHELAZZO, M. B.; BRAUNBECK, O. A. Análise de seis sistemas de recolhimento do palhico na colheita mecânica da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 5, p. 546–552, Campina Grande, 2008.

MEDEIROS JÚNIOR, J. V.; AÑEZ, M. E. M.; VASCONCELOS, I. F. G.; OLIVEIRA, F. P. S. Visão baseada em recursos dinâmicos: estudo das contribuições da área de Dinâmica de Sistemas (DS) para a Teoria da Visão Baseada em Recursos (VBR). **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v. 8, n. 1, São Paulo, 2009.

MOBUS, S.; MAÇADA, A. C. G. Verticalização e terceirização das atividades logísticas: estudo de casos múltiplos no setor químico. Rio de Janeiro, 2013.

MORAIS FILHO, A. D.; SEIXAS, F. Análise técnica e econômica de prestadores de serviços na colheita florestal. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 1, p. 99-108, Santa Maria, 2009.

MORAIS, G. A. Colheita e transporte de madeira: terceirização x verticalização das operações. São Carlos, 2012.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 319-330, Colombo, 2011.

OLIVEIRA, R. C.. Avaliação do desempenho logístico. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 8, n. 1, 2002.

OLIVEIRA, R. J.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. D.; LEITE, H. G. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “clambunk skidder”. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 267-275, Viçosa, 2006.

PAULA JUNIOR, G. G.; PEREIRA, A. R. Dimensionamento de uma Frota de Caminhões para Transporte de Carvão Vegetal por meio da Programação Linear. **IPEF**, n.21, p.85-95, 1980.

POWERSIM Co. **Introduction to system dynamics**. Reston: Powersim Press, p. 44, 1996.

RICHE, G. A.; ALTO, R. M. As organizações que aprendem, segundo peter senge: “a quinta disciplina”. **Cadernos Discentes Coppead**, n. 9, p. 36-55, Rio de Janeiro, 2001

RICHARDSON, G.P. System dynamics: simulation for policy analysis from a feedback perspective. In: _____. **Modeling for management I: qualitative simulation modeling and analysis**. New York: Springer Verlag, p.144-169, 1991.

ROCHA, M. F. V. Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucaliptus grandis* x *Eucaliptus camaldulensis* para energia. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; FOLEGATTI, M. V.; ORELLANA-GONZÁLEZ, A. M. G. Situação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá utilizando modelo desenvolvido em dinâmica de sistemas. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 578-590, 2009.

SANDOVAL, D. M. G. L. Análise das implicações logísticas, contábeis e financeiras da escolha do serviço de transporte. Brasília, 2014.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO P. F. ; MENDES, L. M. ; CARVALHO, A. M. M. L. Análise Termogravimétrica em Clones de Eucalipto como Subsídio para a Produção de Carvão Vegetal. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 143-151. Lavras, 2012.

SENGE, M. P. **The fifth discipline**. New York, 1990.

SENGE, M. P., **A Quinta Disciplina: Arte e prática da organização que aprende**. Rio de Janeiro, 2010.

SCHERER, W.G.S. **Levantamento dos níveis de produção de aço e ferro-gusa, cenário em 2020 – Enfase: uso da energia gerada na combustão dos gases da carbonização**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 33 p. 2014.

SOARES, N. S.; SOUSA, E. P.; SILVA ,M. L.; VALVERDE, S. R. Importância do Setor Florestal para a Economia Brasileira. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.1129-1138. Viçosa, 2010.

SOUZA, D. F.; MARKOSKI, A. A competitividade logística do brasil: um estudo com base na infraestrutura existente. **Revista de Administração**, v. 10, n. 17, p. 135-144, 2012.

STERMAN, J. D. **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. 2000.

TEDESCO, G. M. I.; VILLELA, T. M. A.; GRANEMANN, S. R.; FORTES, J. A. A. S. Mercado de Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil. **Revista ANTT**, v.3, n. 2. Brasília, 2011.

VILLELA, P. R. C. Dinâmica de Sistemas (System Dynamics). Juiz de Fora, 2002.

WIAZOWSKI, B. A.; SILVA, C. A. B.; LOURENZANI, W. L. O uso de sistemas dinâmicos como ferramenta de aprendizagem. **Economia Rural**, v. 3, n. 10, 1999.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2009.

8. ANEXOS

8.1. Anexo I: Planilha de Simulação de Custos de Frete para o Transporte Rodoviário de Cargas, disponibilizada pela ANTT

Custo fixo mensal		
Descrição	Unidade	Valor
Quanto custa o veículo automotor de cargas novo?	R\$	
Qual o preço de revenda do veículo automotor de cargas?	R\$	
Quantos anos possui o veículo, considerando a data atual e o ano de fabricação?	Anos	
Valor da depreciação mensal do veículo		R\$
Quanto custa o implemento novo?	R\$	
Qual é o preço de revenda do implemento?	R\$	
Quantos anos possui o implemento, considerando a data atual e o ano de fabricação?	Anos	
Valor da depreciação do implemento		R\$
Qual foi o rendimento da poupança no último mês	%	
Valor médio do veículo e implemento		R\$
Remuneração mensal do capital		R\$
Qual é o percentual de encargos sociais pagos sobre o salário do motorista?	%	
Qual é o valor do salário pago ao motorista	R\$	
Quantos motoristas são empregados por veículo?	Número	
Custo mensal de mão-de-obra		R\$
IPVA	R\$	
DPVAT	R\$	
Licenciamento	R\$	
Taxa de vistoria tacógrafo	R\$	
Custo mensal com tributos sobre veículo		R\$
Qual é o valor do contrato anual de seguro do veículo automotor de carga?	R\$	
Custo mensal com seguro do veículo		R\$
Qual é o valor do contrato anual de seguro do implemento?	R\$	
Custo mensal com seguro do implemento		R\$
Custo fixo mensal		R\$

Custo variável por Km		
Descrição	Unidade	Valor
Qual é a proporção de gasto com manutenção em relação ao preço do veículo?	%	
Qual é a média mensal de quilômetros percorridos pelo veículo?	Km	
Custo de manutenção por Km		R\$ -
Qual é o preço médio do diesel, considerando os locais que geralmente abastece o veículo?	R\$/Litro	
Qual é o rendimento médio de combustível no seu veículo?	Km/Litro	
Custo com combustível por Km		R\$
Qual é o preço do litro do aditivo ARLA 32	R\$/Litro	
Qual é o rendimento médio do ARLA 32 no seu veículo?	Km/Litro	
Custo do ARLA 32 por Km		R\$
Quanto custa o litro do lubrificante usado no motor?	R\$/Litro	
Qual é a capacidade de óleo do carter do veículo?	Litros	
Com quantos quilômetros ocorre a troca do óleo de motor?	Km	
Quantos litros de lubrificantes é repostos a cada 1000 km?	Litros	
Custo com lubrificantes por Km		R\$
Quanto custa a lavagem completa do veículo?	R\$	
Qual é a distância percorrida entre as lavagens do veículo?	Km	
Custo com lavagem por Km		R\$
Quanto custa um pneu novo para o seu veículo?	R\$	
Quanto custa uma câmara nova? (se houver)	R\$	
Quanto custa um protetor novo? (se houver)	R\$	
Quanto custa a recauchutagem ou recapagem do pneu?	R\$	
Quantas vezes o pneu é recauchutado ou recapado até ser descartado?	Número	
Quantos pneus são utilizados no veículo trator e no implemento?	Número	
Quantos quilômetros dura, em média, o pneu utilizado?	Km	
Custo com pneus e recauchutagens por Km		R\$
Custo variável por Km		R\$
Operação de Transporte		
Descrição	Unidade	Valor
Na média, quantas horas o(s) motorista(s) trabalha(m) por mês?	Horas	
Na média, quantas horas se leva para carga e descarga nas operações?	Horas	
Na média, qual é a velocidade do veículo nas operações de transporte?	Km/Hora	
Qual é a capacidade de carga do veículo?	Toneladas	
Qual é a distância percorrida na operação de transporte, considerando a saída do embarcador até a chegada no destinatário?	Km	
Simulação - Custo Total		
Descrição	Unidade	Valor
Custo por tonelada		R\$
Custo por Km		R\$
Custo por viagem		R\$

8.2. Anexo II: Cenários

1º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

(Non-commercial use only)

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,22	6,22
Custo variável por km - Região 2	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 3	6,38	6,38
Custo variável por km - Região 4	6,28	6,28
Custo variável por km - Região 5	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 6	6,23	6,23
Qtde de veículos por região	17,50	17,50

(Non-commercial use only)

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	649.456,24	649.456,24
Custo total mensal - Região 2	674.660,25	674.660,25
Custo total mensal - Região 3	632.653,57	632.653,57
Custo total mensal - Região 4	643.155,24	643.155,24
Custo total mensal - Região 5	674.660,25	674.660,25
Custo total mensal - Região 6	648.406,08	648.406,08

(Non-commercial use only)

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	649.456,24	674.660,25	632.653,57	643.155,24	674.660,25	648.406,08	3.922.991,64
2	1.298.912,49	1.349.320,51	1.265.307,15	1.286.310,49	1.349.320,51	1.296.812,16	7.845.983,29
3	1.948.368,73	2.023.980,76	1.897.960,72	1.929.465,73	2.023.980,76	1.945.218,23	11.768.974,93
4	2.597.824,98	2.698.641,01	2.530.614,29	2.572.620,97	2.698.641,01	2.593.624,31	15.691.966,57
5	3.247.281,22	3.373.301,26	3.163.267,86	3.215.776,21	3.373.301,26	3.242.030,39	19.614.958,22
6	3.896.737,47	4.047.961,52	3.795.921,44	3.858.931,46	4.047.961,52	3.890.436,47	23.537.949,86
7	4.546.193,71	4.722.621,77	4.428.575,01	4.502.086,70	4.722.621,77	4.538.842,54	27.460.941,50
8	5.195.649,96	5.397.282,02	5.061.228,58	5.145.241,94	5.397.282,02	5.187.248,62	31.383.933,15
9	5.845.106,20	6.071.942,27	5.693.882,16	5.788.397,19	6.071.942,27	5.835.654,70	35.306.924,79
10	6.494.562,45	6.746.602,53	6.326.535,73	6.431.552,43	6.746.602,53	6.484.060,78	39.229.916,44
11	7.144.018,69	7.421.262,78	6.959.189,30	7.074.707,67	7.421.262,78	7.132.466,86	43.152.908,08
12	7.793.474,94	8.095.923,03	7.591.842,87	7.717.862,91	8.095.923,03	7.780.872,93	47.075.899,72

(Non-commercial use only)

2º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,99	6,99
Custo variável por km - Região 2	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 3	7,18	7,18
Custo variável por km - Região 4	7,06	7,06
Custo variável por km - Região 5	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 6	7,00	7,00
Qtde de veículos por região	21,88	21,88

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	715.092,77	715.092,77
Custo total mensal - Região 2	740.296,78	740.296,78
Custo total mensal - Região 3	698.290,10	698.290,10
Custo total mensal - Região 4	708.791,77	708.791,77
Custo total mensal - Região 5	740.296,78	740.296,78
Custo total mensal - Região 6	714.042,60	714.042,60

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	715.092,77	740.296,78	698.290,10	708.791,77	740.296,78	714.042,60	4.316.810,79
2	1.430.185,54	1.480.593,55	1.396.580,19	1.417.583,53	1.480.593,55	1.428.085,20	8.633.621,57
3	2.145.278,31	2.220.890,33	2.094.870,29	2.126.375,30	2.220.890,33	2.142.127,81	12.950.432,36
4	2.860.371,07	2.961.187,11	2.793.160,39	2.835.167,07	2.961.187,11	2.856.170,41	17.267.243,15
5	3.575.463,84	3.701.483,88	3.491.450,48	3.543.958,83	3.701.483,88	3.570.213,01	21.584.053,94
6	4.290.556,61	4.441.780,66	4.189.740,58	4.252.750,60	4.441.780,66	4.284.255,61	25.900.864,72
7	5.005.649,38	5.182.077,44	4.888.030,68	4.961.542,37	5.182.077,44	4.998.298,21	30.217.675,51
8	5.720.742,15	5.922.374,21	5.586.320,77	5.670.334,13	5.922.374,21	5.712.340,81	34.534.486,30
9	6.435.834,92	6.662.670,99	6.284.610,87	6.379.125,90	6.662.670,99	6.426.383,42	38.851.297,09
10	7.150.927,69	7.402.967,77	6.982.900,97	7.087.917,67	7.402.967,77	7.140.426,02	43.168.107,87
11	7.866.020,46	8.143.264,54	7.681.191,07	7.796.709,43	8.143.264,54	7.854.468,62	47.484.918,66
12	8.581.113,22	8.883.561,32	8.379.481,16	8.505.501,20	8.883.561,32	8.568.511,22	51.801.729,45

Non-commercial use only

3º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	5,71	5,71
Custo variável por km - Região 2	5,53	5,53
Custo variável por km - Região 3	5,84	5,84
Custo variável por km - Região 4	5,76	5,76
Custo variável por km - Região 5	5,53	5,53
Custo variável por km - Região 6	5,72	5,72
Qtde de veículos por região	14,59	14,59

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	605.698,56	605.698,56
Custo total mensal - Região 2	630.902,57	630.902,57
Custo total mensal - Região 3	588.895,89	588.895,89
Custo total mensal - Região 4	599.397,56	599.397,56
Custo total mensal - Região 5	630.902,57	630.902,57
Custo total mensal - Região 6	604.648,40	604.648,40

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	605.698,56	630.902,57	588.895,89	599.397,56	630.902,57	604.648,40	3.660.445,55
2	1.211.397,12	1.261.805,14	1.177.791,78	1.198.795,12	1.261.805,14	1.209.296,79	7.320.891,10
3	1.817.095,69	1.892.707,71	1.766.687,67	1.798.192,68	1.892.707,71	1.813.945,19	10.981.336,64
4	2.422.794,25	2.523.610,28	2.355.583,56	2.397.590,24	2.523.610,28	2.418.593,58	14.641.782,19
5	3.028.492,81	3.154.512,85	2.944.479,45	2.996.987,80	3.154.512,85	3.023.241,98	18.302.227,74
6	3.634.191,37	3.785.415,42	3.533.375,34	3.596.385,36	3.785.415,42	3.627.890,37	21.962.673,29
7	4.239.889,93	4.416.317,99	4.122.271,23	4.195.782,92	4.416.317,99	4.232.538,77	25.623.118,83
8	4.845.588,50	5.047.220,56	4.711.167,12	4.795.180,48	5.047.220,56	4.837.187,16	29.283.564,38
9	5.451.287,06	5.678.123,13	5.300.063,01	5.394.578,04	5.678.123,13	5.441.835,56	32.944.009,93
10	6.056.985,62	6.309.025,70	5.888.958,90	5.993.975,60	6.309.025,70	6.046.483,95	36.604.455,48
11	6.662.684,18	6.939.928,27	6.477.854,79	6.593.373,16	6.939.928,27	6.651.132,35	40.264.901,02
12	7.268.382,75	7.570.830,84	7.066.750,68	7.192.770,72	7.570.830,84	7.255.780,74	43.925.346,57

4º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,22	6,22
Custo variável por km - Região 2	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 3	6,38	6,38
Custo variável por km - Região 4	6,28	6,28
Custo variável por km - Região 5	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 6	6,23	6,23
Qtde de veículos por região	14,27	14,27

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	529.497,86	529.497,86
Custo total mensal - Região 2	550.046,54	550.046,54
Custo total mensal - Região 3	515.798,74	515.798,74
Custo total mensal - Região 4	524.360,69	524.360,69
Custo total mensal - Região 5	550.046,54	550.046,54
Custo total mensal - Região 6	528.641,66	528.641,66

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	529.497,86	550.046,54	515.798,74	524.360,69	550.046,54	528.641,66	3.198.392,01
2	1.058.995,71	1.100.093,07	1.031.597,47	1.048.721,37	1.100.093,07	1.057.283,32	6.396.784,02
3	1.588.493,57	1.650.139,61	1.547.396,21	1.573.082,06	1.650.139,61	1.585.924,98	9.595.176,03
4	2.117.991,42	2.200.186,14	2.063.194,95	2.097.442,74	2.200.186,14	2.114.566,64	12.793.568,04
5	2.647.489,28	2.750.232,68	2.578.993,68	2.621.803,43	2.750.232,68	2.643.208,31	15.991.960,05
6	3.176.987,14	3.300.279,21	3.094.792,42	3.146.164,12	3.300.279,21	3.171.849,97	19.190.352,06
7	3.706.484,99	3.850.325,75	3.610.591,16	3.670.524,80	3.850.325,75	3.700.491,63	22.388.744,07
8	4.235.982,85	4.400.372,28	4.126.389,89	4.194.885,49	4.400.372,28	4.229.133,29	25.587.136,08
9	4.765.480,70	4.950.418,82	4.642.188,63	4.719.246,18	4.950.418,82	4.757.774,95	28.785.528,09
10	5.294.978,56	5.500.465,35	5.157.987,36	5.243.606,86	5.500.465,35	5.286.416,61	31.983.920,11
11	5.824.476,42	6.050.511,89	5.673.786,10	5.767.967,55	6.050.511,89	5.815.058,27	35.182.312,12
12	6.353.974,27	6.600.558,42	6.189.584,84	6.292.328,23	6.600.558,42	6.343.699,93	38.380.704,13

Non-commercial use only

5º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,99	6,99
Custo variável por km - Região 2	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 3	7,18	7,18
Custo variável por km - Região 4	7,06	7,06
Custo variável por km - Região 5	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 6	7,00	7,00
Qtde de veículos por região	17,84	17,84

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	583.010,93	583.010,93
Custo total mensal - Região 2	603.559,61	603.559,61
Custo total mensal - Região 3	569.311,81	569.311,81
Custo total mensal - Região 4	577.873,76	577.873,76
Custo total mensal - Região 5	603.559,61	603.559,61
Custo total mensal - Região 6	582.154,73	582.154,73

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	583.010,93	603.559,61	569.311,81	577.873,76	603.559,61	582.154,73	3.519.470,44
2	1.166.021,86	1.207.119,21	1.138.623,62	1.155.747,52	1.207.119,21	1.164.309,47	7.038.940,88
3	1.749.032,78	1.810.678,82	1.707.935,43	1.733.621,27	1.810.678,82	1.746.464,20	10.558.411,33
4	2.332.043,71	2.414.238,43	2.277.247,23	2.311.495,03	2.414.238,43	2.328.618,93	14.077.881,77
5	2.915.054,64	3.017.798,04	2.846.559,04	2.889.368,79	3.017.798,04	2.910.773,66	17.597.352,21
6	3.498.065,57	3.621.357,64	3.415.870,85	3.467.242,55	3.621.357,64	3.492.928,40	21.116.822,65
7	4.081.076,50	4.224.917,25	3.985.182,66	4.045.116,31	4.224.917,25	4.075.083,13	24.636.293,09
8	4.664.087,42	4.828.476,86	4.554.494,47	4.622.990,06	4.828.476,86	4.657.237,86	28.155.763,54
9	5.247.098,35	5.432.036,47	5.123.806,28	5.200.863,82	5.432.036,47	5.239.392,60	31.675.233,98
10	5.830.109,28	6.035.596,07	5.693.118,08	5.778.737,58	6.035.596,07	5.821.547,33	35.194.704,42
11	6.413.120,21	6.639.155,68	6.262.429,89	6.356.611,34	6.639.155,68	6.403.702,06	38.714.174,86
12	6.996.131,14	7.242.715,29	6.831.741,70	6.934.485,10	7.242.715,29	6.985.856,80	42.233.645,30

Non-commercial use only

6º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	5,71	5,71
Custo variável por km - Região 2	5,53	5,53
Custo variável por km - Região 3	5,84	5,84
Custo variável por km - Região 4	5,76	5,76
Custo variável por km - Região 5	5,53	5,53
Custo variável por km - Região 6	5,72	5,72
Qtde de veículos por região	11,89	11,89

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	493.822,47	493.822,47
Custo total mensal - Região 2	514.371,15	514.371,15
Custo total mensal - Região 3	480.123,36	480.123,36
Custo total mensal - Região 4	488.685,30	488.685,30
Custo total mensal - Região 5	514.371,15	514.371,15
Custo total mensal - Região 6	492.966,28	492.966,28

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	493.822,47	514.371,15	480.123,36	488.685,30	514.371,15	492.966,28	2.984.339,72
2	987.644,95	1.028.742,31	960.246,71	977.370,61	1.028.742,31	985.932,56	5.968.679,45
3	1.481.467,42	1.543.113,46	1.440.370,07	1.466.055,91	1.543.113,46	1.478.898,84	8.953.019,17
4	1.975.289,90	2.057.484,62	1.920.493,42	1.954.741,22	2.057.484,62	1.971.865,12	11.937.358,89
5	2.469.112,37	2.571.855,77	2.400.616,78	2.443.426,52	2.571.855,77	2.464.831,40	14.921.698,61
6	2.962.934,85	3.086.226,92	2.880.740,13	2.932.111,83	3.086.226,92	2.957.797,68	17.906.038,34
7	3.456.757,32	3.600.598,08	3.360.863,49	3.420.797,13	3.600.598,08	3.450.763,96	20.890.378,06
8	3.950.579,80	4.114.969,23	3.840.986,84	3.909.482,44	4.114.969,23	3.943.730,24	23.874.717,78
9	4.444.402,27	4.629.340,39	4.321.110,20	4.398.167,74	4.629.340,39	4.436.696,52	26.859.057,51
10	4.938.224,75	5.143.711,54	4.801.233,55	4.886.853,05	5.143.711,54	4.929.662,80	29.843.397,23
11	5.432.047,22	5.658.082,70	5.281.356,91	5.375.538,35	5.658.082,70	5.422.629,08	32.827.736,95
12	5.925.869,70	6.172.453,85	5.761.480,26	5.864.223,66	6.172.453,85	5.915.595,36	35.812.076,68

Non-commercial use only

7º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,22	6,22
Custo variável por km - Região 2	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 3	6,38	6,38
Custo variável por km - Região 4	6,28	6,28
Custo variável por km - Região 5	6,01	6,01
Custo variável por km - Região 6	6,23	6,23
Qtde de veículos por região	14,27	14,27

[Non-commercial use only]

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	529.497,86	529.497,86
Custo total mensal - Região 2	550.046,54	550.046,54
Custo total mensal - Região 3	515.798,74	515.798,74
Custo total mensal - Região 4	524.360,69	524.360,69
Custo total mensal - Região 5	550.046,54	550.046,54
Custo total mensal - Região 6	528.641,66	528.641,66

[Non-commercial use only]

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	529.497,86	550.046,54	515.798,74	524.360,69	550.046,54	528.641,66	3.198.392,01
2	1.058.995,71	1.100.093,07	1.031.597,47	1.048.721,37	1.100.093,07	1.057.283,32	6.396.784,02
3	1.588.493,57	1.650.139,61	1.547.396,21	1.573.082,06	1.650.139,61	1.585.924,98	9.595.176,03
4	2.117.991,42	2.200.186,14	2.063.194,95	2.097.442,74	2.200.186,14	2.114.566,64	12.793.568,04
5	2.647.489,28	2.750.232,68	2.578.993,68	2.621.803,43	2.750.232,68	2.643.208,31	15.991.960,05
6	3.176.987,14	3.300.279,21	3.094.792,42	3.146.164,12	3.300.279,21	3.171.849,97	19.190.352,06
7	3.706.484,99	3.850.325,75	3.610.591,16	3.670.524,80	3.850.325,75	3.700.491,63	22.388.744,07
8	4.235.982,85	4.400.372,28	4.126.389,89	4.194.885,49	4.400.372,28	4.229.133,29	25.587.136,08
9	4.765.480,70	4.950.418,82	4.642.188,63	4.719.246,18	4.950.418,82	4.757.774,95	28.785.528,09
10	5.294.978,56	5.500.465,35	5.157.987,36	5.243.606,86	5.500.465,35	5.286.416,61	31.983.920,11
11	5.824.476,42	6.050.511,89	5.673.786,10	5.767.967,55	6.050.511,89	5.815.058,27	35.182.312,12
12	6.353.974,27	6.600.558,42	6.189.584,84	6.292.328,23	6.600.558,42	6.343.699,93	38.380.704,13

[Non-commercial use only]

8º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	6,99	6,99
Custo variável por km - Região 2	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 3	7,18	7,18
Custo variável por km - Região 4	7,06	7,06
Custo variável por km - Região 5	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 6	7,00	7,00
Qtde de veículos por região	17,84	17,84

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	583.010,93	583.010,93
Custo total mensal - Região 2	603.559,61	603.559,61
Custo total mensal - Região 3	569.311,81	569.311,81
Custo total mensal - Região 4	577.873,76	577.873,76
Custo total mensal - Região 5	603.559,61	603.559,61
Custo total mensal - Região 6	582.154,73	582.154,73

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	583.010,93	603.559,61	569.311,81	577.873,76	603.559,61	582.154,73	3.519.470,44
2	1.166.021,86	1.207.119,21	1.138.623,62	1.155.747,52	1.207.119,21	1.164.309,47	7.038.940,88
3	1.749.032,78	1.810.678,82	1.707.935,43	1.733.621,27	1.810.678,82	1.746.464,20	10.558.411,33
4	2.332.043,71	2.414.238,43	2.277.247,23	2.311.495,03	2.414.238,43	2.328.618,93	14.077.881,77
5	2.915.054,64	3.017.798,04	2.846.559,04	2.889.368,79	3.017.798,04	2.910.773,66	17.597.352,21
6	3.498.065,57	3.621.357,64	3.415.870,85	3.467.242,55	3.621.357,64	3.492.928,40	21.116.822,65
7	4.081.076,50	4.224.917,25	3.985.182,66	4.045.116,31	4.224.917,25	4.075.083,13	24.636.293,09
8	4.664.087,42	4.828.476,86	4.554.494,47	4.622.990,06	4.828.476,86	4.657.237,86	28.155.763,54
9	5.247.098,35	5.432.036,47	5.123.806,28	5.200.863,82	5.432.036,47	5.239.392,60	31.675.233,98
10	5.830.109,28	6.035.596,07	5.693.118,08	5.778.737,58	6.035.596,07	5.821.547,33	35.194.704,42
11	6.413.120,21	6.639.155,68	6.262.429,89	6.356.611,34	6.639.155,68	6.403.702,06	38.714.174,86
12	6.996.131,14	7.242.715,29	6.831.741,70	6.934.485,10	7.242.715,29	6.985.856,80	42.233.645,30

Non-commercial use only

9º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	8.485,31	8.485,31
Custo variável por km - Região 1	5,71	5,71
Custo variável por km - Região 2	5,53	5,53
Custo variável por km - Região 3	5,84	5,84
Custo variável por km - Região 4	5,76	5,76
Custo variável por km - Região 5	5,53	5,53
Custo variável por km - Região 6	5,72	5,72
Qtde de veículos por região	11,89	11,89

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	493.822,47	493.822,47
Custo total mensal - Região 2	514.371,15	514.371,15
Custo total mensal - Região 3	480.123,36	480.123,36
Custo total mensal - Região 4	488.685,30	488.685,30
Custo total mensal - Região 5	514.371,15	514.371,15
Custo total mensal - Região 6	492.966,28	492.966,28

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	493.822,47	514.371,15	480.123,36	488.685,30	514.371,15	492.966,28	2.984.339,72
2	987.644,95	1.028.742,31	960.246,71	977.370,61	1.028.742,31	985.932,56	5.968.679,45
3	1.481.467,42	1.543.113,46	1.440.370,07	1.466.055,91	1.543.113,46	1.478.898,84	8.953.019,17
4	1.975.289,90	2.057.484,62	1.920.493,42	1.954.741,22	2.057.484,62	1.971.865,12	11.937.358,89
5	2.469.112,37	2.571.855,77	2.400.616,78	2.443.426,52	2.571.855,77	2.464.831,40	14.921.698,61
6	2.962.934,85	3.086.226,92	2.880.740,13	2.932.111,83	3.086.226,92	2.957.797,68	17.906.038,34
7	3.456.757,32	3.600.598,08	3.360.863,49	3.420.797,13	3.600.598,08	3.450.763,96	20.890.378,06
8	3.950.579,80	4.114.969,23	3.840.986,84	3.909.482,44	4.114.969,23	3.943.730,24	23.874.717,78
9	4.444.402,27	4.629.340,39	4.321.110,20	4.398.167,74	4.629.340,39	4.436.696,52	26.859.057,51
10	4.938.224,75	5.143.711,54	4.801.233,55	4.886.853,05	5.143.711,54	4.929.662,80	29.843.397,23
11	5.432.047,22	5.658.082,70	5.281.356,91	5.375.538,35	5.658.082,70	5.422.629,08	32.827.736,95
12	5.925.869,70	6.172.453,85	5.761.480,26	5.864.223,66	6.172.453,85	5.915.595,36	35.812.076,68

Non-commercial use only

10º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	6,98	6,98
Custo variável por km - Região 2	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 3	7,17	7,17
Custo variável por km - Região 4	7,04	7,04
Custo variável por km - Região 5	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 6	6,99	6,99
Qtde de veículos por região	16,32	16,32

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	676.642,43	676.642,43
Custo total mensal - Região 2	701.472,78	701.472,78
Custo total mensal - Região 3	660.088,87	660.088,87
Custo total mensal - Região 4	670.434,85	670.434,85
Custo total mensal - Região 5	701.472,78	701.472,78
Custo total mensal - Região 6	675.607,83	675.607,83

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	676.642,43	701.472,78	660.088,87	670.434,85	701.472,78	675.607,83	4.085.719,53
2	1.353.284,86	1.402.945,56	1.320.177,74	1.340.869,69	1.402.945,56	1.351.215,67	8.171.439,07
3	2.029.927,30	2.104.418,33	1.980.266,60	2.011.304,54	2.104.418,33	2.026.823,50	12.257.158,60
4	2.706.569,73	2.805.891,11	2.640.355,47	2.681.739,38	2.805.891,11	2.702.431,34	16.342.878,14
5	3.383.212,16	3.507.363,89	3.300.444,34	3.352.174,23	3.507.363,89	3.378.039,17	20.428.597,67
6	4.059.854,59	4.208.836,67	3.960.533,21	4.022.609,07	4.208.836,67	4.053.647,00	24.514.317,20
7	4.736.497,02	4.910.309,44	4.620.622,07	4.693.043,92	4.910.309,44	4.729.254,84	28.600.036,74
8	5.413.139,45	5.611.782,22	5.280.710,94	5.363.478,76	5.611.782,22	5.404.862,67	32.685.756,27
9	6.089.781,89	6.313.255,00	5.940.799,81	6.033.913,61	6.313.255,00	6.080.470,51	36.771.475,81
10	6.766.424,32	7.014.727,78	6.600.888,68	6.704.348,45	7.014.727,78	6.756.078,34	40.857.195,34
11	7.443.066,75	7.716.200,55	7.260.977,55	7.374.783,30	7.716.200,55	7.431.686,17	44.942.914,88
12	8.119.709,18	8.417.673,33	7.921.066,41	8.045.218,14	8.417.673,33	8.107.294,01	49.028.634,41

Non-commercial use only!

11º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

(Non-commercial use only)

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	7,90	7,90
Custo variável por km - Região 2	7,58	7,58
Custo variável por km - Região 3	8,13	8,13
Custo variável por km - Região 4	7,98	7,98
Custo variável por km - Região 5	7,58	7,58
Custo variável por km - Região 6	7,91	7,91
Qtde de veículos por região	20,40	20,40

(Non-commercial use only)

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	750.066,34	750.066,34
Custo total mensal - Região 2	774.896,69	774.896,69
Custo total mensal - Região 3	733.512,78	733.512,78
Custo total mensal - Região 4	743.858,75	743.858,75
Custo total mensal - Região 5	774.896,69	774.896,69
Custo total mensal - Região 6	749.031,74	749.031,74

(Non-commercial use only)

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	750.066,34	774.896,69	733.512,78	743.858,75	774.896,69	749.031,74	4.526.262,98
2	1.500.132,68	1.549.793,37	1.467.025,55	1.487.717,51	1.549.793,37	1.498.063,48	9.052.525,97
3	2.250.199,02	2.324.690,06	2.200.538,33	2.231.576,26	2.324.690,06	2.247.095,23	13.578.788,95
4	3.000.265,36	3.099.586,74	2.934.051,10	2.975.435,01	3.099.586,74	2.996.126,97	18.105.051,93
5	3.750.331,70	3.874.483,43	3.667.563,88	3.719.293,77	3.874.483,43	3.745.158,71	22.631.314,92
6	4.500.398,04	4.649.380,12	4.401.076,66	4.463.152,52	4.649.380,12	4.494.190,45	27.157.577,90
7	5.250.464,38	5.424.276,80	5.134.589,43	5.207.011,27	5.424.276,80	5.243.222,20	31.683.840,88
8	6.000.530,72	6.199.173,49	5.868.102,21	5.950.870,03	6.199.173,49	5.992.253,94	36.210.103,87
9	6.750.597,06	6.974.070,17	6.601.614,98	6.694.728,78	6.974.070,17	6.741.285,68	40.736.366,85
10	7.500.663,40	7.748.966,86	7.335.127,76	7.438.587,53	7.748.966,86	7.490.317,42	45.262.629,83
11	8.250.729,74	8.523.863,54	8.068.640,54	8.182.446,29	8.523.863,54	8.239.349,16	49.788.892,81
12	9.000.796,08	9.298.760,23	8.802.153,31	8.926.305,04	9.298.760,23	8.988.380,91	54.315.155,80

(Non-commercial use only)

12º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	6,36	6,36
Custo variável por km - Região 2	6,15	6,15
Custo variável por km - Região 3	6,52	6,52
Custo variável por km - Região 4	6,42	6,42
Custo variável por km - Região 5	6,15	6,15
Custo variável por km - Região 6	6,37	6,37
Qtde de veículos por região	13,60	13,60

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	627.693,16	627.693,16
Custo total mensal - Região 2	652.523,51	652.523,51
Custo total mensal - Região 3	611.139,60	611.139,60
Custo total mensal - Região 4	621.485,57	621.485,57
Custo total mensal - Região 5	652.523,51	652.523,51
Custo total mensal - Região 6	626.658,56	626.658,56

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	627.693,16	652.523,51	611.139,60	621.485,57	652.523,51	626.658,56	3.792.023,90
2	1.255.386,32	1.305.047,01	1.222.279,19	1.242.971,15	1.305.047,01	1.253.317,12	7.584.047,80
3	1.883.079,48	1.957.570,52	1.833.418,79	1.864.456,72	1.957.570,52	1.879.975,69	11.376.071,70
4	2.510.772,64	2.610.094,02	2.444.558,38	2.485.942,29	2.610.094,02	2.506.634,25	15.168.095,61
5	3.138.465,80	3.262.617,53	3.055.697,98	3.107.427,87	3.262.617,53	3.133.292,81	18.960.119,51
6	3.766.158,96	3.915.141,03	3.666.837,57	3.728.913,44	3.915.141,03	3.759.951,37	22.752.143,41
7	4.393.852,12	4.567.664,54	4.277.977,17	4.350.399,01	4.567.664,54	4.386.609,93	26.544.167,31
8	5.021.545,28	5.220.188,04	4.889.116,77	4.971.884,59	5.220.188,04	5.013.268,50	30.336.191,21
9	5.649.238,44	5.872.711,55	5.500.256,36	5.593.370,16	5.872.711,55	5.639.927,06	34.128.215,11
10	6.276.931,60	6.525.235,06	6.111.395,96	6.214.855,73	6.525.235,06	6.266.585,62	37.920.239,01
11	6.904.624,76	7.177.758,56	6.722.535,55	6.836.341,30	7.177.758,56	6.893.244,18	41.712.262,92
12	7.532.317,92	7.830.282,07	7.333.675,15	7.457.826,88	7.830.282,07	7.519.902,74	45.504.286,82

Non-commercial use only!

13º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	6,98	6,98
Custo variável por km - Região 2	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 3	7,17	7,17
Custo variável por km - Região 4	7,04	7,04
Custo variável por km - Região 5	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 6	6,99	6,99
Qtde de veículos por região	13,07	13,07

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	541.887,37	541.887,37
Custo total mensal - Região 2	561.772,69	561.772,69
Custo total mensal - Região 3	528.630,49	528.630,49
Custo total mensal - Região 4	536.916,04	536.916,04
Custo total mensal - Região 5	561.772,69	561.772,69
Custo total mensal - Região 6	541.058,82	541.058,82

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	541.887,37	561.772,69	528.630,49	536.916,04	561.772,69	541.058,82	3.272.038,10
2	1.083.774,74	1.123.545,38	1.057.260,98	1.073.832,08	1.123.545,38	1.082.117,63	6.544.076,20
3	1.625.662,11	1.685.318,07	1.585.891,47	1.610.748,12	1.685.318,07	1.623.176,45	9.816.114,30
4	2.167.549,48	2.247.090,76	2.114.521,97	2.147.664,17	2.247.090,76	2.164.235,26	13.088.152,41
5	2.709.436,86	2.808.863,45	2.643.152,46	2.684.580,21	2.808.863,45	2.705.294,08	16.360.190,51
6	3.251.324,23	3.370.636,14	3.171.782,95	3.221.496,25	3.370.636,14	3.246.352,90	19.632.228,61
7	3.793.211,60	3.932.408,83	3.700.413,44	3.758.412,29	3.932.408,83	3.787.411,71	22.904.266,71
8	4.335.098,97	4.494.181,52	4.229.043,93	4.295.328,33	4.494.181,52	4.328.470,53	26.176.304,81
9	4.876.986,34	5.055.954,22	4.757.674,42	4.832.244,37	5.055.954,22	4.869.529,35	29.448.342,91
10	5.418.873,71	5.617.726,91	5.286.304,92	5.369.160,41	5.617.726,91	5.410.588,16	32.720.381,02
11	5.960.761,08	6.179.499,60	5.814.935,41	5.906.076,45	6.179.499,60	5.951.646,98	35.992.419,12
12	6.502.648,45	6.741.272,29	6.343.565,90	6.442.992,50	6.741.272,29	6.492.705,79	39.264.457,22

Non-commercial use only!

14º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	7,90	7,90
Custo variável por km - Região 2	7,58	7,58
Custo variável por km - Região 3	8,13	8,13
Custo variável por km - Região 4	7,98	7,98
Custo variável por km - Região 5	7,58	7,58
Custo variável por km - Região 6	7,91	7,91
Qtde de veículos por região	16,33	16,33

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	600.688,72	600.688,72
Custo total mensal - Região 2	620.574,04	620.574,04
Custo total mensal - Região 3	587.431,84	587.431,84
Custo total mensal - Região 4	595.717,39	595.717,39
Custo total mensal - Região 5	620.574,04	620.574,04
Custo total mensal - Região 6	599.860,17	599.860,17

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	600.688,72	620.574,04	587.431,84	595.717,39	620.574,04	599.860,17	3.624.846,20
2	1.201.377,44	1.241.148,08	1.174.863,68	1.191.434,78	1.241.148,08	1.199.720,33	7.249.692,41
3	1.802.066,16	1.861.722,12	1.762.295,53	1.787.152,17	1.861.722,12	1.799.580,50	10.874.538,61
4	2.402.754,89	2.482.296,16	2.349.727,37	2.382.869,57	2.482.296,16	2.399.440,67	14.499.384,81
5	3.003.443,61	3.102.870,20	2.937.159,21	2.978.586,96	3.102.870,20	2.999.300,83	18.124.231,01
6	3.604.132,33	3.723.444,24	3.524.591,05	3.574.304,35	3.723.444,24	3.599.161,00	21.749.077,22
7	4.204.821,05	4.344.018,29	4.112.022,89	4.170.021,74	4.344.018,29	4.199.021,16	25.373.923,42
8	4.805.509,77	4.964.592,33	4.699.454,73	4.765.739,13	4.964.592,33	4.798.881,33	28.998.769,62
9	5.406.198,49	5.585.166,37	5.286.886,58	5.361.456,52	5.585.166,37	5.398.741,50	32.623.615,82
10	6.006.887,21	6.205.740,41	5.874.318,42	5.957.173,92	6.205.740,41	5.998.601,66	36.248.462,03
11	6.607.575,94	6.826.314,45	6.461.750,26	6.552.891,31	6.826.314,45	6.598.461,83	39.873.308,23
12	7.208.264,66	7.446.888,49	7.049.182,10	7.148.608,70	7.446.888,49	7.198.322,00	43.498.154,43

Non-commercial use only!

15º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	6,36	6,36
Custo variável por km - Região 2	6,15	6,15
Custo variável por km - Região 3	6,52	6,52
Custo variável por km - Região 4	6,42	6,42
Custo variável por km - Região 5	6,15	6,15
Custo variável por km - Região 6	6,37	6,37
Qtde de veículos por região	10,89	10,89

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	502.686,47	502.686,47
Custo total mensal - Região 2	522.571,79	522.571,79
Custo total mensal - Região 3	489.429,59	489.429,59
Custo total mensal - Região 4	497.715,14	497.715,14
Custo total mensal - Região 5	522.571,79	522.571,79
Custo total mensal - Região 6	501.857,92	501.857,92

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	502.686,47	522.571,79	489.429,59	497.715,14	522.571,79	501.857,92	3.036.832,70
2	1.005.372,94	1.045.143,58	978.859,18	995.430,28	1.045.143,58	1.003.715,83	6.073.665,40
3	1.508.059,41	1.567.715,37	1.468.288,77	1.493.145,42	1.567.715,37	1.505.573,75	9.110.498,10
4	2.010.745,88	2.090.287,16	1.957.718,37	1.990.860,56	2.090.287,16	2.007.431,66	12.147.330,80
5	2.513.432,36	2.612.858,95	2.447.147,96	2.488.575,71	2.612.858,95	2.509.289,58	15.184.163,50
6	3.016.118,83	3.135.430,74	2.936.577,55	2.986.290,85	3.135.430,74	3.011.147,50	18.220.996,20
7	3.518.805,30	3.658.002,53	3.426.007,14	3.484.005,99	3.658.002,53	3.513.005,41	21.257.828,91
8	4.021.491,77	4.180.574,32	3.915.436,73	3.981.721,13	4.180.574,32	4.014.863,33	24.294.661,61
9	4.524.178,24	4.703.146,11	4.404.866,32	4.479.436,27	4.703.146,11	4.516.721,24	27.331.494,31
10	5.026.864,71	5.225.717,90	4.894.295,91	4.977.151,41	5.225.717,90	5.018.579,16	30.368.327,01
11	5.529.551,18	5.748.289,70	5.383.725,51	5.474.866,55	5.748.289,70	5.520.437,08	33.405.159,71
12	6.032.237,65	6.270.861,49	5.873.155,10	5.972.581,69	6.270.861,49	6.022.294,99	36.441.992,41

Non-commercial use only!

16º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	6,98	6,98
Custo variável por km - Região 2	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 3	7,17	7,17
Custo variável por km - Região 4	7,04	7,04
Custo variável por km - Região 5	6,72	6,72
Custo variável por km - Região 6	6,99	6,99
Qtde de veículos por região	12,13	12,13

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	503.015,98	503.015,98
Custo total mensal - Região 2	521.474,86	521.474,86
Custo total mensal - Região 3	490.710,06	490.710,06
Custo total mensal - Região 4	498.401,26	498.401,26
Custo total mensal - Região 5	521.474,86	521.474,86
Custo total mensal - Região 6	502.246,86	502.246,86

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	503.015,98	521.474,86	490.710,06	498.401,26	521.474,86	502.246,86	3.037.323,90
2	1.006.031,97	1.042.949,73	981.420,13	996.802,53	1.042.949,73	1.004.493,73	6.074.647,80
3	1.509.047,95	1.564.424,59	1.472.130,19	1.495.203,79	1.564.424,59	1.506.740,59	9.111.971,71
4	2.012.063,94	2.085.899,45	1.962.840,26	1.993.605,06	2.085.899,45	2.008.987,46	12.149.295,61
5	2.515.079,92	2.607.374,31	2.453.550,32	2.492.006,32	2.607.374,31	2.511.234,32	15.186.619,51
6	3.018.095,90	3.128.849,18	2.944.260,39	2.990.407,58	3.128.849,18	3.013.481,18	18.223.943,41
7	3.521.111,89	3.650.324,04	3.434.970,45	3.488.808,85	3.650.324,04	3.515.728,05	21.261.267,31
8	4.024.127,87	4.171.798,90	3.925.680,51	3.987.210,11	4.171.798,90	4.017.974,91	24.298.591,21
9	4.527.143,85	4.693.273,77	4.416.390,58	4.485.611,38	4.693.273,77	4.520.221,77	27.335.915,12
10	5.030.159,84	5.214.748,63	4.907.100,64	4.984.012,64	5.214.748,63	5.022.468,64	30.373.239,02
11	5.533.175,82	5.736.223,49	5.397.810,71	5.482.413,90	5.736.223,49	5.524.715,50	33.410.562,92
12	6.036.191,81	6.257.698,36	5.888.520,77	5.980.815,17	6.257.698,36	6.026.962,37	36.447.886,82

Non-commercial use only!

17º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

(Non-commercial use only)

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	7,90	7,90
Custo variável por km - Região 2	7,58	7,58
Custo variável por km - Região 3	8,13	8,13
Custo variável por km - Região 4	7,98	7,98
Custo variável por km - Região 5	7,58	7,58
Custo variável por km - Região 6	7,91	7,91
Qtde de veículos por região	15,16	15,16

(Non-commercial use only)

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	557.599,32	557.599,32
Custo total mensal - Região 2	576.058,20	576.058,20
Custo total mensal - Região 3	545.293,40	545.293,40
Custo total mensal - Região 4	552.984,60	552.984,60
Custo total mensal - Região 5	576.058,20	576.058,20
Custo total mensal - Região 6	556.830,20	556.830,20

(Non-commercial use only)

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	557.599,32	576.058,20	545.293,40	552.984,60	576.058,20	556.830,20	3.364.823,90
2	1.115.198,63	1.152.116,39	1.090.586,80	1.105.969,19	1.152.116,39	1.113.660,39	6.729.647,80
3	1.672.797,95	1.728.174,59	1.635.880,19	1.658.953,79	1.728.174,59	1.670.490,59	10.094.471,71
4	2.230.397,27	2.304.232,79	2.181.173,59	2.211.938,39	2.304.232,79	2.227.320,79	13.459.295,61
5	2.787.996,59	2.880.290,98	2.726.466,99	2.764.922,99	2.880.290,98	2.784.150,99	16.824.119,51
6	3.345.595,90	3.456.349,18	3.271.760,39	3.317.907,58	3.456.349,18	3.340.981,18	20.188.943,41
7	3.903.195,22	4.032.407,37	3.817.053,78	3.870.892,18	4.032.407,37	3.897.811,38	23.553.767,31
8	4.460.794,54	4.608.465,57	4.362.347,18	4.423.876,78	4.608.465,57	4.454.641,58	26.918.591,21
9	5.018.393,85	5.184.523,77	4.907.640,58	4.976.861,38	5.184.523,77	5.011.471,77	30.283.415,12
10	5.575.993,17	5.760.581,96	5.452.933,98	5.529.845,97	5.760.581,96	5.568.301,97	33.648.239,02
11	6.133.592,49	6.336.640,16	5.998.227,37	6.082.830,57	6.336.640,16	6.125.132,17	37.013.062,92
12	6.691.191,81	6.912.698,36	6.543.520,77	6.635.815,17	6.912.698,36	6.681.962,37	40.377.886,82

(Non-commercial use only)

18º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.329,65	9.329,65
Custo variável por km - Região 1	6,36	6,36
Custo variável por km - Região 2	6,15	6,15
Custo variável por km - Região 3	6,52	6,52
Custo variável por km - Região 4	6,42	6,42
Custo variável por km - Região 5	6,15	6,15
Custo variável por km - Região 6	6,37	6,37
Qtde de veículos por região	10,11	10,11

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	466.627,09	466.627,09
Custo total mensal - Região 2	485.085,97	485.085,97
Custo total mensal - Região 3	454.321,18	454.321,18
Custo total mensal - Região 4	462.012,38	462.012,38
Custo total mensal - Região 5	485.085,97	485.085,97
Custo total mensal - Região 6	465.857,97	465.857,97

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	466.627,09	485.085,97	454.321,18	462.012,38	485.085,97	465.857,97	2.818.990,57
2	933.254,19	970.171,95	908.642,35	924.024,75	970.171,95	931.715,95	5.637.981,14
3	1.399.881,28	1.455.257,92	1.362.963,53	1.386.037,13	1.455.257,92	1.397.573,92	8.456.971,71
4	1.866.508,38	1.940.343,90	1.817.284,70	1.848.049,50	1.940.343,90	1.863.431,90	11.275.962,27
5	2.333.135,47	2.425.429,87	2.271.605,88	2.310.061,88	2.425.429,87	2.329.289,87	14.094.952,84
6	2.799.762,57	2.910.515,84	2.725.927,05	2.772.074,25	2.910.515,84	2.795.147,85	16.913.943,41
7	3.266.389,66	3.395.601,82	3.180.248,23	3.234.086,63	3.395.601,82	3.261.005,82	19.732.933,98
8	3.733.016,76	3.880.687,79	3.634.569,40	3.696.099,00	3.880.687,79	3.726.863,80	22.551.924,55
9	4.199.643,85	4.365.773,77	4.088.890,58	4.158.111,38	4.365.773,77	4.192.721,77	25.370.915,12
10	4.666.270,95	4.850.859,74	4.543.211,75	4.620.123,75	4.850.859,74	4.658.579,75	28.189.905,68
11	5.132.898,04	5.335.945,71	4.997.532,93	5.082.136,13	5.335.945,71	5.124.437,72	31.008.896,25
12	5.599.525,14	5.821.031,69	5.451.854,10	5.544.148,50	5.821.031,69	5.590.295,70	33.827.886,82

Non-commercial use only!

19º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	7,63	7,63
Custo variável por km - Região 2	7,35	7,35
Custo variável por km - Região 3	7,84	7,84
Custo variável por km - Região 4	7,71	7,71
Custo variável por km - Região 5	7,35	7,35
Custo variável por km - Região 6	7,64	7,64
Qtde de veículos por região	12,03	12,03

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	542.878,08	542.878,08
Custo total mensal - Região 2	562.497,62	562.497,62
Custo total mensal - Região 3	529.798,39	529.798,39
Custo total mensal - Região 4	537.973,20	537.973,20
Custo total mensal - Região 5	562.497,62	562.497,62
Custo total mensal - Região 6	542.060,60	542.060,60

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	542.878,08	562.497,62	529.798,39	537.973,20	562.497,62	542.060,60	3.277.705,53
2	1.085.756,17	1.124.995,24	1.059.596,79	1.075.946,40	1.124.995,24	1.084.121,21	6.555.411,05
3	1.628.634,25	1.687.492,86	1.589.395,18	1.613.919,60	1.687.492,86	1.626.181,81	9.833.116,58
4	2.171.512,34	2.249.990,48	2.119.193,58	2.151.892,80	2.249.990,48	2.168.242,42	13.110.822,11
5	2.714.390,42	2.812.488,10	2.648.991,97	2.689.866,01	2.812.488,10	2.710.303,02	16.388.527,63
6	3.257.268,51	3.374.985,73	3.178.790,37	3.227.839,21	3.374.985,73	3.252.363,63	19.666.233,16
7	3.800.146,59	3.937.483,35	3.708.588,76	3.765.812,41	3.937.483,35	3.794.424,23	22.943.938,69
8	4.343.024,68	4.499.980,97	4.238.387,16	4.303.785,61	4.499.980,97	4.336.484,83	26.221.644,21
9	4.885.902,76	5.062.478,59	4.768.185,55	4.841.758,81	5.062.478,59	4.878.545,44	29.499.349,74
10	5.428.780,85	5.624.976,21	5.297.983,94	5.379.732,01	5.624.976,21	5.420.606,04	32.777.055,27
11	5.971.658,93	6.187.473,83	5.827.782,34	5.917.705,21	6.187.473,83	5.962.666,65	36.054.760,79
12	6.514.537,02	6.749.971,45	6.357.580,73	6.455.678,41	6.749.971,45	6.504.727,25	39.332.466,32

Non-commercial use only!

20º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

[Non-commercial use only]

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	8,65	8,65
Custo variável por km - Região 2	8,30	8,30
Custo variável por km - Região 3	8,92	8,92
Custo variável por km - Região 4	8,75	8,75
Custo variável por km - Região 5	8,30	8,30
Custo variável por km - Região 6	8,67	8,67
Qtde de veículos por região	15,04	15,04

[Non-commercial use only]

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	603.044,90	603.044,90
Custo total mensal - Região 2	622.664,43	622.664,43
Custo total mensal - Região 3	589.965,21	589.965,21
Custo total mensal - Região 4	598.140,01	598.140,01
Custo total mensal - Região 5	622.664,43	622.664,43
Custo total mensal - Região 6	602.227,42	602.227,42

[Non-commercial use only]

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	603.044,90	622.664,43	589.965,21	598.140,01	622.664,43	602.227,42	3.638.706,41
2	1.206.089,80	1.245.328,87	1.179.930,42	1.196.280,03	1.245.328,87	1.204.454,84	7.277.412,82
3	1.809.134,70	1.867.993,30	1.769.895,62	1.794.420,04	1.867.993,30	1.806.682,25	10.916.119,23
4	2.412.179,59	2.490.657,74	2.359.860,83	2.392.560,06	2.490.657,74	2.408.909,67	14.554.825,63
5	3.015.224,49	3.113.322,17	2.949.826,04	2.990.700,07	3.113.322,17	3.011.137,09	18.193.532,04
6	3.618.269,39	3.735.986,61	3.539.791,25	3.588.840,09	3.735.986,61	3.613.364,51	21.832.238,45
7	4.221.314,29	4.358.651,04	4.129.756,46	4.186.980,10	4.358.651,04	4.215.591,93	25.470.944,86
8	4.824.359,19	4.981.315,48	4.719.721,66	4.785.120,12	4.981.315,48	4.817.819,34	29.109.651,27
9	5.427.404,09	5.603.979,91	5.309.686,87	5.383.260,13	5.603.979,91	5.420.046,76	32.748.357,68
10	6.030.448,99	6.226.644,35	5.899.652,08	5.981.400,15	6.226.644,35	6.022.274,18	36.387.064,08
11	6.633.493,88	6.849.308,78	6.489.617,29	6.579.540,16	6.849.308,78	6.624.501,60	40.025.770,49
12	7.236.538,78	7.471.973,21	7.079.582,50	7.177.680,18	7.471.973,21	7.226.729,02	43.664.476,90

[Non-commercial use only]

21º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	6,95	6,95
Custo variável por km - Região 2	6,71	6,71
Custo variável por km - Região 3	7,12	7,12
Custo variável por km - Região 4	7,01	7,01
Custo variável por km - Região 5	6,71	6,71
Custo variável por km - Região 6	6,96	6,96
Qtde de veículos por região	10,03	10,03

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	502.766,88	502.766,88
Custo total mensal - Região 2	522.386,41	522.386,41
Custo total mensal - Região 3	489.687,19	489.687,19
Custo total mensal - Região 4	497.861,99	497.861,99
Custo total mensal - Região 5	522.386,41	522.386,41
Custo total mensal - Região 6	501.949,40	501.949,40

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	502.766,88	522.386,41	489.687,19	497.861,99	522.386,41	501.949,40	3.037.038,27
2	1.005.533,75	1.044.772,82	979.374,37	995.723,98	1.044.772,82	1.003.898,79	6.074.076,54
3	1.508.300,63	1.567.159,24	1.469.061,56	1.493.585,98	1.567.159,24	1.505.848,19	9.111.114,82
4	2.011.067,50	2.089.545,65	1.958.748,74	1.991.447,97	2.089.545,65	2.007.797,58	12.148.153,09
5	2.513.834,38	2.611.932,06	2.448.435,93	2.489.309,96	2.611.932,06	2.509.746,98	15.185.191,36
6	3.016.601,26	3.134.318,47	2.938.123,11	2.987.171,95	3.134.318,47	3.011.696,37	18.222.229,63
7	3.519.368,13	3.656.704,88	3.427.810,30	3.485.033,94	3.656.704,88	3.513.645,77	21.259.267,90
8	4.022.135,01	4.179.091,29	3.917.497,48	3.982.895,94	4.179.091,29	4.015.595,16	24.296.306,18
9	4.524.901,88	4.701.477,71	4.407.184,67	4.480.757,93	4.701.477,71	4.517.544,56	27.333.344,45
10	5.027.668,76	5.223.864,12	4.896.871,85	4.978.619,92	5.223.864,12	5.019.493,95	30.370.382,72
11	5.530.435,63	5.746.250,53	5.386.559,04	5.476.481,91	5.746.250,53	5.521.443,35	33.407.420,99
12	6.033.202,51	6.268.636,94	5.876.246,22	5.974.343,90	6.268.636,94	6.023.392,74	36.444.459,26

Non-commercial use only!

22º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

(Non-commercial use only)

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	7,63	7,63
Custo variável por km - Região 2	7,35	7,35
Custo variável por km - Região 3	7,84	7,84
Custo variável por km - Região 4	7,71	7,71
Custo variável por km - Região 5	7,35	7,35
Custo variável por km - Região 6	7,64	7,64
Qtde de veículos por região	10,70	10,70

(Non-commercial use only)

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	482.842,16	482.842,16
Custo total mensal - Região 2	500.292,00	500.292,00
Custo total mensal - Região 3	471.208,92	471.208,92
Custo total mensal - Região 4	478.479,69	478.479,69
Custo total mensal - Região 5	500.292,00	500.292,00
Custo total mensal - Região 6	482.115,08	482.115,08

(Non-commercial use only)

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	482.842,16	500.292,00	471.208,92	478.479,69	500.292,00	482.115,08	2.915.229,86
2	965.684,31	1.000.584,00	942.417,85	956.959,39	1.000.584,00	964.230,16	5.830.459,71
3	1.448.526,47	1.500.876,00	1.413.626,77	1.435.439,08	1.500.876,00	1.446.345,24	8.745.689,57
4	1.931.368,62	2.001.168,01	1.884.835,70	1.913.918,78	2.001.168,01	1.928.460,31	11.660.919,43
5	2.414.210,78	2.501.460,01	2.356.044,62	2.392.398,47	2.501.460,01	2.410.575,39	14.576.149,28
6	2.897.052,93	3.001.752,01	2.827.253,55	2.870.878,16	3.001.752,01	2.892.690,47	17.491.379,14
7	3.379.895,09	3.502.044,01	3.298.462,47	3.349.357,86	3.502.044,01	3.374.805,55	20.406.609,00
8	3.862.737,24	4.002.336,01	3.769.671,40	3.827.837,55	4.002.336,01	3.856.920,63	23.321.838,85
9	4.345.579,40	4.502.628,01	4.240.880,32	4.306.317,25	4.502.628,01	4.339.035,71	26.237.068,71
10	4.828.421,56	5.002.920,02	4.712.089,25	4.784.796,94	5.002.920,02	4.821.150,79	29.152.298,57
11	5.311.263,71	5.503.212,02	5.183.298,17	5.263.276,63	5.503.212,02	5.303.265,87	32.067.528,42
12	5.794.105,87	6.003.504,02	5.654.507,10	5.741.756,33	6.003.504,02	5.785.380,94	34.982.758,28

(Non-commercial use only)

23º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

[Non-commercial use only!]

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	8,65	8,65
Custo variável por km - Região 2	8,30	8,30
Custo variável por km - Região 3	8,92	8,92
Custo variável por km - Região 4	8,75	8,75
Custo variável por km - Região 5	8,30	8,30
Custo variável por km - Região 6	8,67	8,67
Qtde de veículos por região	13,38	13,38

[Non-commercial use only!]

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	536.355,23	536.355,23
Custo total mensal - Região 2	553.805,07	553.805,07
Custo total mensal - Região 3	524.722,00	524.722,00
Custo total mensal - Região 4	531.992,77	531.992,77
Custo total mensal - Região 5	553.805,07	553.805,07
Custo total mensal - Região 6	535.628,15	535.628,15

[Non-commercial use only!]

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	536.355,23	553.805,07	524.722,00	531.992,77	553.805,07	535.628,15	3.236.308,29
2	1.072.710,45	1.107.610,15	1.049.443,99	1.063.985,53	1.107.610,15	1.071.256,30	6.472.616,58
3	1.609.065,68	1.661.415,22	1.574.165,99	1.595.978,30	1.661.415,22	1.606.884,45	9.708.924,86
4	2.145.420,91	2.215.220,29	2.098.887,99	2.127.971,06	2.215.220,29	2.142.512,60	12.945.233,15
5	2.681.776,14	2.769.025,37	2.623.609,98	2.659.963,83	2.769.025,37	2.678.140,75	16.181.541,44
6	3.218.131,36	3.322.830,44	3.148.331,98	3.191.956,60	3.322.830,44	3.213.768,90	19.417.849,73
7	3.754.486,59	3.876.635,51	3.673.053,98	3.723.949,36	3.876.635,51	3.749.397,05	22.654.158,02
8	4.290.841,82	4.430.440,59	4.197.775,97	4.255.942,13	4.430.440,59	4.285.025,20	25.890.466,30
9	4.827.197,05	4.984.245,66	4.722.497,97	4.787.934,89	4.984.245,66	4.820.653,36	29.126.774,59
10	5.363.552,27	5.538.050,74	5.247.219,97	5.319.927,66	5.538.050,74	5.356.281,51	32.363.082,88
11	5.899.907,50	6.091.855,81	5.771.941,96	5.851.920,43	6.091.855,81	5.891.909,66	35.599.391,17
12	6.436.262,73	6.645.660,88	6.296.663,96	6.383.913,19	6.645.660,88	6.427.537,81	38.835.699,45

[Non-commercial use only!]

24° CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	6,95	6,95
Custo variável por km - Região 2	6,71	6,71
Custo variável por km - Região 3	7,12	7,12
Custo variável por km - Região 4	7,01	7,01
Custo variável por km - Região 5	6,71	6,71
Custo variável por km - Região 6	6,96	6,96
Qtde de veículos por região	8,92	8,92

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	447.166,77	447.166,77
Custo total mensal - Região 2	464.616,62	464.616,62
Custo total mensal - Região 3	435.533,54	435.533,54
Custo total mensal - Região 4	442.804,31	442.804,31
Custo total mensal - Região 5	464.616,62	464.616,62
Custo total mensal - Região 6	446.439,70	446.439,70

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	447.166,77	464.616,62	435.533,54	442.804,31	464.616,62	446.439,70	2.701.177,57
2	894.333,55	929.233,24	871.067,09	885.608,63	929.233,24	892.879,39	5.402.355,14
3	1.341.500,32	1.393.849,86	1.306.600,63	1.328.412,94	1.393.849,86	1.339.319,09	8.103.532,71
4	1.788.667,10	1.858.466,48	1.742.134,17	1.771.217,25	1.858.466,48	1.785.758,79	10.804.710,28
5	2.235.833,87	2.323.083,10	2.177.667,72	2.214.021,56	2.323.083,10	2.232.198,49	13.505.887,84
6	2.683.000,65	2.787.699,72	2.613.201,26	2.656.825,88	2.787.699,72	2.678.638,18	16.207.065,41
7	3.130.167,42	3.252.316,34	3.048.734,81	3.099.630,19	3.252.316,34	3.125.077,88	18.908.242,98
8	3.577.334,19	3.716.932,96	3.484.268,35	3.542.434,50	3.716.932,96	3.571.517,58	21.609.420,55
9	4.024.500,97	4.181.549,58	3.919.801,89	3.985.238,82	4.181.549,58	4.017.957,28	24.310.598,12
10	4.471.667,74	4.646.166,20	4.355.335,44	4.428.043,13	4.646.166,20	4.464.396,97	27.011.775,69
11	4.918.834,52	5.110.782,82	4.790.868,98	4.870.847,44	5.110.782,82	4.910.836,67	29.712.953,26
12	5.366.001,29	5.575.399,44	5.226.402,52	5.313.651,75	5.575.399,44	5.357.276,37	32.414.130,83

Non-commercial use only!

25° CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

Non-commercial use only!

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	7,63	7,63
Custo variável por km - Região 2	7,35	7,35
Custo variável por km - Região 3	7,84	7,84
Custo variável por km - Região 4	7,71	7,71
Custo variável por km - Região 5	7,35	7,35
Custo variável por km - Região 6	7,64	7,64
Qtde de veículos por região	10,70	10,70

Non-commercial use only!

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	482.842,16	482.842,16
Custo total mensal - Região 2	500.292,00	500.292,00
Custo total mensal - Região 3	471.208,92	471.208,92
Custo total mensal - Região 4	478.479,69	478.479,69
Custo total mensal - Região 5	500.292,00	500.292,00
Custo total mensal - Região 6	482.115,08	482.115,08

Non-commercial use only!

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	482.842,16	500.292,00	471.208,92	478.479,69	500.292,00	482.115,08	2.915.229,86
2	965.684,31	1.000.584,00	942.417,85	956.959,39	1.000.584,00	964.230,16	5.830.459,71
3	1.448.526,47	1.500.876,00	1.413.626,77	1.435.439,08	1.500.876,00	1.446.345,24	8.745.689,57
4	1.931.368,62	2.001.168,01	1.884.835,70	1.913.918,78	2.001.168,01	1.928.460,31	11.660.919,43
5	2.414.210,78	2.501.460,01	2.356.044,62	2.392.398,47	2.501.460,01	2.410.575,39	14.576.149,28
6	2.897.052,93	3.001.752,01	2.827.253,55	2.870.878,16	3.001.752,01	2.892.690,47	17.491.379,14
7	3.379.895,09	3.502.044,01	3.298.462,47	3.349.357,86	3.502.044,01	3.374.805,55	20.406.609,00
8	3.862.737,24	4.002.336,01	3.769.671,40	3.827.837,55	4.002.336,01	3.856.920,63	23.321.838,85
9	4.345.579,40	4.502.628,01	4.240.880,32	4.306.317,25	4.502.628,01	4.339.035,71	26.237.068,71
10	4.828.421,56	5.002.920,02	4.712.089,25	4.784.796,94	5.002.920,02	4.821.150,79	29.152.298,57
11	5.311.263,71	5.503.212,02	5.183.298,17	5.263.276,63	5.503.212,02	5.303.265,87	32.067.528,42
12	5.794.105,87	6.003.504,02	5.654.507,10	5.741.756,33	6.003.504,02	5.785.380,94	34.982.758,28

Non-commercial use only!

26° CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

[Non-commercial use only]

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	8,65	8,65
Custo variável por km - Região 2	8,30	8,30
Custo variável por km - Região 3	8,92	8,92
Custo variável por km - Região 4	8,75	8,75
Custo variável por km - Região 5	8,30	8,30
Custo variável por km - Região 6	8,67	8,67
Qtde de veículos por região	13,38	13,38

[Non-commercial use only]

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	536.355,23	536.355,23
Custo total mensal - Região 2	553.805,07	553.805,07
Custo total mensal - Região 3	524.722,00	524.722,00
Custo total mensal - Região 4	531.992,77	531.992,77
Custo total mensal - Região 5	553.805,07	553.805,07
Custo total mensal - Região 6	535.628,15	535.628,15

[Non-commercial use only]

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	536.355,23	553.805,07	524.722,00	531.992,77	553.805,07	535.628,15	3.236.308,29
2	1.072.710,45	1.107.610,15	1.049.443,99	1.063.985,53	1.107.610,15	1.071.256,30	6.472.616,58
3	1.609.065,68	1.661.415,22	1.574.165,99	1.595.978,30	1.661.415,22	1.606.884,45	9.708.924,86
4	2.145.420,91	2.215.220,29	2.098.887,99	2.127.971,06	2.215.220,29	2.142.512,60	12.945.233,15
5	2.681.776,14	2.769.025,37	2.623.609,98	2.659.963,83	2.769.025,37	2.678.140,75	16.181.541,44
6	3.218.131,36	3.322.830,44	3.148.331,98	3.191.956,60	3.322.830,44	3.213.768,90	19.417.849,73
7	3.754.486,59	3.876.635,51	3.673.053,98	3.723.949,36	3.876.635,51	3.749.397,05	22.654.158,02
8	4.290.841,82	4.430.440,59	4.197.775,97	4.255.942,13	4.430.440,59	4.285.025,20	25.890.466,30
9	4.827.197,05	4.984.245,66	4.722.497,97	4.787.934,89	4.984.245,66	4.820.653,36	29.126.774,59
10	5.363.552,27	5.538.050,74	5.247.219,97	5.319.927,66	5.538.050,74	5.356.281,51	32.363.082,88
11	5.899.907,50	6.091.855,81	5.771.941,96	5.851.920,43	6.091.855,81	5.891.909,66	35.599.391,17
12	6.436.262,73	6.645.660,88	6.296.663,96	6.383.913,19	6.645.660,88	6.427.537,81	38.835.699,45

[Non-commercial use only]

27º CENÁRIO

CONTROLE: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS

Tipo CVC

CVC 1

CVC 2

CVC3

Qtde Viagens mês por veículo

Cenário atual

Cenário Ruim

Cenário Ótimo

densidade Carvão

Baixa

Média

Alta

mouth	0	12
Custo fixo mensal	9.892,53	9.892,53
Custo variável por km - Região 1	6,95	6,95
Custo variável por km - Região 2	6,71	6,71
Custo variável por km - Região 3	7,12	7,12
Custo variável por km - Região 4	7,01	7,01
Custo variável por km - Região 5	6,71	6,71
Custo variável por km - Região 6	6,96	6,96
Qtde de veículos por região	8,92	8,92

Non-commercial use only

mouth	0	12
Custo total mensal - Região 1	447.166,77	447.166,77
Custo total mensal - Região 2	464.616,62	464.616,62
Custo total mensal - Região 3	435.533,54	435.533,54
Custo total mensal - Região 4	442.804,31	442.804,31
Custo total mensal - Região 5	464.616,62	464.616,62
Custo total mensal - Região 6	446.439,70	446.439,70

Non-commercial use only

mouth	CT anual - Região 1	CT anual - Região 2	CT anual - Região 3	CT anual - Região 4	CT anual - Região 5	CT anual - Região 6	CT anual geral
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	447.166,77	464.616,62	435.533,54	442.804,31	464.616,62	446.439,70	2.701.177,57
2	894.333,55	929.233,24	871.067,09	885.608,63	929.233,24	892.879,39	5.402.355,14
3	1.341.500,32	1.393.849,86	1.306.600,63	1.328.412,94	1.393.849,86	1.339.319,09	8.103.532,71
4	1.788.667,10	1.858.466,48	1.742.134,17	1.771.217,25	1.858.466,48	1.785.758,79	10.804.710,28
5	2.235.833,87	2.323.083,10	2.177.667,72	2.214.021,56	2.323.083,10	2.232.198,49	13.505.887,84
6	2.683.000,65	2.787.699,72	2.613.201,26	2.656.825,88	2.787.699,72	2.678.638,18	16.207.065,41
7	3.130.167,42	3.252.316,34	3.048.734,81	3.099.630,19	3.252.316,34	3.125.077,88	18.908.242,98
8	3.577.334,19	3.716.932,96	3.484.268,35	3.542.434,50	3.716.932,96	3.571.517,58	21.609.420,55
9	4.024.500,97	4.181.549,58	3.919.801,89	3.985.238,82	4.181.549,58	4.017.957,28	24.310.598,12
10	4.471.667,74	4.646.166,20	4.355.335,44	4.428.043,13	4.646.166,20	4.464.396,97	27.011.775,69
11	4.918.834,52	5.110.782,82	4.790.868,98	4.870.847,44	5.110.782,82	4.910.836,67	29.712.953,26
12	5.366.001,29	5.575.399,44	5.226.402,52	5.313.651,75	5.575.399,44	5.357.276,37	32.414.130,83

Non-commercial use only