



ESCOLHA DE ALTERNATIVAS PARA O TRANSPORTE DE CALCÁRIO SIDERÚRGICO SOB O ENFOQUE AMBIENTAL.

Guilherme Anselmo Guimarães dos Santos

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Rio de Janeiro
Junho de 2012

ESCOLHA DE ALTERNATIVAS PARA O TRANSPORTE DE CALCÁRIO
SIDERÚRGICO SOB O ENFOQUE AMBIENTAL

Guilherme Anselmo Guimarães dos Santos

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:



Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.



Prof. Ilton Curty Leal Junior, D.Sc.



Prof. Paul Adriano de Almada Garcia, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
JUNHO 2012

Santos, Guilherme Anselmo Guimarães dos

Escolha de alternativas para o transporte de calcário siderúrgico sob o enfoque ambiental. /Guilherme Anselmo Guimarães dos Santos. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XIII, 94 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes, 2012

Referências Bibliográficas: p. 73-85.

1. Transporte de insumos. 2. Contêiner. 3. Alternativas de transporte. 4. Avaliação de desempenho. I. D'Agosto, Márcio de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título

Dedico este trabalho a minha mãe, Francisca pelo grande empenho em minha educação; a minha esposa Talita pelo amor, companheirismo e compreensão durante a realização do trabalho e aos meus filhos Arthur e Alice pelo amor incondicional e alegria de seus sorrisos inocentes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela presença incondicional na minha vida.

À minha mãe, pelo constante incentivo aos estudos servindo como alicerce de vida, um enorme beijo.

À minha esposa Talita e aos meus filhos Arthur e Alice pelo amor e carinho constantes e por entender os muitos momentos de minha ausência em dedicação à este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Márcio de Almeida D`Agosto pelos ensinamentos, orientações e principalmente por resgatar minha confiança e dedicação à pesquisa acadêmica.

Ao Prof. Hostílio Ratton Xavier Neto pela oportunidade oferecida, ensinamentos e dedicação durante o período que estive sob sua orientação.

Aos amigos Arlem e Fabiana pelo acolhimento em sua residência durante minhas estadas no Rio de Janeiro para desenvolvimento deste trabalho.

À ArcelorMittal Tubarão, Multitex e Vale por permitir o desenvolvimento de um trabalho rico em dados fornecidos e apoiados por vocês.

Aos demais professores do PET/COPPE/UFRJ pelo apoio e ensinamento nas disciplinas cursadas.

Ao Prof. Amaranto, ícone no meio acadêmico, por seus ensinamentos e exemplos históricos.

Aos colegas da UFRJ, em especial Antonio Cachiolo, Renato Torres e Syon Acer, pela amizade construída neste período.

À família Multitex, em especial ao Sr. Luiz Armando Carneiro, ícone no desenvolvimento de soluções logísticas merecedor de todo meu reconhecimento diante dos ensinamentos.

Aos demais funcionários do PET/COPPE, em especial a Helena e Ieda pelo constante apoio e assistência.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ESCOLHA DE ALTERNATIVAS PARA O TRANSPORTE DE CALCÁRIO SIDERÚRGICO SOB O ENFOQUE AMBIENTAL.

Guilherme Anselmo Guimarães dos Santos

Junho/2012

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Programa: Engenharia de Transportes

Esta dissertação buscou comparar e avaliar as alternativas de transporte disponíveis para suprimento de calcário a uma usina siderúrgica, cujo volume e características o classificam como carga vocacionado ao transporte por meio de modos de grande capacidade como o ferroviário e hidroviário. Devido aos diversos gargalos encontrados nas ferrovias brasileiras o contêiner foi escolhido para facilitar as operações de transbordo e movimentações internas de forma a possibilitar uma operação de transporte intermodal, já que o calcário vem sendo transportado no Brasil, predominantemente pelo modo rodoviário. Para avaliar a alternativa de utilização do contêiner no transporte do calcário siderúrgico foi realizado em estudo de caso em uma usina siderúrgica comparando a alternativa de transporte intermodal com uso de contêiner com as demais alternativas de transporte já testadas pela empresa sob aspectos econômico-financeiros e socioambientais. Foram identificados por meio de entrevistas com especialistas os principais atributos utilizados na avaliação de alternativas de transporte para a usina siderúrgica abordada no estudo e aplicado um procedimento de avaliação de alternativas de transporte detalhado neste trabalho. Ao final, foi comprovada eficiência da utilização de contêineres no transporte doméstico de calcário à empresa abordada no estudo de caso sob os aspectos econômico-financeiros e socioambientais, tendo por sua vez como principais limitações, a não utilização de atributos clássicos de logística, a dificuldade em obter avaliações mais consistentes dos especialistas com relação ao aspecto socioambiental e a dificuldade em encontrar na literatura um modelo de custos do transporte ferroviário.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for degree of Master of Science (M.Sc.).

MODAL CHOICE FOR TRANSPORTATION LIMESTONE TO STEEL INDUSTRY BY
ENVIRONMENTAL FOCUS.

Guilherme Anselmo Guimarães dos Santos

June/2012

Advisor: Márcio de Almeida D'Agosto

Department: Transportation Engineering

This dissertation sought to compare and evaluate the alternatives available to transport limestone supply to a steel mill, whose volume and characteristics to be classified as cargo transport involved through modes of large capacity as rail and waterways. Due to the various bottlenecks found in Brazilian railways the container was chosen to facilitate transshipment operations and internal drives to enable an intermodal transport operation, since the limestone is being transported in Brazil, predominantly by road. To evaluate the alternative use of the container for transporting steel limestone was held in a case study comparing steel mill intermodal transport with alternative use of the container with the other transport alternatives already tested by the company under financial and socio-environmental aspects. Were identified through interviews with experts the main attributes used in the evaluation of transport alternatives to the steel mill addressed in the study and applied an evaluation procedure of transport alternatives detailed in this work. In the end, was proven efficiency of the use of containers in domestic transportation of limestone to the company addressed in the case study under the economic-financial and socio-environmental aspects, having in turn as major limitations, not using classic attributes of logistics, difficulty in obtaining more expert assessments consistent with respect to the environmental aspect and the difficulty in finding a cost model in the literature of rail transport.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	2
1.2	Justificativa.....	3
1.3	Hipóteses	5
1.4	Metodologia.....	6
1.5	Estrutura da dissertação.....	8
2	O TRANSPORTE DE INSUMOS NO ABASTECIMENTO DE USINAS SIDERÚRGICAS	9
2.1	Considerações iniciais.....	9
2.2	Os principais insumos da produção siderúrgica	9
2.3	O transporte de insumos siderúrgicos para abastecimento às usinas siderúrgicas.....	11
2.3.1	Distribuição modal no transporte de insumos siderúrgicos	12
2.3.2	Inovações no transporte de insumos siderúrgicos	15
2.4	Considerações finais	18
3	AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE: ASPECTOS, ATRIBUTOS, INDICADORES, MEDIDAS E PROCEDIMENTOS	19
3.1	Considerações iniciais.....	19
3.2	Avaliação de desempenho em transportes.....	20
3.2.1	Aspectos.....	21
3.2.2	Atributos de desempenho	22
3.2.2.1	Custo.....	22
3.2.2.2	Confiabilidade.....	23
3.2.2.3	Disponibilidade	23
3.2.2.4	Flexibilidade	23
3.2.2.5	Frequência	24
3.2.2.6	Segurança	24
3.2.2.7	Tempo	24
3.2.2.8	Consumo de energia	25
3.2.2.9	Emissão de gases de efeito estufa	25
3.2.2.10	Emissão de poluentes atmosféricos	26
3.2.3	Indicadores de desempenho.....	26
3.2.4	Medidas.....	27
3.3	Proposta de procedimento para avaliação de alternativas de transporte	29
3.3.1	A demanda por transporte de calcário siderúrgico	29
3.3.2	Etapas do processo de avaliação das alternativas de transporte.....	31
3.4	Considerações finais.....	33
4	ESTUDO DE CASO NA ARCELORMITTAL TUBARÃO	34
4.1	Apresentação da empresa	34
4.1.1	Localização.....	36
4.1.2	Processo produtivo da AMT	37
4.1.2.1	Recebimento de insumos para produção	37

4.2 As alternativas de transporte de calcário para abastecimento à AMT	38
4.3 Aspectos e atributos das alternativas de transporte	43
4.3.1 Aspecto econômico-financeiro	45
4.3.1.1 Custos operacionais das alternativas analisadas	45
4.3.1.1.1 Custos nos arcos das alternativas analisadas.....	48
4.3.1.1.1.1 Modelo de custo rodoviário.....	48
4.3.1.1.1.2 Modelo de custo ferroviário.....	49
4.3.1.1.2 Custo nos nós das alternativas analisadas	52
4.3.1.1.3 Custo operacional do contêiner de 20 pés	52
4.3.1.1.4 Custo total das alternativas.....	54
4.3.1.2 Tempo de ligação origem x destino das alternativas analisadas.....	54
4.3.1.3 Confiabilidade das alternativas analisadas	56
4.3.1.4 Segurança das alternativas analisadas	57
4.3.2 Aspecto socioambiental	57
4.3.2.1 Consumo de energia não renovável (diesel) das alternativas analisadas	57
4.3.2.2 Emissões de poluentes das alternativas analisadas	58
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	60
5.1 Análise dos resultados quanto ao atributo custo	61
5.2 Análise dos resultados quanto ao atributo tempo	62
5.3 Análise dos resultados quanto ao atributo confiabilidade	63
5.4 Análise dos resultados quanto ao atributo segurança	64
5.5 Análise dos resultados quanto ao atributo consumo de energia não renovável (diesel)	65
5.6 Análise dos resultados quanto ao atributo emissão de poluentes.....	66
5.7 Análise comparativa dos resultados	68
5.8 Considerações finais	69
6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
APÊNDICE A	86
APÊNDICE B	87
APÊNDICE C	89
APÊNDICE D	90
APÊNDICE E	91
APÊNDICE F.....	92
APÊNDICE G.....	93
APÊNDICE H	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Procedimento de pesquisa para captação da visão empresarial.....	7
Figura 2.1 – Contêiner 40 pés do tipo <i>bulk</i>	15
Figura 2.2 – Contêiner de 20 pés do tipo Open Top.....	16
Figura 2.3 – Contêiner de 20 pés do tipo <i>half height</i>	16
Figura 2.4 – Container de 20 pés do tipo <i>open top</i> especial.....	17
Figura 2.5 – Container de 20 pés do tipo <i>dry van</i> carregado com calcário.	17
Figura 3.1 – Componentes do processo de avaliação para escolha da alternativa de transporte	21
Figura 3.2 – Procedimento para avaliação das alternativas de transporte aplicado ao caso em estudo.	32
Figura 4.1 – Evolução histórica e tecnológica da ArcelorMittal Tubarão.....	35
Figura 4.2 – Fluxo do processo produtivo da ArcelorMittal Tubarão.....	37
Figura 4.3 – Exemplo da degradação do calcário	39
Figura 4.4 – Infra estrutura viária da Grande BH para a Grande Vitória	40
Figura 4.5 – Alternativas de transporte do calcário para abastecimento à AMT	40
Figura 4.6 – Operação de recebimento de vagões gôndola no Terminal AMT Serra-ES e destinação do calcário	41
Figura 4.7 – Operação de recebimento de vagões gôndola no Terminal em Cariacica e destinação do calcário	42
Figura 4.8 – Operação de transporte de calcário em contêiner	43
Figura 4.9 – Operação de transporte de calcário por meio do modo rodoviário.....	43
Figura 4.10 – Simulação tarifária do arco ferroviário da Alternativa 1.....	50
Figura 4.11 – Simulação tarifária do arco ferroviário da Alternativa 2.....	50
Figura 4.12 – Simulação tarifária do arco ferroviário da Alternativa 3.....	51
Figura 5.1 – Resultados dos indicadores para o atributo custo das alternativas.....	62
Figura 5.2 – Resultados quanto a variação do tempo de ligação origem x destino das alternativas	63
Figura 5.3 – Resultados quanto a intervalo de variação do tempo de ligação origem x destino (h) das alternativas em relação a média	64
Figura 5.4 – Resultados dos indicadores para o atributo segurança	65
Figura 5.5 – Resultados dos indicadores para o atributo consumo de energia não renovável (óleo diesel)	66
Figura 5.6 – Resultados dos indicadores para o atributo emissão de poluentes.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Principais insumos siderúrgicos movimentados em 2010	10
Tabela 2.2 – Modalidades de transporte e formas de agregação utilizada no transporte de insumos siderúrgicos	12
Tabela 2.3 – Distribuição modal no transporte de insumos siderúrgicos no Brasil... ..	14
Tabela 3.1 – Características de indicadores	27
Tabela 3.2 – Aspectos, atributos, indicadores e medidas aplicados em transportes	28
Tabela 3.3 – Principais mercados: fornecedor e consumidor de calcário siderúrgico, ano base 2010	30
Tabela 3.4 – Distâncias entre o mercado fornecedor e mercado consumidor de calcário, e suas respectivas distâncias.	30
Tabela 4.1 – Principais atributos econômico-financeiro considerados pelos entrevistados na avaliação de alternativas de transporte para abastecimento de calcário	44
Tabela 4.2 – Resultado da pesquisa bibliográfica acerca dos modelos de custo na operação de transporte ferroviário de cargas no Brasil.....	47
Tabela 4.3 – Tipos de composições rodoviárias utilizadas na rede analisada	49
Tabela 4.4 – Resultado da aplicação do modelo de custo rodoviário para os trechos das alternativas analisadas	49
Tabela 4.5 – Custo dos trechos ferroviários das alternativas de transporte	51
Tabela 4.6 – Custos nos nós da rede de transporte analisada	52
Tabela 4.7 – Parâmetros e valores para utilizados no modelo de custo operacional do contêiner	53
Tabela 4.8 – Custo total das alternativas de transporte de calcário para abastecimento à AMT	54
Tabela 4.9 – Variação do tempo de ligação origem x destino na Alternativa 1	55
Tabela 4.10 – Variação do tempo de ligação origem x destino na Alternativa 2	55
Tabela 4.11 – Variação do tempo de ligação origem x destino da Alternativa 3	55
Tabela 4.12 – Variação do tempo de ligação origem x destino da Alternativa 4	56
Tabela 4.13 – Tempo médio do ciclo e intervalo de variação das alternativas.....	56
Tabela 4.14 – Perdas na operação de transporte de calcário à AMT	57
Tabela 4.15 – Consumo de energia das alternativas de transporte de calcário à AMT	58
Tabela 4.16 – Emissão de poluentes das alternativas de transporte de calcário à AMT analisadas.....	59
Tabela 5.1 – Pontos e pesos atribuídos a cada atributo do aspecto econômico-financeiro.....	61
Tabela 5.2 – Tabela inicial dos resultados consolidados de cada alternativa	68
Tabela 5.3 – Tabela dos resultados parametrizados de cada alternativa.....	68
Tabela 5.4 – Tabela dos resultados ponderados de cada alternativa	68

LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS

ABRATEC – Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de Uso Público

AMT – ArcelorMittal Tubarão

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANUT – Associação Nacional dos Usuários do Transporte de Carga

ANTC – Associação Nacional do Transporte de Carga e Logística

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre

Car-dumper – Virador de vagões

CNT – Confederação Nacional dos Transportes

CO – Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de carbono ou Gás carbônico;

COOPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

CSA – ThyssenKrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico

CSN – Campanhia Siderúrgica Nacional

CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão

EFVM – Estrada de Ferro Vitória Minas

FCA – Ferrovia Centro Atlântica

g – grama

g_{poluente} – grama de poluente

GJ/t – Giga joule por tonelada

GLP – Gás liquefeito de petróleo

h – hora

IAB – Instituto Aço Brasil, antigo IBS (Instituto Brasileiro de Sidurgia)

ISO - *International Organization for Standardization*, em português Organização Internacional de Normalização

Joint-venture – representa uma associação de empresas

km/h – quilômetro por hora

I_{diesel} – litro de diesel

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MP – Material particulado

NMHC – hidrocarbonetos não metano

NO_x – Óxido de nitrogênio

NTC&Logística – Associação Nacional do Transporte de Carga e Logística

R\$/dia – Reais por dia

R\$/t – Reais por tonelada

SEFLTF - *South East Freight Logistics Task Force*

t – tonelada

$t_{\text{transportada}}$ – tonelada transportada

TEU – *Twenty-feet equivalent unit*, é a medida *standard* utilizada para calcular o volume de um contêiner;

TPS – Terminal de Produtos Siderúrgicos

Transit-time – Tempo de trânsito de uma origem a um destino

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

WSA – *World Steel Association*

1 INTRODUÇÃO

Em um país como o Brasil, de dimensões continentais, o resultado econômico gerado pela cadeia logística tem papel fundamental no sucesso do processo produtivo e comercial das organizações. Deficiências nas estruturas de transporte disponíveis no país contribui negativamente para a competitividade dos produtos nacionais.

A siderurgia, em especial, para desviar economicamente do problema de localização, tende a concentrar esforços logísticos a fim de disponibilizar os insumos (em especial minérios) necessários ao processo produtivo, por meio de estratégias de transporte e desta forma, viabilizar a produção competitiva de seus produtos.

Essa questão se agrava com os minerais de baixo valor agregado, quando os custos logísticos podem ser, muitas vezes, superiores ao valor do próprio produto mineral em questão.

Neste contexto, o presente trabalho visa mostrar a possibilidade de utilizar alternativas de transporte inovadoras e mais eficientes para a cadeia siderúrgica, podendo contribuir para diminuição dos gastos logísticos, bem como reduzir o consumo de energia não renovável e a poluição. Com isso, a utilização de contêineres nas operações de transporte intermodal pode ser um diferencial competitivo importante, simplificando as operações de transbordo e melhorando a eficiência operacional.

De acordo com Oliveira (2010), as operações envolvendo contêineres vem crescendo a uma taxa de 5,4% ao ano no contexto global, e chegou em março de 2010 a uma movimentação de 147 milhões de TEUs, correspondendo a 1,48 bilhão de toneladas, com o valor da carga totalizando US\$ 4,5 trilhões. A tendência é que o transporte por contêineres continue em ascensão, chegando a 287 milhões de TEUs em 2016 e a 371 milhões de TEUs em 2020.

Na Austrália e Europa, por exemplo, o transporte por contêineres vem apresentando crescimento, como alternativa para aplicação da intermodalidade, já que em algumas regiões há oferta de infraestrutura que permite principalmente utilizar a combinação rodo-ferroviária no escoamento de carga (JANIC, 2008).

A China também vem apresentando crescente utilização do contêiner para o transporte doméstico de cargas, já que o país possui uma vasta extensão territorial e o

contêiner permite com facilidade, as operações de transbordo entre os modos, contribuindo assim para utilização da intermodalidade no transporte, como forma de redução do custo logístico (BÄCK, 2003).

No Brasil, com base na publicação da Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de Uso Público – ABRATEC (2011), se nota um crescimento nos últimos cinco anos da frota de contêineres de 4.467.124 TEUs em 2007 para 5.216.219 TEUs em 2011. No entanto, a grande massa dos contêineres utilizados no país é direcionada às operações de transporte internacional e estão geograficamente localizados nas proximidades dos terminais marítimos. Contudo, o presente estudo, visa comparar e avaliar as alternativas de transporte disponíveis para o transporte de calcário siderúrgico de uma determinada usina, onde uma das inovações apontadas na operação é a utilização de contêineres para o transporte deste insumo. O processo de avaliação das alternativas de transporte, além de apresentar indicadores para os aspectos financeiros, possui enfoque ambiental de forma a demonstrar a possibilidade de obter uma alternativa de transporte sobretudo sustentável.

A escolha da siderurgia como base para o estudo deve-se ainda a sua importância para a economia nacional, já que é considerada uma indústria de base, responsável por fornecer produtos semiacabados para muitas outras indústrias, como por exemplo: automobilística, metal-mecânica, eletrodomésticos e construção civil. Desta forma, a produção, distribuição e consumo de aço e ferro fundido são indicadores de desenvolvimento econômico de um país, já que faz interface com diversas outras indústrias.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é comparar e avaliar as alternativas de transporte disponíveis para o abastecimento de uma usina siderúrgica com calcário sob o enfoque ambiental.

Como objetivos secundários, destacam-se:

- Comparar o transporte intermodal de calcário siderúrgico utilizando contêiner com alternativas de transporte disponíveis;

- Comparar e avaliar as alternativas de transporte sob os aspectos econômico-financeiros e socioambientais, por meio de um estudo de caso;

1.2 Justificativa

O aço e o ferro possuem características intrínsecas como a resistência mecânica, durabilidade, capacidade de conformação, maleabilidade, ser reciclável e ter baixo custo de produção. Estas características fazem com que o aço seja largamente utilizado em produtos para a agricultura (tratores, silos, arados etc.), para os transportes (carros, caminhões, navios e aviões), para a construção civil (estruturas, galpões, vigas, tubos etc.), para a indústria de eletrodomésticos e em muitas outras utilidades.

Desta forma, uma gestão efetiva da cadeia logística da indústria siderúrgica é um ponto chave para manter o valor do aço competitivo, uma vez que esta cadeia demanda um volume muito grande matérias primas (MOURÃO, 2007).

O transporte de uma matéria-prima em especial, neste caso o calcário, inserido nesta cadeia logística, é um dos grandes componentes do custo final do produto, já que o calcário utilizado nas unidades de calcinação siderúrgica, juntamente com outros minérios: ferro, carvão mineral e fundentes, incorrem como principais matérias-primas base no processo de produção do aço. E este mineral, por sua vez, possui baixo custo de aquisição, o que faz do transporte um os itens mais onerosos e importantes de ser estudado.

Como as ferrovias no Brasil possuem uma tendência de atender em primeiro plano os interesses de seus concessionários, muitas empresas ficam prejudicadas pela baixa oferta de transporte por este modo. Isso ocorre em especial na configuração de equipamentos específicos para o transporte de determinados produtos, neste caso os vagões.

Hoje, grande parte da frota dos vagões já está direcionada aos fluxos determinados pelas concessionárias, não deixando alternativa às empresas que buscam soluções mais baratas para transportes de seus insumos e/ou produtos acabados, sobrando, em muitos casos, apenas a alternativa do modo rodoviário. Modo este, que vem se tornando cada vez mais oneroso, principalmente para o transporte de grandes

volumes de produtos de baixo valor agregado, cuja vocação indicaria o uso de modos de maior capacidade, como o ferroviário e o hidroviário, capazes de minimizar o custo unitário de transporte. O maior custo de transporte característico do modo rodoviário fica ainda agravado em função dos problemas de infraestrutura, característicos do Brasil, como a má conservação das rodovias e a falta de capacidade, com reflexo nos congestionamentos.

O contêiner por sua vez, surge como alternativa, já que se trata de um equipamento de transporte, caracterizado por sua padronização em termos de dimensões, facilitando o manuseio e transbordo da carga entre modos. Além disso, em uma análise preliminar junto a VALE, uma das concessionárias responsáveis pela operação ferroviária no Brasil, nota-se uma ociosidade na utilização de vagões plataforma, que por sua vez são os mais adequados para transporte de contêineres, podendo assim contribuir para a viabilidade econômico-financeira de transportar calcário em contêineres para abastecimento de usinas siderúrgicas que não são atendidas pelas ferrovias atualmente (RAVARA, 2011).

Não obstante aos fatores econômico-financeiros, o presente trabalho foca nos fatores socioambientais, em especial o consumo de energia não renovável e emissão de poluentes, já que, segundo Fukuyama (2011), as emissões totais de CO₂ provenientes da produção de aço em usinas siderúrgicas a partir de diferentes rotas de fabricação são estimadas em 3.169 milhões de toneladas para produção de 1.781 milhões de toneladas de aço até 2020, enquanto que o consumo específico de energia é estimada em 14,43 GJ/t de aço bruto.

Neste sentido, as usinas siderúrgicas vivem nos dias atuais, segundo Sirmour (2012), uma busca constante por minimizarem seus impactos ambientais e como as operações de transporte representam alto consumo energético e grande emissão de poluentes torna-se uma interessante campo de pesquisa.

Diante do exposto, dentre os diversos fatores que motivam o desenvolvimento desta pesquisa, destacam-se:

- O alto custo da atividade de transporte dentro da cadeia logística, uma vez que, essa atividade está classificada, segundo Ballou (2010) como representando de 1/3 a 2/3 do custo logístico total;

- A importância da siderurgia para a economia do país, principalmente em tempos de ampliação da infraestrutura e competição global (MOURÃO, 2007);
- Necessidade de mudança na matriz de transportes, buscando utilizar modos mais baratos, assim como o aumento do uso da intermodalidade e multimodalidade, tendo ainda o objetivo de melhorar a eficiência energética do setor de transporte e buscar operações menos poluentes.

1.3 Hipóteses

Este trabalho tem por hipótese a existência de possibilidade de transportar granéis de baixo valor agregado [R\$/t] por meio de transporte intermodal com a utilização de contêineres comparado a outras alternativas disponíveis.

Acredita-se que a verificação desta hipótese sobre o transporte de calcário para o suprimento de uma indústria siderúrgica, como alternativa de integração entre modos de transporte permitirá concluir que:

- O custo de transporte do calcário para a usina siderúrgica a ser estudada é mais baixo quando utilizado a intermodalidade, tendo o contêiner como ferramenta fundamental para esta integração, considerando ainda o problema de oferta de vagões e praça nos trens pelas concessionárias operadoras das ferrovias;
- A utilização de contêineres no transporte de calcário tende a melhorar o desempenho da operação de transporte ferroviário, devido a facilidade de manuseio e baixa complexidade nas operações de transbordo, garantindo maior produtividade da frota utilizada;
- Devido as suas características, o contêiner pode garantir melhor integridade da carga, onde no caso do calcário para o caso em estudo, a granulometria é fundamental para o processo produtivo;
- Devido a facilidade de manuseio e baixa complexidade das operações de transbordo, a utilização de contêineres no transporte de calcário tende a reduzir o consumo de energia não renovável, especificamente óleo diesel.

- Considerando a hipótese anterior, a utilização de contêineres no transporte de calcário tende a reduzir as emissões de CO₂ e poluentes atmosféricos.

1.4 Metodologia

A metodologia a ser adotada nesta pesquisa baseia-se no trabalho de Menon *et al.* (1999), definida como “*Discovery Oriented Approach*”, baseada na geração de uma proposta inicial com base em conhecimentos teóricos, aprimoramento desta proposta inicial com base na experiência prática (visão empresarial ou prática gerencial) e verificação da validade da proposta aprimorada por meio de sua aplicação. Essa metodologia é dividida em três etapas, descritas a seguir.

Etapla 1 – aplica-se uma perspectiva baseada na visão acadêmica e no estudo do estado da arte, onde se busca identificar e analisar os conceitos teóricos ligados ao tema por meio de dados secundários encontrados na literatura nacional e estrangeira. Nesta etapa realizar-se-á um estudo exploratório baseado em revisão bibliográfica em duas fases.

Fase 1 – Assuntos relativos a alternativas de suprimento de granéis minerais para o processo siderúrgico, em particular para o caso do calcário onde se busca identificar a prática nacional e internacional e o estabelecimento de um modelo conceitual genérico. Esta revisão bibliográfica deve considerar reverências clássicas sobre o tema e os trabalhos inovadores mais recentes (últimos 5 anos), onde se procura identificar alternativas inovadoras, como o uso de contêineres, destacando seus pontos fortes e oportunidades de melhoria;

Fase 2 – Assuntos relativos à análise de desempenho das alternativas de transporte com enfoque ambiental, considerando a base conceitual de análise desempenho e a modelagem para análise de desempenho em transportes. O enfoque também deve ser para o transporte de suprimento de granéis (sólidos, líquidos, agrícolas, minerais etc.).

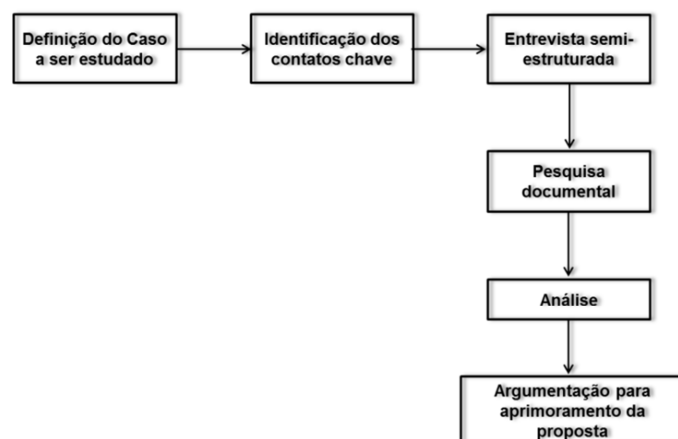
Como resultado da Fase 1, pretende-se identificar estudos semelhantes ao proposto e com isso apresentar uma proposta preliminar de modelo físico-operacional do suprimento de granel mineral, em particular o calcário, para a indústria siderúrgica,

cujo desempenho deve ser analisado, aplicando-se os conceitos identificados na Fase 2.

Como se trata de um método qualitativo baseado em fontes secundárias faz-se necessário o seu aperfeiçoamento e a sua verificação por meio de pesquisa documental e entrevistas com especialistas no assunto, o que será desenvolvido na Etapa 2.

Etapa 2 – Aplica-se uma perspectiva baseada na visão empresarial (prática gerencial), onde se busca identificar e analisar os conceitos práticos ligados ao tema através de dados primários, coletados em pesquisas qualitativas e quantitativas com especialistas e executivos ligados às áreas do tema em estudo.

Recomenda-se a observação dessas práticas no ambiente empresarial (pesquisa documental) e a elaboração de pesquisa de campo. O procedimento para elaboração de pesquisa que atenda a perspectiva baseada na visão empresarial é semelhante ao apresentado por Almeida *et al.* (2004) e tem sido utilizado pela equipe do Programa de Engenharia de Transporte da COPPE/UFRJ na elaboração de pesquisa em projetos institucionais (Figura 1.1).



Fonte: adaptado de Almeida *et al.* (2004)

Figura 1.1 - Procedimento de pesquisa para captação da visão empresarial.

A pesquisa documental consistirá na análise de documentos e de relatórios cedidos pela empresa pesquisada e outros documentos não publicados. A pesquisa de campo será realizada por meio de entrevistas pessoais, na sede da empresa, onde se procurará levantar as experiências e opiniões dos executivos da área de logística quanto às questões da pesquisa.

Etapas 3 – Aplicação de uma perspectiva baseada no conhecimento gerado a partir da associação e análise das perspectivas anteriores para avaliar o desempenho das alternativas de transporte de calcário para o suprimento de uma indústria siderúrgica, comparado as alternativas existentes. Isso será feito por meio de um estudo de caso.

1.5 Estrutura da dissertação

A partir desta introdução, esta dissertação se divide em 6 Capítulos.

O Capítulo 2 traz uma revisão da literatura destacando as práticas e inovações no transporte de insumos siderúrgicos.

O capítulo 3 contém uma descrição geral sobre o processo de avaliação de desempenho de alternativas de transporte sob a ótica econômico-financeira e socioambiental, assim como os principais atributos apontados na literatura e o procedimento de avaliação das alternativas de transporte a ser aplicado neste trabalho.

O capítulo 4 trata da identificação do caso a ser estudado, assim como os resultados para cada indicador de atributo analisado.

No capítulo 5 são analisados os resultados obtido por meio do estudo de caso, bem como a aplicação do procedimento de avaliação das alternativas de transporte analisadas neste trabalho de forma a verificar a viabilidade da utilização de contêineres no transporte de calcário siderúrgico.

E, por fim, o capítulo 6 traz as conclusões obtidas neste trabalho, além de sugestões para trabalhos futuros e as limitações identificadas.

2 O TRANSPORTE DE INSUMOS NO ABASTECIMENTO DE USINAS SIDERÚRGICAS

2.1 Considerações iniciais

Para que melhor se possa avaliar o impacto causado pela movimentação das cargas siderúrgicas, em especial os insumos para produção do aço, no sistema de transporte, deve-se considerar que para produzir 1 tonelada de aço são necessárias cerca de 2,7 toneladas de insumos, entre os quais destacam-se o minério de ferro, o carvão e o calcário, que participam com quantidades significativas (IAB, 2011).

Desta forma, o abastecimento de usinas siderúrgicas resulta em mais de uma centena de milhões de toneladas de cargas transportadas por ano, caracterizando o setor siderúrgico como um dos maiores usuários dos serviços de transporte de cargas do país.

Para que se tenha uma idéia da importância do item transporte para a siderurgia, deve-se registrar que para movimentar cerca de 101 milhões de toneladas de insumos para indústria siderúrgica em 2010, foram dispendidos, aproximadamente, US\$3.600 milhões. Considerando-se que, neste mesmo ano, o setor siderúrgico, no Brasil, arrecadou US\$36.288 milhões, verifica-se que os gastos em transporte corresponderam a 10% do faturamento total, o que coloca em destaque entre os itens que compõem a planilha de custos da produção brasileira de aço. (IAB, 2011 e CNT, 2011).

Salienta-se entre os elos da cadeia de produção e distribuição dos produtos siderúrgicos, os custos em transporte, como um dos itens que podem e devem ser racionalizados, no sentido de minimizar o custo final desses produtos, elevando assim sua competitividade.

2.2 Os principais insumos da produção siderúrgica

Segundo Mourão (2007) e Rizzo (2005), a área de insumos ou matérias primas de uma usina siderúrgica, em especial os insumos minerais corresponde à etapa inicial de um ciclo produtivo, cujo produto final é o aço.

Ainda de acordo com os autores, pode-se dizer que a qualidade do produto final, em princípio, se consolida nesta etapa inicial do processo siderúrgico, com a garantia da qualidade dos insumos recebidos nas usinas.

Neste sentido, o processo de abastecimento deve funcionar garantindo o suprimento destes insumos em qualidade, operacionalidade e custo, onde, por sua vez, o transporte se posiciona como sendo um dos principais componentes de sucesso ou insucesso da competitividade de uma determinada usina siderúrgica.

Conforme apontado no item 2.1 deste estudo, dentre os diversos insumos necessários à produção siderúrgica, conforme detalhado na tabela 2.1, destacam-se o minério de ferro, o carvão mineral e o calcário.

Tabela 2.1 – Principais insumos siderúrgicos movimentados em 2010

INSUMO SIDERÚRGICO	VOLUME MOVIMENTADO (t)
Minério de ferro	46.444.000
Carvão mineral	17.677.000
Coque	11.405.000
Sucata de ferro	6.538.000
Calcário calcítico	5.683.000
Pallets	5.620.855
Calcário dolomítico	2.267.000
Cal	2.228.000
Ferro Gusa	2.101.000
Minério de Manganês	545.000
Ferroligas	441.960
Óleo combustível	178.795
Alumínio	66.088
GLP	63.114
Óleo diesel	29.674
Fluorita	26.976
<i>Calcium Carbide</i>	23.053
Eletrodos	20.810
<i>Silicon Carbide</i>	11.277
Estanho	3.111
Chumbo	426
TOTAL	101.374.139

Fonte: IBS (2011)

Insumos como coque e sucata de ferro, cujo volume apresentado na Tabela 2.1 que são bastante expressivos, em grande parte das usinas siderúrgicas integradas, são

gerados internamente, não demandando transporte e sim movimentação interna conforme conceitos apontados por Ballou (2007). O coque utilizado na produção de aço, na maior parte das usinas siderúrgicas é obtido através da queima do carvão mineral.

Assim como o coque, a sucata de ferro também é gerada internamente, em grande parte das usinas siderúrgicas, principalmente nos processos de lingotamento e laminação (GARCIA et al., 2006).

Com isso a grande massa de insumos transportados a título de transferência no Brasil são o minério de ferro, calcário calcítico e dolomítico, além do carvão mineral, que no Brasil em 2010 foi 100% importado, conforme dados do IAB (2011) e WSA (2011). Assim, em 2010, conforme Tabela 2.1, estes três insumos totalizaram 71% dos insumos adquiridos e transportados para suprimentos da produção siderúrgica no Brasil, podendo ser considerados os insumos mais importantes do ponto de vista do planejamento de transporte das usinas siderúrgicas.

2.3 O transporte de insumos siderúrgicos para abastecimento às usinas siderúrgicas

Baseado em Martins et al (2005); Sellito e Mendes (2006); Mezrahi (2005); Gonçalves (2008); Nascimento (2010); Poso (2007); Barros (2011); Pandey (2006); Rossetti et al. (2009); Coelho (2008); South East Freight Logistics Task Force (2006); Sirmour (2012); Bhutan (2011); Chaudhury (2005); Niklitschek (2009); Hallbjörner e Tyrén (2004); Kerkkänen (2007); Akabane et al. (2009); Houpt (2002) e Ruiz e Romero (2002), foi elaborada a Tabela 2.2 para uma melhor visualização dos modos de transporte e a forma de agregação da carga no transporte de insumos siderúrgicos.

Tabela 2.2 – Modalidades de transporte e formas de agregação utilizada no transporte de insumos siderúrgicos

INSUMO SIDERÚRGICO	MODO DE TRANSPORTE					FORMA DE AGREGAÇÃO USUAL				
	Rodoviário	Ferroviário	Aquaviário	Dutoviário	Aéreo	Granel	Unitizado			
							Saca	Big bag	Caixa	Contêiner
Minério de ferro	X	X	X	X		X				X
Carvão mineral	X	X	X			X				
Coque	X	X	X			X				
Sucata de ferro	X	X	X			X				X
Calcário calcítico	X	X				X				X
Pallets	X	X								
Calcário dolomítico	X	X				X				X
Cal	X	X				X		X		X
Ferro Gusa	X	X	X			X				X
Minério de Manganês	X	X	X			X				X
Ferroligas	X	X	X			X				X
Óleo combustível	X	X	X	X		X				X
Alumínio	X	X	X			X				X
GLP	X	X	X	X		X				
Óleo diesel	X	X	X	X		X				X
Fluorita	X	X				X				
Calcium Carbide	X	X	X						X	X
Eletrodos	X				X				X	
Silicon Carbide	X	X	X						X	X
Estanho	X					X				

Fonte: elaboração própria a partir de WSA (2011)

Com relação à distribuição modal, pode-se dizer que segundo Poso (2007), CNT (2011) e Castro (2002) o modo ferroviário é o mais utilizado no transporte de insumos para indústria siderúrgica no Brasil, porém, tem seu foco voltado muitas vezes ao atendimento específico do minério de ferro, ficando os demais insumos sob domínio do modo rodoviário, mesmo não sendo este o mais apropriado para o transporte em grande escala. Este aspecto é detalhado no subitem 2.3.1. O segundo modo mais utilizado é o ferroviário e, na sequência, o hidroviário. De acordo com Coelho Neto (2006), o modo hidroviário tem sido utilizado de forma combinada, ou seja, juntamente com outros modos terrestres (rodoviário e ferroviário), assumindo a configuração intermodal, principalmente para insumos cuja obtenção é através de importação, caso principal do carvão mineral.

2.3.1 Distribuição modal no transporte de insumos siderúrgicos

Os insumos, entre os quais destacam-se o minério de ferro, o carvão e o calcário, caracterizam-se por serem cargas do tipo granel e por comporem lotes, comumente, de grande tonelagem e volume. Outra particularidade dos insumos, de grande importância com relação ao transporte, refere-se ao fato dessas cargas terem muitas origens – as diversas minas, e um único destino – a usina. Deve-se ressaltar que este

tipo de produto permite, quase sempre, uma grande produtividade em seu transporte e no seu manuseio em pátios e terminais.

Por outro lado, com relação ao transporte, os produtos siderúrgicos apresentam características bastante diversas das matérias-primas. Os produtos siderúrgicos, tais como bobinas, chapas, perfis, placas, entre outros, podem ser considerados como carga geral. E devido às variedades de tipo, às dimensões e peso, estes produtos requerem certos cuidados no seu manuseio, armazenagem e transporte. Normalmente são transportados de uma única origem – a usina – para vários destinos – os clientes.

Deste modo, considerando a quantidade e as características de circulação das cargas siderúrgicas, salienta-se a importância do Setor Siderúrgico em relação ao Setor de Transportes, pois sendo a Usina ao mesmo tempo um pólo concentrador, transformador e gerador de cargas, o volume de transporte necessário para atender suas necessidades operacionais é significativo.

Tendo em vista as suas particularidades, pode-se dizer que a carga siderúrgica, em geral, apresenta expressivas vantagens, quando movimentada através das modalidades de transporte de grande capacidade, ou seja, pode-se considerar que este tipo de carga é adequado para o transporte ferroviário e hidroviário.

No entanto, é interessante observar que, no Brasil, as modalidades ferroviária e rodoviária é que vêm realizando, quase exclusivamente, o transporte destas cargas, em razão das facilidades e dificuldades vivenciadas por cada uma ao longo do tempo.

Assim, apesar da ferrovia ter sempre mantido uma participação importante no transporte de insumos siderúrgicos, esta posição não vem demonstrando evolução ao longo dos últimos anos.

Ainda assim, no que diz respeito à alocação modal no transporte de insumos para a siderurgia, pode-se dizer que o transporte ferroviário sobressai-se em relação aos demais modos. Esta participação destacada pode ser explicada pelo fato destas cargas possuírem características que as classificam como uma das mais adequadas ao transporte ferroviário e hidroviário. No entanto, observa-se que a modalidade hidroviária não vem produzindo um volume de transporte que era de se esperar, apesar das características técnicas de transporte deste modo serem adequadas a este

tipo de transporte. A evolução da participação de cada modalidade no transporte de insumos siderúrgicos é apresentada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Distribuição modal no transporte de insumos siderúrgicos no Brasil.

MODO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Varição
Aéreo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Dutoviário	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ferroviário	74%	73%	72,5%	71%	71%	70%	69%	-5%
Hidroviário	1%	1%	1,5%	2%	1%	2%	2%	1%
Rodoviário	25%	26%	26%	27%	28%	28%	29%	4%

Fonte: adaptado de ANUT (2011) e IAB (2011)

Observando-se a Tabela 2.3, verifica-se que a rodovia vem ganhando volume no transporte de insumos para siderurgia nos últimos anos, contrariando a tese de que tais cargas são vocacionadas ao transporte por meio de modos de grande capacidade, caso dos modos ferroviário e hidroviário.

Este comportamento em parte, pode ser explicado pela insuficiência da oferta do transporte ferroviário, devido à carência de investimento, conforme Barros (2011), Coelho Neto (2006) e Wanke e Fleury (2006).

A partir de então, a distribuição modal no transporte de insumos siderúrgicos vem mantendo praticamente inalterada, com participação do transporte ferroviário retornando, aos mesmos níveis alcançados no início da década.

Ao longo do período analisado, é importante salientar que o volume total de insumos movimentados cresceu em torno de 60% enquanto que, neste mesmo intervalo, a variação da quantidade dessas cargas transportadas, respectivamente, pela modalidade ferroviária, hidroviária e rodoviária, foi de aproximadamente -5%, 1% e 4%.

A movimentação de insumos realizada por via hidroviária deve-se quase que exclusivamente à Usiminas em Cubatão/SP e à Arcelor Mittal Tubarão em Serra/ES, que através de cais privativos, respectivamente os portos de Cubatão e Praia Mole, vem utilizando desta modalidade de transporte para o abastecimento de suas usinas, e ao transporte de carvão mineral, via Porto de Itaguaí, para a Companhia Siderúrgica Nacional - CSN (IAB, 2011).

2.3.2 Inovações no transporte de insumos siderúrgicos

Pandey (2006); Rossetti et al. (2009), Coelho (2008), SFLTF (2006), Sirmour (2012), Chaudhury (2005), Melo (2010), Figueiredo et al. (2003) apontam que as empresas necessitam buscar alternativas de transporte que tornem seus produtos mais competitivos no mercado. Neste sentido, a seleção do modo de transporte ou da combinação de modos a ser utilizada é fundamental na obtenção de vantagem competitiva. No entanto, muitas vezes, devido a características geográficas de localização do ponto de origem e consumo dos principais insumos siderúrgicos faz com que a modalidade de transporte mais adequada não possa ser utilizada.

Desta forma, conforme Fleury et al. (2000), Ballou (2007), Valente et. al. (2008) e Figueiredo et al. (2003), cabe às empresas buscarem alternativas e soluções logísticas para viabilizar e otimizar a infraestrutura de transporte existentes de forma a obter vantagens nos abastecimento ou escoamento de seus produtos. Neste contexto, nota-se crescente evolução na utilização de contêineres para transporte de cargas, mesmo aquelas cujas características técnicas as classificam como ideais para os transportes em massa a granel como os insumos siderúrgicos.

A figura 2.1, refere-se ao contêiner do tipo *bulk*, dotado de escotilhas superiores e válvula de descarga em seu fundo. Este equipamento vem sendo utilizado para transporte de insumos siderúrgicos, principalmente granéis importados, com valor considerável como ferroligas (Cronos Group, 2011).



Fonte: Cronos Group (2011)
Figura 2.1 – Contêiner 40 pés do tipo *bulk*.

A figura 2.2, refere-se ao contêiner do tipo *open top*, que por sua vez, vem sendo utilizado para transporte de carvão mineral no leste europeu por meio de trens contêineres unitários, que se caracterizam por frequências predeterminadas, a exemplo de trens de passageiros (CAWOODS CONTAINER SERVICES LIMITED, 2011).



Fonte: Cawoods Container Services Limited (2011)
Figura 2.2 – Contêiner de 20 pés do tipo Open Top

A figura 2.3, refere-se ao contêiner do tipo *halph height*, desenvolvido pela Cronos Group para o transporte de minérios e outros granéis de alta densidade. Seu comprimento e largura seguem o padrão ISO de um contêiner *dry van* 20 pés, porém sua altura corresponde a metade da altura de um contêiner de 20 pés convencional.



Fonte: Cronos Group (2011)
Figura 2.3 – Contêiner de 20 pés do tipo halph height

A figura 2.4, refere-se ao contêiner do tipo *open top* sem lona e com paredes reduzidas. Este tipo de contêiner sem sendo utilizado no transporte ferroligas, minério

de manganês e alumínio para siderúrgicas na Austrália, com aproveitamento no retorno de produtos siderúrgicos (AUSTRALIAN CONTAINER LEASING, 2011).



Fonte: Australian Container Leasing (2011)
Figura 2.4 – Container de 20 pés do tipo *open top* especial

A figura 2.5, refere-se ao contêiner 20 pés *dry van*, carregado com calcário. Este contêiner é o mais convencional entre os contêineres disponíveis no mercado. Mesmo não sendo projetado ou adaptado para o transporte de granéis, há possibilidade de sua utilização para tal fim, sendo necessários recursos específicos em seu processo de carga e descarga (SILVA et al., 2011).



Fonte: Silva et. al (2011)
Figura 2.5 – Container de 20 pés do tipo *dry van* carregado com calcário.
2.4 Considerações finais

É sabido que as cargas siderúrgicas, em especial os insumos utilizados na produção do aço, são movimentadas em grandes escalas por todo o mundo. Por representarem cargas de alto volume e movimentação constante, autores como Vaz (2010), Leitner (2004), Almeida (2004), Worrel et al (2001) e Carvalho et al (2004) as classificam como cargas vocacionadas exclusivamente para modos de transporte de grande capacidade, como o hidroviário e o ferroviário.

No entanto, há países que não possuem infraestrutura viária adequada para suportar as demandas por transporte de insumos siderúrgicos pelos modos hidroviário e ferroviário, ficando na dependência do modo rodoviário (KERKKÄNEN, 2007)

Com isso, cabe às usinas siderúrgicas, buscarem alternativas de transporte que além de atender suas demandas por suprimentos com seus principais insumos, tragam eficiência do ponto de vista econômico-financeiro e também do ponto de vista ambiental, já que o processo siderúrgico é considerado grande consumista de energia e emissor de poluentes (HIDALGO et al, 2005).

A containerização de insumos siderúrgicos para transportes cria uma oportunidade única para o desenvolvimento de novas alternativas de transporte, uma vez que, é possível transportar contêineres do tipo ISO pelos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário, possibilitando otimização dos ativos empregados no sistema de transporte, já que segundo Ranta e Rinne (2006) o contêiner possibilita o transporte de qualquer tipo de carga, salvo as proporções, não necessitando de veículos exclusivos como ocorre no transporte de insumos siderúrgicos a granel que demandam navios graneleiros, vagões do tipo gôndola ou *hopper* e carretas do tipo báscula.

3 AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE: ASPECTOS, ATRIBUTOS, INDICADORES, MEDIDAS E PROCEDIMENTOS.

3.1 Considerações iniciais

A escolha modal no processo de transporte de cargas é definida segundo Rodrigues (2008), como sendo uma atividade do planejamento logístico, onde são determinados os aspectos e estratégias da atividade de transporte, com foco principal na determinação do melhor modo ou combinação de modos que devem ser utilizados durante o transporte de cargas, sejam elas insumos ou bens acabados, necessitando da definição das características pertinentes ao processo de movimentação de cargas. No processo de escolha modal, é necessário considerar diversas variáveis, tanto qualitativas quanto quantitativas intervenientes nesse processo, assim como aspectos mercadológicos, infraestrutura de transporte e as tecnologias disponíveis.

Fatores considerados no processo de escolha modal são apresentados nos trabalhos de autores como Leal Jr. e D'Agosto (2011), Oliveira e Cury (2004), Fontana et al. (2009), Pacheco et al. (2008), Wanke e Fleury (2006), Bardi et al (2006) e Ballou (2007). Dentre os diversos fatores apresentados pelos autores, destacam-se o custo com a operação de transporte, os custos de estoques, o valor agregado da carga, a confiabilidade atribuída a operação de modo de transporte, a acessibilidade do modo, o *transit time*, a segurança da carga, a flexibilidade da opção modal etc. Neste sentido é notório que a efetividade da escolha modal seja relacionada com a obtenção de resultados que minimizem os custos e mantenham a qualidade no atendimento aos clientes. Além destes pontos, trabalhos como os apresentados por Leal Jr. e D'Agosto (2008), Wei et al. (2007), Leal Jr. e D'Agosto (2009a), Fontana et al. (2009) apontam uma nova tendência de avaliação de desempenho para escolha modal, utilizando aspectos socioambientais e não somente o uso isolado de aspectos econômico-financeiros.

Com isso têm-se uma gama de parâmetros qualitativos, que por sua vez, são de difícil mensuração e podem apresentar elevados índices de subjetividade, justificando a aplicação de métodos que permitam a convergência destes parâmetros para um coeficiente único, viabilizando assim, a tomada de decisão considerando todos os atributos relevantes.

São muitos os métodos e procedimentos utilizados para tomada de decisão quanto a definição do modo ou combinação de modos a ser utilizada no escoamento de determinada carga. Dentre esses métodos, há aplicações de modelos de programação linear, considerando exclusivamente variáveis quantitativas, conforme apresentado nos trabalhos de Martins e Caixeta-Filho (1998) e Potter et al (2004) e de algoritmos de rede, conforme o trabalho de Mutabingwa (2011). Considerando parâmetros subjetivos e objetivos, os métodos de escolha discreta são aplicados na escolha modal, conforme trabalhos de Keedi (2011) e Bardi et al (2006). Os métodos multicritérios também são utilizados nesse processo de escolha e são apresentados no trabalho de Granemann e Gartner (2000).

No entanto, em função das características sistêmicas e de integração no qual é concebido o serviço de transporte, a escolha do melhor modo ou combinação de modos para o transporte de determinada carga deve ser realizada mediante avaliação de seu desempenho, considerando o ponto de vista, a abrangência e nível de análise (Ballou, 2007).

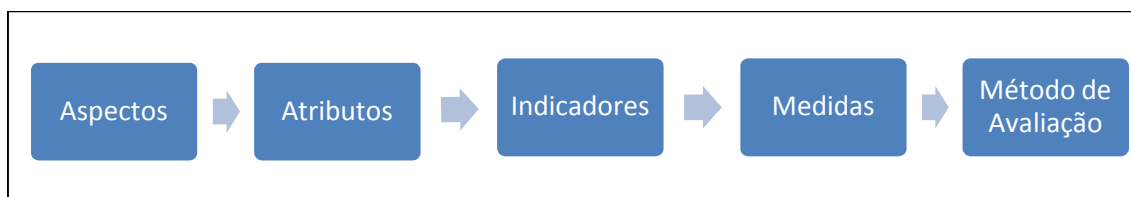
3.2 Avaliação de desempenho em transportes

No que se refere ao ponto de vista, pode ser considerado o enfoque do embarcador, do transportador, da sociedade, do governo ou de qualquer outro elemento do sistema de transporte. Cada um desses envolvidos no processo possui objetivos diferentes que podem alterar o resultado da avaliação.

A avaliação do desempenho pode ter um foco restrito ou considerar todo o sistema de transporte. A definição do foco estará associada aos objetivos da avaliação e ainda ao grau de complexidade que se quer imprimir no processo. É possível avaliar apenas uma simples operação de transferência de produtos de uma fábrica para um centro de distribuição ou ampliar a abrangência para toda a cadeia de suprimentos.

O nível de análise divide-se em: estratégico, que define como deve ser o sistema; tático, que analisa como o sistema pode ser eficiente; e operacional, que compreende a implementação do sistema (Novaes e Alvarenga, 1994; D'Agosto, 2004). Novaes e Alvarenga (1994) complementam essa idéia, citando que o planejamento de transporte inclui o conhecimento de elementos que se enquadram nos níveis apresentados e estão associados ao horizonte de tempo que se quer abranger.

Em função das abordagens apresentadas e para um melhor entendimento da avaliação de desempenho, se faz necessária a definição de alguns termos que são frequentemente utilizados, mas que apresentam conceitos que variam dependendo da fonte utilizada e que muitas vezes são confundidos. A avaliação de desempenho em transportes é composta de categorias, aspectos, atributos, indicadores e medidas que possuem uma relação hierárquica entre si, conforme mostra a Figura 3.1.



Fonte: adaptado de Leal Jr. (2010)

Figura 3.1 – Componentes do processo de avaliação para escolha da alternativa de transporte

A identificação coerente dos aspectos, atributos, indicadores e medidas de desempenho são fundamentais no estabelecimento dos critérios de avaliação de desempenho e dá suporte à avaliação de desempenho da melhor alternativa de transporte.

Autores como Constantino et al (2007); Novaes e Alvarenga (1994); Ballou (2010); Chopra e Meindl (2003); D'Agosto (2004); Maximiano (2000); apresentam diferenças nos enfoques para tais conceitos. O entendimento de cada um destes conceitos fornece um melhor resultado na avaliação de desempenho em transporte. Adiante, cada um dos componentes do processo de avaliação para escolha da melhor alternativa de transporte.

3.2.1 Aspectos

Os aspectos representam o ponto de vista no qual um fenômeno será avaliado (IQUIAPAZA et al., 2009). Neste sentido, as organizações em seu planejamento costumam definir os aspectos mais relevantes em suas tomadas de decisão, sejam nos processos de comercialização ou aquisição.

Na área de transportes, os aspectos orientam a perspectiva da avaliação das alternativas disponíveis, que segundo Leal Jr. e D'Agosto (2011b) vem sendo utilizado

os de base (1) econômico-financeiro, que abrange questões que interferem no resultado monetário da empresa e (2) socioambiental, que considera questões de impactos sociais e ambientais causados pelos transportes, não necessariamente influenciando nos custos.

3.2.2 Atributos de desempenho

Um atributo define-se, segundo Holanda (2010), como uma qualidade ou característica associada a um elemento e em transporte se refere a uma característica da rede, modo de transporte, tipo de operação etc. Os atributos são genéricos e podem representar idéias diferentes, dependendo de quem os interpreta.

Os atributos representam os aspectos e constituem uma direção para a criação de indicadores que os irão representar preferencialmente de forma quantitativa. Para o transporte de carga, muitos são os atributos abordados pela literatura e os mais citados são detalhados a seguir, tanto para os aspectos econômico-financeiros quanto para os socioambientais.

3.2.2.1 Custo

Esse atributo é um dos mais citados pela literatura, principalmente no tocante à logística e normalmente considerado um dos mais importantes no grupo dos econômico-financeiros. Praticamente todos os outros atributos podem ser transformados em custos para o transporte. Dependendo do ponto de vista de quem faz a avaliação, esse atributo pode ter diferentes conceitos. Do ponto de vista do transportador, os custos compreendem os custos médios totais de transporte (fixos e variáveis) mais as taxas adicionais (impostos, seguros etc.). Do ponto de vista do usuário/clientes, os custos são os valores desembolsados para se transportar um bem de sua propriedade.

3.2.2.2 Confiabilidade

Segundo Caixeta-Filho e Martins (2007), do ponto de vista do embarcador, a confiabilidade é um dos principais atributos avaliados na escolha do modo de

transporte a ser utilizado. A confiabilidade no processo de transporte representa a entrega da carga no destino estipulado, no prazo estipulado e nas condições determinadas pelo cliente. De acordo com Castro (2003), uma maior confiabilidade no transporte possibilita uma redução direta em perdas ou avarias nos produtos e, além disso, uma menor necessidade de recursos em armazéns. Durante anos, o atributo confiabilidade tem sido identificado como o mais importante no transporte (BOWERSOX & CLOSS, 2007).

3.2.2.3 Disponibilidade

A disponibilidade é o atributo relacionado ao grau de capilaridade que o modo possui para atingir os pontos de origem e destino (número de localidades em que o modo se encontra presente). Segundo Ballou (2007), a disponibilidade permite ao modo rodoviário exercer uma das suas principais vantagens, que é o transporte porta a porta, pois isso reduz a necessidade do transbordo entre origem e destino, o que ocorre com outros modos. Essa maior disponibilidade do modo rodoviário também possibilita que este seja considerado um modo complementar aos outros. De acordo com Castro (2003), uma maior disponibilidade no transporte permite uma menor necessidade de recursos em armazéns, mão-de-obra e outros fatores de produção.

3.2.2.4 Flexibilidade

O atributo flexibilidade relaciona-se à facilidade de um modo acessar pontos distantes independente da infraestrutura das vias. De acordo com Valente et al (2009), essa é uma das principais vantagens do modo rodoviário, pois, para que o modo ferroviário possa efetuar um transporte, é necessária uma infraestrutura de linhas férreas. Já para o modo hidroviário, é necessária uma via navegável.

3.2.2.5 Frequência

A frequência está associada à capacidade, pois, para atender à mesma demanda, um modo de maior capacidade unitária (hidroviário) deve apresentar uma frequência menor, enquanto que um modo de menor capacidade unitária (rodoviário) deve

apresentar uma frequência maior. Uma maior frequência justifica a redução do volume de investimentos em fatores de produção, tais como: armazéns e mão-de-obra (CASTRO, 2003).

3.2.2.6 Segurança

O atributo segurança possui relação com as perdas e danos no transporte, ou seja, se ocorrem problemas com a carga, avarias, roubos e furtos (BALLOU, 2007).

Para Rodrigues (2008), os indicadores relacionados a danos e avarias são significativos na escolha do modo a ser utilizado para escoamento de determinada carga. O autor ainda salienta que, a medida que a carga é exposta a manuseios e transbordos, cresce a possibilidade de avarias.

Desta forma, em alguns casos, o tomador de decisão pode optar por um modo ou combinação de modos mais caro, justificados pela fragilidade da carga, primando pelo atributo segurança.

Neste sentido, Bardi et al (2006) e Keedi (2007), consideram a possibilidade de avarias e a segurança quanto a roubos, atributos significativos na escolha modal.

3.2.2.7 Tempo

Esse atributo diz respeito ao tempo de viagem entre a origem e o porto de destino. Nesse atributo estão contidos os valores dos tempos da viagem e de transbordo, sendo que o tempo é inversamente proporcional à velocidade desempenhada, ou seja, o modo que possuir a maior velocidade no transporte apresentará o menor tempo. Segundo Caixeta-Filho e Martins (2007), o tempo é um dos fatores de redução do frete. Além disso, para Valente et al (2009), o tempo para se transportar uma mercadoria e a possibilidade de fazer essa operação porta a porta, sem necessitar do transbordo, é a principal vantagem do modo rodoviário, pois isso reduz o tempo de viagem por não existir o tempo de transbordo.

3.2.2.8 Consumo de energia

A energia associa-se geralmente á capacidade de produzir um trabalho ou realizar uma ação, o que em transportes faz-se necessário seu uso para realização das atividades de deslocamento de pessoas e cargas.

O consumo de energia pelas operações de transporte se dá tanto pela utilização de fontes de energia renováveis, quanto por fontes de energia não renováveis. Onde, o consumo de energia renovável está diretamente ligado às fontes como eletricidade a partir de hidrelétricas e termoelétricas ou mesmo fontes como os biocombustíveis, enquanto o consumo de energia não renovável está ligado a fontes como combustíveis fósseis tais como petróleo e carvão.

Como o transporte, segundo Wanke e Fleury (2006) é responsável por grande volume de consumo de energia, principalmente não renovável, este indicador se torna relevante.

3.2.2.9 Emissão de gases de efeito estufa

O efeito estufa é um processo que ocorre quando parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera. Como consequência disso, o calor fica retido, não sendo liberado para o espaço. O efeito estufa dentro de uma determinada faixa é de vital importância, pois, sem ele, a vida como a conhecemos não poderia existir. Serve para manter o planeta aquecido, e assim, garantir a manutenção da vida. No entanto, o Mundo está em um processo onde há a ocorrência de um agravamento do efeito estufa que está desestabilizando o equilíbrio energético no planeta e originando um fenômeno conhecido como aquecimento global (*Global Warming*, 2004).

No transporte, os gases de efeito estufa, com destaque para o dióxido de carbono – CO₂, são liberados em sua operação e causam impacto em todo o planeta.

Neste contexto, algumas organizações já consideram relevante considerar alternativas de transporte que minimizem os impactos ambientais através da redução nas emissões de gases de efeito estufa, principalmente o CO₂.

3.2.2.10 Emissão de poluentes atmosféricos

A poluição atmosférica refere-se a mudanças da atmosfera susceptíveis de causar impacto a nível ambiental ou à saúde humana, através da contaminação por gases, partículas sólidas ou líquidas em suspensão (JACOBSON, 2002).

As operações de transporte, por sua vez, são responsáveis por grande parte das emissões de poluentes atmosféricos com destaques para o monóxido de carbono – CO, o óxido de nitrogênio – NOx, o material particulado – MP e os hidrocarbonetos não metano – NMHC. Tais emissões também vêm preocupando autoridades públicas e parte da sociedade civil devido ao seu impacto ambiental e à saúde humana, tornando-se atributos relevantes a serem avaliados em pesquisas científicas.

3.2.3 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho são dados objetivos que descrevem uma situação, sob principalmente, o ponto de vista quantitativo, permitindo assim a constatação de resultados. Neste sentido, os indicadores representam os atributos com foco na criação de medidas para sua mensuração.

Para estabelecimento dos indicadores, Keebler e Plank (2009), aponta algumas características que julga importantes para os indicadores, conforme demonstrado na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Características de indicadores

Característica	Descrição
Quantificável	Indicador deve expressar um valor objetivo
Fácil compreensão	Indicador deve conduzir ao que está sendo medido e como é derivado
Motiva comportamento adequado	Indicador é equilibrado para recompensar o comportamento adequado e desencorajar o simples cumprimento de regras
Visível	Efeitos do indicador são prontamente aparentes para todos os envolvidos no processo medido.
Bem definida e compreensível	Indicadores são definidos com concordância com todos os processos chaves participantes, internos ou externos
Engloba tanto entradas quanto saídas	Indicador integra fatores de todas as faces do processo medido
Mede apenas o que é relevante	O indicador foca apenas desempenho chave, que realmente são significativos para o gerenciamento do processo
Visa economia de esforços	Benefício do uso de indicadores supera os custos de obtenção e análise
Facilita a confiança	Indicadores validam a participação dos vários envolvidos

Fonte: Adaptado de Keebler e Plank (2009)

Tais características apresentadas na Tabela 3.1 são aplicadas a indicadores que atuem na avaliação de qualquer atividade segundo Keebler e Plank (2009). Com isso, cada indicador expressa o nível do desempenho efetivamente atingido, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos desejados e resultados obtidos.

3.2.4 Medidas

Medidas são combinações de indicadores que representam de forma coerente, por relações lógicas e/ou matemáticas, os atributos do sistema cujo desempenho se está analisando.

Por si só, os indicadores não representam resultados relativos, sendo difícil a comparação entre os mesmos. Assim, atributos podem ser medidos por meio de indicadores que dão origem a medidas. A Tabela 3.2 apresenta uma seleção de medidas associadas a indicadores, atributos e aspectos.

Pezerico (2002) cita que um dos papéis da avaliação de desempenho é o de atribuir notas ao desempenho por meio de comparação a padrões. As medidas devem possibilitar que o avaliador identifique os desvios em relação aos padrões

estabelecidos de modo que possam ser tomadas ações para correção ou prevenção de problemas.

Moreira (1996 apud Pezerico 2002) estabelece que as medidas de desempenho devem ser confiáveis, válidas, relevantes e consistentes. Essas qualidades devem ser levadas em consideração no estabelecimento de medidas em um processo de avaliação.

De acordo com Neely et al. (1995), a medição de desempenho define-se como o processo de quantificação da eficácia e da eficiência de uma ação, sendo que as medidas de desempenho são as métricas utilizadas para tal quantificação. O conjunto dessas métricas compõe os sistemas de medição de desempenho.

Neste sentido, foi construída a Tabela 3.2, que apresenta uma relação de indicadores associados aos seus atributos e medidas com foco na operação de transporte analisada neste trabalho.

Tabela 3.2 – Aspectos, atributos, indicadores e medidas aplicados em transportes

Aspectos	Atributos	Indicadores	Medidas
Econômico-financeiros	Custo	Custo nos arcos	R\$/t
		Custo nos nós	R\$/t
		Custo operacional do contêiner	R\$/dia
			R\$/t
	Tempo	Velocidade de percurso	km/h
		Tempo de ligação origem x destino	h
	Confiabilidade	Distorção com relação ao tempo médio	%
		Variação do tempo de ligação origem x destino	h
	Segurança	Quantidade de produto avariada no transporte	t
		Custo com perda de produto	R\$/t
Socioambientais	Consumo de energia	Consumo total de energia não renovável	I_{diesel}
		Consumo de energia não renovável	$I_{\text{diesel}}/t_{\text{transportada}}$
	Emissão de poluentes	Emissões totais de CO ₂	kg
		Emissões de CO ₂	kg/t _{transportada}
		Emissões totais de CO	g
		Emissões de CO	$g_{\text{poluente}}/t_{\text{transportada}}$
		Emissões totais de NMHC	g
		Emissões de NMHC	$g_{\text{poluente}}/t_{\text{transportada}}$
		Emissões totais de NOX	g
		Emissões de NOX	$g_{\text{poluente}}/t_{\text{transportada}}$
		Emissões totais de MP	g
		Emissões de MP	$g_{\text{poluente}}/t_{\text{transportada}}$

Fonte: elaboração própria

3.3 Proposta de procedimento para avaliação de alternativas de transporte

O planejamento de transportes é uma linha de estudo que atua de forma a adequar as necessidades de transporte de uma região, sociedade ou setor da economia, quanto ao seu desenvolvimento de acordo com suas características estruturais. Isto significa implantar novos sistemas ou melhorar os existentes, mediante um processo de avaliação (RICH et al, 2009).

Segundo Rich et al (2009), Forkenbrock (2001) e Janic (2008), para se definir os critérios de avaliação, assim seus atributos, indicadores e medidas, faz-se necessário quantificar a demanda por transporte e saber como a mesma vai se distribuir dentro da área de estudo. Desta forma, como o presente estudo busca avaliar as alternativas de transporte de calcário para abastecimento à siderurgia faz-se necessário identificar a demanda por calcário e consequentemente a demanda por transporte deste insumo.

3.3.1 A demanda por transporte de calcário siderúrgico

Para avaliar a demanda por transporte de determinado produto as seguintes premissas devem ser levantadas, segundo Kawamoto (1999), Novaes (1978 e 1986) e Rich et al (2009):

- a) Tipo de carga a ser transportada: neste caso insumo siderúrgico especificamente calcário.
- b) Malha viária disponível: neste caso o conjunto de vias situadas dentro da área de estudo ou com acesso a ela e que possibilitam sua utilização para o transporte da carga a ser transportada, neste caso o calcário.
- c) Origem da carga: local, dentro do território nacional, considerado como produtor ou armazenador de calcário siderúrgico.
- d) Destino da carga: neste caso, as siderúrgicas ou pontos armazenadores que não sejam uma origem, localizadas dentro da área de estudo e considerados neste trabalho, dado o seu volume de produção.

Para uma melhor visualização da demanda por calcário siderúrgico, as tabelas 3.3 e 3.4 apresentam a matriz de origem destino do calcário destinado às usinas siderúrgicas integradas que possuem unidades de calcinação que demandam calcário para o processo integrado além de apresentar a malha viária disponível e as respectivas distâncias.

Tabela 3.3 – Principais mercados: fornecedor e consumidor de calcário siderúrgico, ano base 2010

PRINCIPAIS ORIGENS DE CALCÁRIO SIDERÚRGICO	PRINCIPAIS DESTINOS DO CALCÁRIO SIDERÚRGICO										Fornecimento total por origem
	Gerdau/Acominas Ouro Branco/MG	AcelorMittal- João Montevade/MG	Usiminas - Ipatinga/MG	V&M do Brasil - Belo Horizonte/MG	AcelorMittal - Serral/ES	CSN - Volta Redonda/RJ	CSA - Rio de Janeiro/RJ	Usiminas - Cubatão/SP	Gerdau - Divinópolis/MG	Gerdau - Simões Filho/BA	
Arços, MG	185.328 t	90.480 t	420.000 t	65.388 t	227.760 t	1.272.000 t	182.400 t	93.732 t	174.528 t	-	2.711.616 t
Grande Belo Horizonte, MG	778.800 t	259.200 t	494.664 t	174.720 t	602.820 t	-	354.000 t	-	128.040 t	-	2.792.244 t
São João Del Rei, MG	137.268 t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137.268 t
Adustina, BA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	354.989 t	354.989 t
Bom Sucesso de Itararé, SP	-	-	-	-	-	-	-	164.064 t	-	-	164.064 t
Saio de Pirapora, SP	-	-	-	-	-	-	-	164.400 t	-	-	164.400 t
Colombo, PR	-	-	-	-	-	-	-	211.200 t	-	-	211.200 t
Amirante Tamandaré, PR	-	-	-	-	-	-	-	97.332 t	-	-	97.332 t
Consumo total por destino	1.101.396 t	349.680 t	914.664 t	240.108 t	830.580 t	1.272.000 t	536.400 t	633.396 t	302.568 t	354.989 t	

Fonte: elaboração própria a partir de IAB (2011), MME (2011), WSA (2011)

Tabela 3.4 – Distâncias entre o mercado fornecedor e mercado consumidor de calcário, e suas respectivas distâncias.

PRINCIPAIS ORIGENS DE CALCÁRIO SIDERÚRGICO	PRINCIPAIS DESTINOS DO CALCÁRIO SIDERÚRGICO									
	Gerdau/Acominas Ouro Branco/MG	AcelorMittal- João Montevade/MG	Usiminas - Ipatinga/MG	V&M do Brasil - Belo Horizonte/MG	AcelorMittal - Serral/ES	CSN - Volta Redonda/RJ	CSA - Rio de Janeiro/RJ	Usiminas - Cubatão/SP	Gerdau - Divinópolis/MG	Gerdau - Simões Filho/BA
Arços, MG	291 km MG-050/BR-040 Ferrovas: FCA/EFVM	324 km MG-050/BR-381 Ferrovas: FCA/EFVM	427 km MG-050/BR-381 Ferrovas: FCA/EFVM	210 km MG-050 Ferrovia: FCA	756 km MG-050/BR-262 Ferrovas: FCA/EFVM	413 km BR-354/BR-381/BR-116 Ferrovia: FCA	569 km BR-354/BR-381/BR-116 Ferrovia: FCA/MRS	93.732 km BR-354/BR-381/SP-150 Ferrovas: FCA/MRS	94 km MG-050 Ferrovia: FCA	1.476 km MG-170/BR-262/BR-135/BR-116 Ferrovia: FCA
Grande Belo Horizonte, MG	101 km BR-040/MG-443 Ferrovas: FCA/EFVM	117 km BR-381 Ferrovas: FCA/EFVM	220 km BR-381 Ferrovas: FCA/EFVM	29 km MG-424 Ferrovia: MRS	587 km BR-262 BR-040/BR-383/BR-494 Ferrovia: MRS	401 km BR-383/BR-494 Ferrovia: MRS	469 km BR-040 Ferrovia: MRS	636 km BR-381/SP-150 Ferrovia: MRS	116 km MG-050 Ferrovia: FCA	BR-381/BR-116 Ferrovia: FCA
São João Del Rei, MG	120 km BR-363/MG-443 Ferrovia: MRS	306 km BR-383/BR-040/BR-381 Ferrovas: MRS/EFVM	409 km BR-383/BR-040/BR-381 Ferrovas: MRS/EFVM	186 km BR-383/BR-040 Ferrovia: MRS	603 km MG-265/BR-101 Ferrovas: MRS/EFVM	216 km BR-116/BR-383 Ferrovia: MRS	351 km BR-265/BR-040 Ferrovia: MRS	519 km BR-265/BR-381/SP-150 Ferrovia: MRS	172 km BR-494 Ferrovia: FCA	1.518 km BR-383/BR-040/BR-116 Ferrovia: MRS/FCA
Adustina, BA	1.533 km BR-116/BR-381/MG-129 Ferrovia: FCA/EFVM	SP-259/BR-373/BR-116/BR-101 BR-116/BR-381 Ferrovia: FCA/EFVM	1.286 km BR-116/BR-381 Ferrovia: FCA/EFVM	1.506 km BR-116/BR-381 Ferrovia: FCA	1.333 km BR-116/BR-101 BR-116/BR-101 Ferrovia: FCA/EFVM	1.785 km BR-116/BR-383 Ferrovia: FCA/MRS	1.779 km BR-116 Ferrovia: MRS	2.136 km BR-116/BR-381/SP-150 Ferrovia: FCA/MRS	1.618 km BR-116/BR-381/MG-050 Ferrovia: FCA	332 km BR-101/BA-093 Ferrovia: FCA
Bom Sucesso de Itararé, SP	928 km SP-259/BR-373/BR-381/BR-383 Ferrovas: ALL/MRS	1.040 km SP-259/BR-373/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	1.143 km SP-259/BR-373/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	926 km SP-259/BR-373/BR-381 700/SP-280/BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	1.320 km SP-259/BR-373/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFV	669 km SP-259/BR-373/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	704 km SP-259/BR-373/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	405 km SP-259/BR-373/SP-160 Ferrovas: ALL/MRS	855 km SP-259/BR-373/BR-381/BR-494 Ferrovia: FCA	2.252 km SP-259/BR-373/BR-381/BR-116 Ferrovas: ALL/FCA
Saio de Pirapora, SP	702 km SP-280/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	814 km SP-280/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	917 km SP-280/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	709 km SP-280/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	1.094 km SP-280/BR-116/BR-101 Ferrovas: ALL/FCA/EFV	443 km SP-280/BR-116 Ferrovas: ALL/MRS	559 km SP-280/BR-116 Ferrovas: ALL/MRS	179 km SP-280/BR-374/SP-160 Ferrovas: ALL/MRS	629 km SP-280/BR-381/BR-494 Ferrovas: ALL/FCA	2.026 km SP-280/BR-381/BR-116 Ferrovas: ALL/FCA
Colombo, PR	997 km BR-116/BR-381/BR-383 Ferrovas: ALL/MRS	1.108 km BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	1.211 km BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	994 km BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	1.389 km BR-116/BR-101 Ferrovas: ALL/FCA/EFV	728 km BR-116 Ferrovas: ALL/MRS	852 km BR-116 Ferrovas: ALL/MRS	397 km BR-116/BR-101 Ferrovas: ALL/MRS	923 km BR-116/BR-381/BR-494 Ferrovas: ALL/FCA	BR-116 Ferrovas: ALL/FCA
Amirante Tamandaré, PR	930 km BR-116/BR-381/BR-383 Ferrovas: ALL/MRS	1.115 km BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	1.219 km BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/FCA/EFVM	1.001 km BR-116/BR-381 Ferrovas: ALL/MRS	1.396 km BR-116/BR-101 Ferrovas: ALL/FCA/EFV	745 km BR-116 Ferrovas: ALL/MRS	859 km BR-116 Ferrovas: ALL/MRS	404 km BR-116/BR-101 Ferrovas: ALL/MRS	930 km BR-116/BR-381/BR-494 Ferrovas: ALL/FCA	2.328 km BR-116 Ferrovas: ALL/FCA

Fonte: elaboração própria a partir de IAB (2011), MME (2011), WSA (2011)

Nota: As distâncias da matriz origem / destino apresentada são referente ao trajeto rodoviário. A infraestrutura ferroviária não levou em consideração a possibilidade de atendimento, distâncias e estações de transbordo, quando da necessidade de mudança de via, concessionária e bitola.

É possível verificar que das 10 usinas siderúrgicas integradas com unidades de calcinação em suas plantas, 5 delas estão localizadas em Minas Gerais, próximas às principais jazidas fornecedoras de calcário para siderurgia, localizadas nas regiões da cidade de Arcos/MG e na região Metropolitana de Belo Horizonte. Estas localidades juntas respondem por quase 83% do volume total de calcário siderúrgico fornecido às principais usinas integradas do país. (IBS, 2011).

Ainda de acordo com o levantamento de demanda por calcário siderúrgico, apresentado pelos estudos do IBS (2011), MME (2011) e WSA (2011), é possível verificar que a ArcelorMittal Tubarão - AMT, localizada no município de Serra/ES é a única usina que não possui uma região fornecedora de calcário num raio inferior a 500 km de distância. Outra usina siderúrgica, assim como a AMT que está mais distante de seu mercado fornecedor de calcário é a CSA. Ambas usinas foram criadas com o propósito de se tornarem usinas com foco em exportação, portanto sua localização foi planejada apenas do ponto de vista da distribuição dos produtos acabados.

Desta forma, com o aquecimento do mercado interno e desaquecimento das exportações de aço a partir da crise de 2008, estas usinas se deparam com desafios de reduzir seus custos de suprimento, já que com mencionado no capítulo 2, para cada tonelada de aço é demandado 2,7 toneladas de insumo, onde o calcário representa 26% desta proporção (IBS, 2011).

Uma vez identificada a demanda por transporte de determinada carga e identificada a infraestrutura disponível, faz-se necessário identificar e descrever os procedimentos de análise e avaliação de alternativas de transporte.

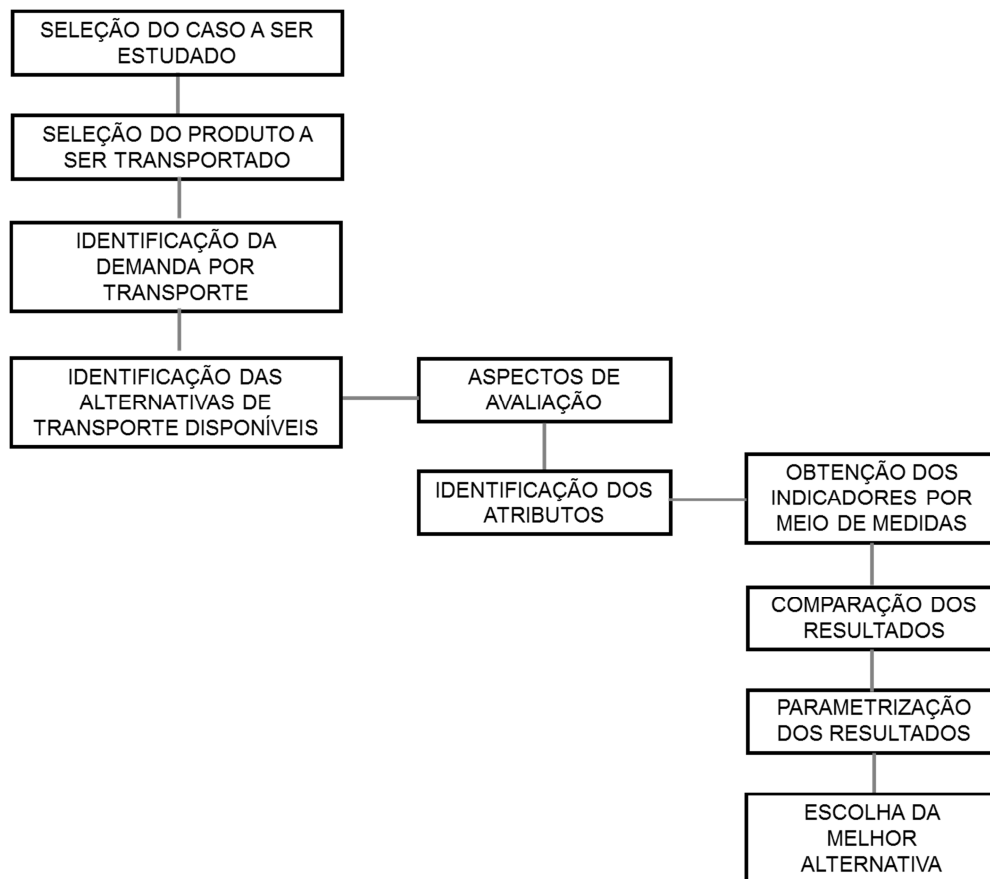
3.3.2 Etapas do processo de avaliação das alternativas de transporte

Uma vez levantada a demanda por transporte de calcário dentro de uma matriz origem e destino apresentada nas tabelas 3.3 e 3.4, o presente estudo baseia-se nos trabalhos de Uelze (1978), Hoel et al (2010), Kawamoto (1999), Leal Jr. e D'Agosto (2008 e 2011), Menon (1999) e Leal Jr. (2010) para definição das etapas do processo de avaliação do desempenho das alternativas de transporte de forma a consolidar o procedimento de avaliação a ser utilizado neste trabalho.

As etapas de avaliação das alternativas de transporte de abastecimento com calcário para indústria siderúrgica segue os seguintes passos:

1. Seleção do caso a ser analisado;
2. Seleção do produto a ser transportado;
3. Identificação da demanda por transporte do produto escolhido;
4. Identificação das alternativas de transporte disponíveis;
5. Definição dos aspectos de avaliação;
6. Identificação dos atributos, indicadores e medidas para avaliação;
7. Comparação das alternativas de transporte aplicadas ao caso em estudo;
8. Parametrização dos resultados comparativos
9. Escolha da melhor alternativa.

A figura 3.2 apresenta o detalhamento do fluxo a ser seguido pelo procedimento de avaliação.



Fonte: elaboração própria a partir de Uelze (1978), Hoel et al (2010), Leal Jr. (2010)

Figura 3.2 – Procedimento para avaliação das alternativas de transporte aplicado ao caso em estudo.

3.4 Considerações finais

Conforme descrito no presente capítulo, a avaliação de alternativas de transporte requer, além de uma metodologia com procedimento para avaliação e escolha da melhor alternativa, a identificação dos aspectos de análise com base no foco ao qual o trabalho de pesquisa está alicerçado. No caso do presente trabalho, os aspectos de avaliação foram definidos como econômico-financeiros e socioambientais. A partir desta definição faz-se necessário identificar os atributos que irão compor a base para avaliação das alternativas diante da demanda por transporte de determinado produto a ser atendida dentro de uma expectativa empresarial.

Desta forma, a opção de metodologia de avaliação definida para este trabalho tem maior relevância quando o pesquisador tem facilidade de acesso às variáveis que podem ser consideradas no modelo de avaliação, já que se trata de estudo de caso único, e aplicado em uma organização privada com fins lucrativos, em que a atividade de transporte inserida dentro do contexto logístico é fundamental para a competitividade desta organização.

4 ESTUDO DE CASO NA ARCELORMITTAL TUBARÃO

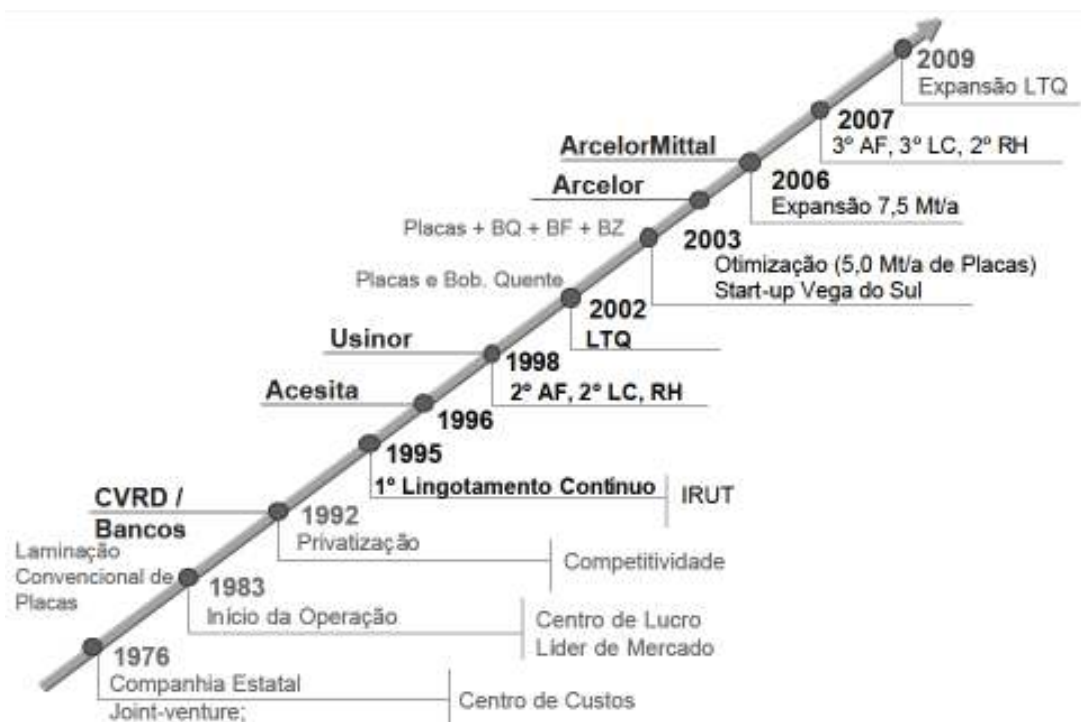
4.1 Apresentação da empresa

A empresa objeto deste estudo é a ArcelorMittal Tubarão Aços Planos - AMT, concebida inicialmente com o nome de Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST no ano de 1976 a partir de uma *joint-venture* de controle estatal, tendo uma minoria de ações controladas por grupos da Itália e Japão.

As operações produtivas da empresa iniciaram-se em 1983, com uma capacidade instalada de 3 milhões de toneladas por ano em um único produto ofertado ao mercado: placas semi-acabadas de aço, com destino principal às exportações ao Japão e Europa.

No ano de 1992, a então CST foi privatizada, dando início um largo processo de mudanças em sua estrutura, tanto pelas constantes trocas de controle societário por grupos nacionais e estrangeiros, quanto pelos programas de investimentos em capacidade, processos e tecnologia. Passou a investir pesado no *mix* de produção, aumentando sua capacidade e diversificando sua linha de produtos, obtendo significativa rentabilidade e posição de mercado.

No ano de 2005, a união da Companhia Belgo Mineira, CST e Vega do Sul deu origem a Arcelor Brasil. Este processo de fusão ainda estava em processo de validação mercadológico, quando em junho de 2006 foi anunciado a fusão entre a Arcelor e a Mittal Steel, formando assim, o maior grupo siderúrgico mundial, a ArcelorMittal, com capacidade de produção de 130 milhões de toneladas de aço por ano e mantendo a liderança nos principais mercados mundiais de aço, com destaque para a indústria automobilística, construção, eletrodomésticos e embalagens. A figura 4.1 demonstra a evolução histórica e tecnológica da AMT:



Fonte: AMT (2011)

Figura 4.1 – Evolução histórica e tecnológica da ArcelorMittal Tubarão.

De forma individual, a AMT diferencia-se das demais companhias do grupo ArcelorMittal conforme Moraes (2008), mediante os seguintes destaques:

- ✓ *Benchmark* em clima organizacional com 3.918 empregados em 2011;
- ✓ Capacidade instalada para produção de 7,5 milhões de toneladas de aço por ano (IAB, 2011);
- ✓ Detentora de um *market share* de 12% do volume total de placas de aço comercializadas no mundo (WSA, 2011);
- ✓ Participação de 26% das vendas internas de laminados a quente (IAB, 2011);
- ✓ Certificada ISO 9001-2000, desde 1996, garantindo qualidade em seu processo;
- ✓ Certificada ISO 14.001, desde 2001, garantindo qualidade em sua gestão ambiental;
- ✓ Certificada OHSAS 18.001, desde 2005, garantindo qualidade na gestão da saúde e segurança;
- ✓ Detentora de um dos mais baixos custos de produção de aço do mundo, com excelência operacional e localização estratégica;
- ✓ Apresentou em 2011, um dos melhores indicadores do mundo na área de Meio Ambiente (ênfase em desenvolvimento sustentável) e segurança do trabalho;
- ✓ Auto suficiência em energia elétrica (gera, a partir do aproveitamento de gases do processo produtivo, 100% da energia elétrica necessária à sua produção);

- ✓ Obteve em janeiro de 2011 “selo verde” para produtos destinados a construção civil, chamado de programa de rotulagem ambiental (*ecolabelling*), sendo uma metodologia voluntária de certificação ambiental;
- ✓ Possui índice de reaproveitamento de água doce da ordem de 98%;
- ✓ Do total de resíduos gerados em seu processo produtivo, 95% são reutilizados ou destinados comercialmente;

4.1.1 Localização

Conforme Moraes (2008), a AMT está localizada em um ponto estratégico no município de Serra, na região da grande Vitória, Estado do Espírito Santo, com uma área total de 13,5 milhões de m², com ocupação de 52% pela usina.

Do ponto de vista logístico, a empresa servida de considerável malha terrestre rodoviária, sendo atendida pela Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM que por sua vez é interligada à Ferrovia Centro Atlântica – FCA e as rodovias BR101 e BR262. A usina ainda é interligada ao complexo portuário de Tubarão, um dos mais eficientes do mundo, com destaque para o porto de Praia Mole, composto do Terminal de Carvão, de propriedade da Vale e pelo Terminal de Produtos Siderúrgicos – TPS, terminal privado especializado na movimentação de produtos siderúrgicos, com participação de 1/3 pela AMT.

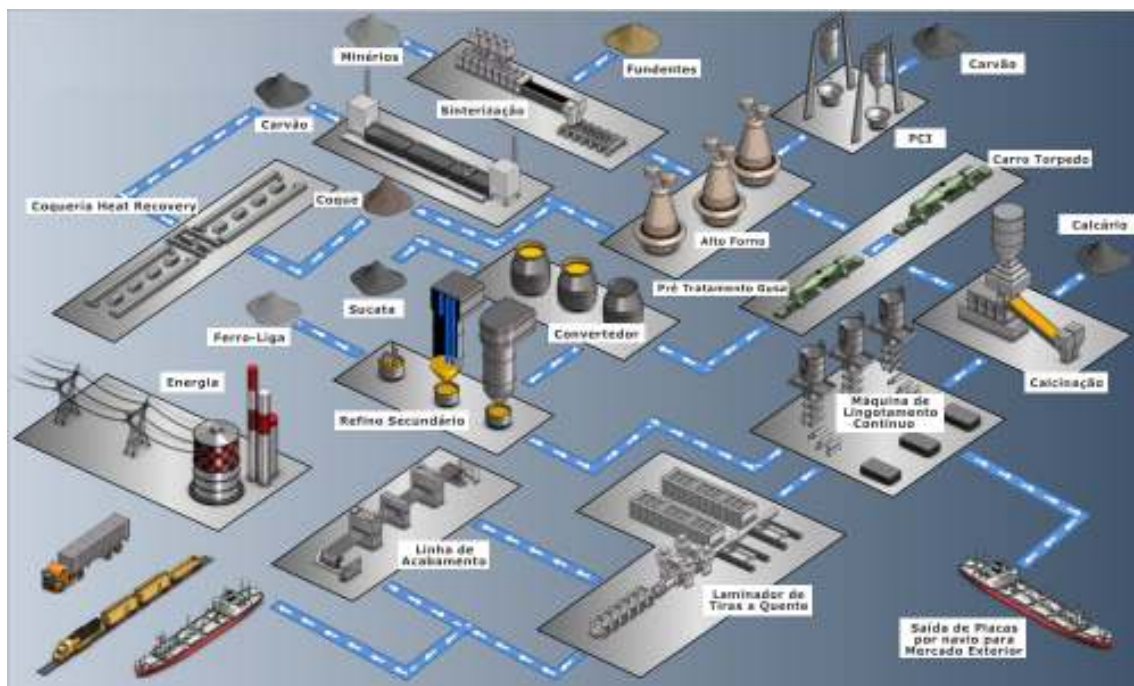
Como um dos limites da área industrial da AMT é o Oceano Atlântico, a empresa construiu no interior de sua planta industrial um terminal privativo para operação de barcas oceânicas, dedicadas ao transporte por cabotagem de produtos para abastecimento à unidade de beneficiamento do grupo ArcelorMittal em São Francisco do Sul, em Santa Catarina, que atende por ArcelorMittal Vega do Sul.

Outro limite da planta industrial da AMT é a Vale, principal fornecedora de minério de ferro e pelotas de minério, onde o abastecimento ocorre por meio de correias transportadoras dos pátios da Vale diretamente para os pátios de minérios da ArcelorMittal Tubarão.

4.1.2 Processo produtivo da AMT

A ArcelorMittal Tubarão, do ponto de vista de seu processo produtivo é considerada uma usina siderúrgica integrada, realizando as etapas de redução, refino e laminação do aço. Sua atuação é voltada para o segmento de aços planos. O parque industrial da empresa é considerado atualizado do ponto de vista tecnológico, possuindo sistemas de automação e controle que garantem a qualidade do aço em todas as etapas da produção e transformação (RIZZO, 2005).

A capacidade instalada de produção da AMT é de 7,5 milhões de toneladas de aço por ano, com 35% do volume destinados a produção de bobinas laminadas a quente e o restante às placas de aço com foco nas exportações. O fluxo produtivo da AMT é representado pela figura 4.2



Fonte: AMT (2012)

Figura 4.2 – Fluxo do processo produtivo da ArcelorMittal Tubarão

4.1.2.1 Recebimento de insumos para produção

A AMT, devido à sua localização, possui uma importante vantagem competitiva; sua proximidade com instalações da Vale para o recebimento de dois de seus principais insumos de produção: minério de ferro e carvão.

O minério de ferro proveniente das minas da Vale, oriundas do Estado de Minas Gerais, é transportado pelo modo ferroviário para o complexo portuário de Tubarão, para fins de exportação. Como a AMT faz divisa com a Vale, um desvio ferroviário interliga as duas empresas, sendo este desvio provido de equipamentos chamados *car-dumpers*, que literalmente “viram” os vagões carregados com minério de ferro, descarregando o insumo que por meio de um sistema de correias transportadoras faz chegar o minério aos pátios de minérios. A Vale também possui no complexo de Tubarão, plantas de pelotização, que fornece as pelotas de minério de ferro diretamente a AMT mediante outro sistema de correias transportadoras (MORAIS, 2008).

O carvão mineral, em geral obtido no mercado externo, é descarregado no terminal de carvão do Porto de Praia Mole, também no complexo de Tubarão e transportado aos pátios de carvão por meio de sistemas de correias transportadoras. A proximidade com tais instalações proporciona, portanto, alta competitividade em termos de custo, em função das facilidades de recebimento de duas de suas principais matérias-primas.

Por outro lado, o calcário, que integra o terceiro insumo em termos de volume de aquisição não se encaixa nestas facilidades logísticas para abastecimento da AMT. Ao longo dos anos de 2007 a 2011 foram testadas diversas alternativas de transporte para abastecimento da empresa com este insumo, que por sua vez, é gerado nas minas de calcário no Estado de Minas Gerais, mais precisamente na região metropolitana de Belo Horizonte, com destaque para os municípios de São José da Lapa, Matozinhos, Pedro Leopoldo e Confins (SILVA et al., 2011).

Neste sentido, o presente estudo, apresentará a seguir as principais alternativas de transporte de calcário para abastecimento à AMT, sob as óticas econômico-financeiras e socioambientais.

4.2 As alternativas de transporte de calcário para abastecimento à AMT

O calcário é uma rocha sedimentar que contém mais de 30% de carbonato de cálcio, sendo aplicado abundantemente no processo siderúrgico, processado nas unidades de calcinação. Seu rendimento é medido através da degradação das rochas (fragmentação destas rochas em seu manuseio/transporte), com possíveis impactos nas operações dos fornos de calcinação (RIZZO, 2005).

Neste sentido, por meio das entrevistas realizadas com 14 envolvidos no processo de abastecimento de calcário à AMT, foi consenso que a escolha de uma alternativa de transporte que garanta baixo impacto nas operações dos fornos de calcinação, seja aceitável do ponto de vista econômico-financeiro e traga menor impacto socioambiental é considerada um diferencial competitivo à cadeia de valor da AMT. A figura 4.3 mostra um exemplo de degradação de rochas de calcário, com geração de finos, que por sua vez são inutilizados nos fornos de calcinação, representando perda do insumo, impactando financeiramente no processo produtivo e ambientalmente, já que tal rejeito é descartado no meio ambiente.



Fonte: Silva et al. (2011)
Figura 4.3: Exemplo da degradação do calcário

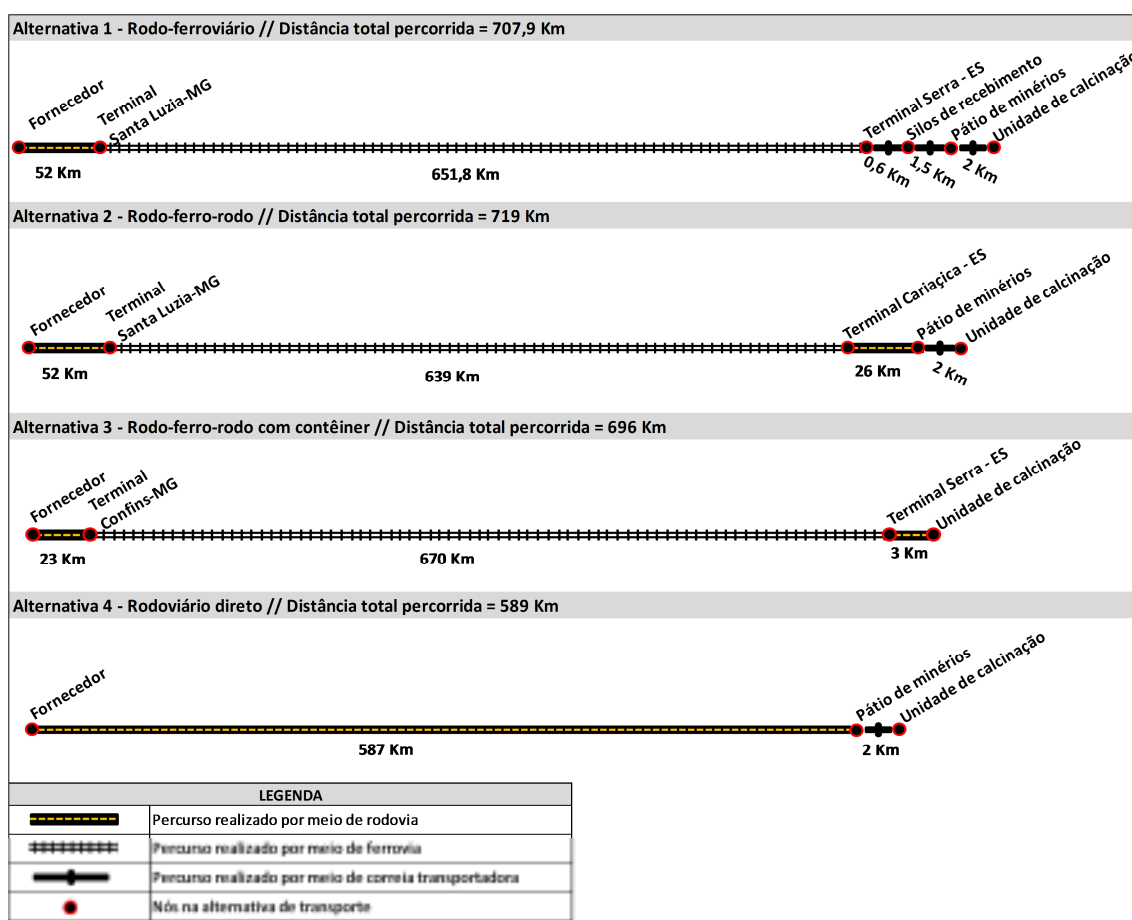
Considerado o principal mercado fornecedor, a região metropolitana de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais, possui a rodovia BR262 e a ferrovia Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM como principais alternativas viárias para escoamento de produtos entre as regiões metropolitanas de Belo Horizonte e Vitória, conforme demonstrado na figura 4.4.



Fonte: Vale (2011)

Figura 4.4 – Infra estrutura viária da Grande BH para a Grande Vitória

A partir da estrutura viária disponível, o presente estudo, levantou as principais alternativas de transporte utilizadas pela AMT no processo de abastecimento do calcário proveniente do seu mercado fornecedor, entre os anos de 2008 e 2012, que por sua vez, está representada a seguir, através da figura 4.5.

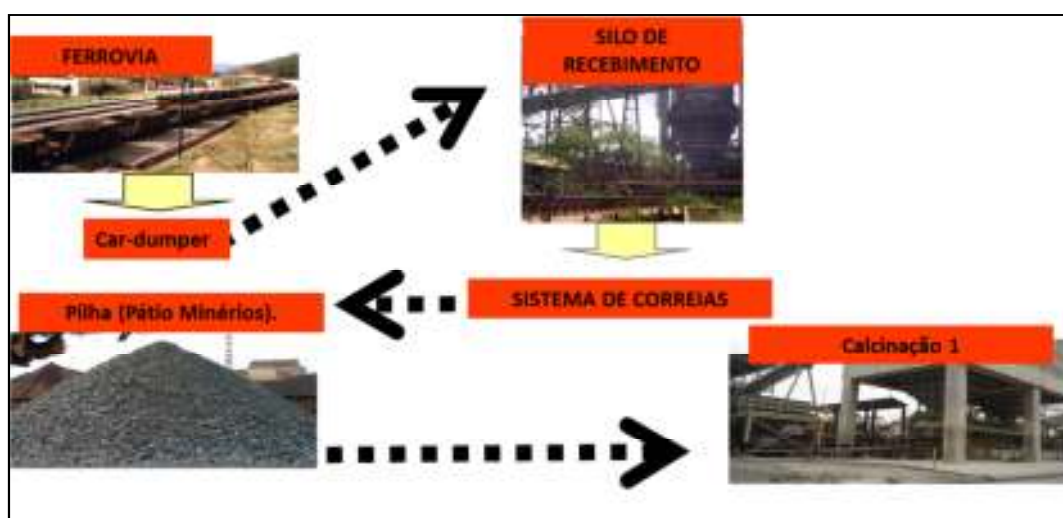


Fonte: elaboração própria a partir de Silva et al. (2011)

Figura 4.5 – Alternativas de transporte do calcário para abastecimento à AMT

As opções de transportes foram levantadas junto AMT conforme demonstrado na figura 4.5, e neste estudo serão tratadas como as alternativas de transporte disponíveis para abastecimento à usina com calcário para suas unidades de calcinação, que por sua vez serão avaliadas por meio da análise dos aspectos, atributos, indicadores e medidas apresentadas adiante.

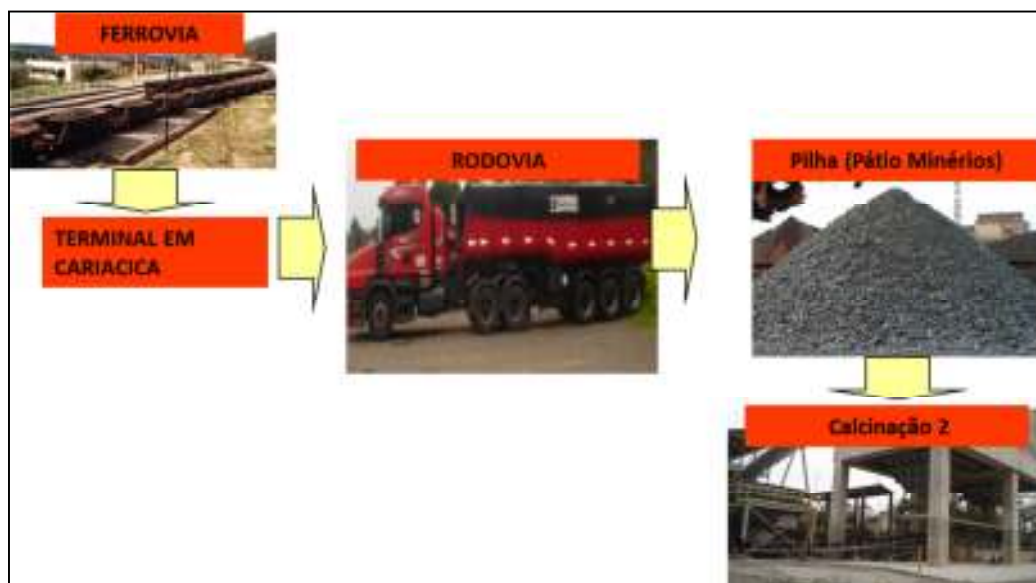
A **Alternativa 1** trata de uma opção de transporte intermodal rodo-ferroviária utilizada pela AMT até o final do ano de 2007, segundo os entrevistados, onde sua interrupção se deu mediante a priorização dos vagões gôndola para o transporte de minério de ferro, já que a concessionária naquele ano não detinha de ativos suficientes para atender as demandas por transporte de minério e calcário. Além disso, esta alternativa envolvia mais de 20 pontos críticos que colaboravam para degradação do calcário, através das movimentações internas. A figura 4.6, demonstra a operação:



Fonte: Silva et al. (2011)

Figura 4.6 – Operação de recebimento de vagões gôndola no Terminal AMT Serra-ES e destinação do calcário

A **Alternativa 2** trata de uma opção de transporte intermodal rodo-ferro-rodô utilizada pela AMT para abastecimento de calcário até o final do ano de 2009 de acordo com os entrevistados. Nesta opção foi inserido no processo um terminal nas proximidades da usina no município de Cariacica-ES, necessitando realizar um trecho curto (26 km) para entrega da carga. O objetivo desta alternativa, segundo os entrevistados, era reduzir a degradação do calcário, reduzindo as movimentações internas, porém com aumento no tempo de operação. A figura 4.7 demonstra a operação:



Fonte: Silva et al. (2011)

Figura 4.7 – Operação de recebimento de vagões gôndola no Terminal em Cariacica e destinação do calcário

A **alternativa 3** trata da opção de transporte intermodal rodo-ferroviária com utilização de contêiner no processo que teve seu início em 2010 e continua até os dias atuais. Esta operação foi desenvolvida, segundo os entrevistados, com o objetivo de reduzir as degradações de material, diminuindo o número de movimentos e reduzir o tempo de ligação origem x destino mediante a redução da complexidade das operações de transbordo nos terminais intermodais. Esta operação, dentro do contexto logístico da AMT, foi contestada, uma vez que tal carga seria vocacionada para transporte em massa em vagões destinados para tal fim, sendo contrária ao conceito de utilização de contêiner, já que o investimento em contêineres seria um fator complicador. Neste sentido, o presente trabalho, selecionou esta alternativa como sendo o foco da pesquisa, sendo comparada com as demais a fim de avaliar seus aspectos positivos e negativos e avaliar seu desempenho tanto sob aspectos econômico-financeiros, quanto sob aspectos socioambientais. A figura 4.8 demonstra a operação.



Fonte: Silva et. al (2011)

Figura 4.8 – Operação de transporte de calcário em contêiner

A **Alternativa 4** trata da operação de transporte por meio do modo rodo rodoviário, que teve seu início, segundo os entrevistados, no final de 2008 se estendendo até os dias atuais, permanecendo em disputa com a operação descrita na Alternativa 3. Na operação rodoviária, a preocupação da AMT é com relação ao número de veículos na estrada e o custo operacional desta alternativa. A figura 4.9 demonstra a operação.



Fonte: Silva et. al (2011)

Figura 4.9 – Operação de transporte de calcário por meio do modo rodoviário

4.3 Aspectos e atributos das alternativas de transporte

Por meio das entrevistas com especialistas foram obtidos, por livre apontamento, os principais atributos do aspecto econômico-financeiro considerados na avaliação das alternativas de transporte para abastecimento da usina com calcário, e estão representadas através da tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Principais atributos econômico-financeiro considerados pelos entrevistados na avaliação de alternativas de transporte para abastecimento de calcário

Entrevistado	Relação com a operação	Atributos Apontados						
		Custo	Tempo	Disponibilidade	Confiabilidade	Segurança	Flexibilidade	Frequência
Gerente de suprimentos	Direta	X	X		X	X		X
Gerente de produção (aciaria)	Indireta	X	X		X	X	X	
Gerente de qualidade (aciaria)	Direta	X	X		X	X		
Gerente de produção (calcinação)	Direta	X	X	X	X	X		
Especialista em matérias-primas 1	Direta	X	X		X	X		
Especialista em matérias-primas 2	Direta	X	X		X	X		X
Analista de processo (calcinação)	Direta	X	X	X	X	X		
Analista de logística in bound 1	Direta	X	X	X	X	X		X
Analista de logística in bound 2	Direta	X	X	X	X	X	X	
Analista de logística out bound 3	Indireta	X	X		X	X		X
Analista de logística out bound 3	Indireta	X	X		X	X		
Técnico de programação de insumos 1	Indireta	X	X		X	X	X	X
Técnico de programação de insumos 2	Indireta	X	X		X	X	X	X
Técnico de programação de insumos 3	Indireta	X	X	X	X	X		X

Fonte: elaboração própria

A partir do resultado obtido na entrevista, quanto ao levantamento dos atributos considerados no processo de avaliação, optou-se neste trabalho por considerar apenas os atributos (1) Custo, (2) Tempo, (3) Confiabilidade e (4) Segurança já que estes foram os atributos considerados por todos os entrevistados. Neste sentido, ainda por meio das entrevistas foi possível obter as associações feitas pelos respondentes quanto aos atributos, sendo consenso entre todos que no processo de abastecimento de calcário à AMT cada atributo possui a seguinte explicação:

- Custo:

Valor monetário em reais dispendido pela empresa, para o transporte de cada tonelada de calcário desde o ponto de origem até o consumo nas unidades de calcinação de sua planta.

- Tempo:

Mesmo a usina conseguindo realizar um programa de recebimento com grandes espaços de tempo, dependendo da capacidade do modo. O tempo é fator chave neste processo, já que se há um espaçamento muito grande no tempo, os níveis de estoque nos pátios de minérios devem ser elevados com intensidade de movimentações, que além de tudo, irá impactar em perdas.

- Confiabilidade:

Capacidade que a alternativa possui em atender os prazos de entrega com menor variação possível. A AMT faz sua programação de aquisição baseada no *transit time* médio da alternativa de transporte. Assim, o tempo do ciclo pode até ser mais longo em uma alternativa do que em outra, porém, deve ser o mais invariável possível para não haver impacto na produção.

- Segurança:

Como a preservação da granulometria do calcário é crucial no processo siderúrgico conforme apresentado na seção 4.2 deste mesmo capítulo, as perdas decorrentes das operações inseridas nas alternativas de transportes são avaliadas e consideradas pelos tomadores de decisão, já que além da perda da carga, tem-se a perda do valor desembolsado para o transporte da carga não utilizada.

Apesar de a AMT apontar de forma institucional a preocupação com o aspecto socioambiental não há uma divulgação de quais atributos são considerados em suas tomadas de decisão quanto ao mesmo. Nesta mesma linha 10 dos 14 entrevistados, ou seja, 71,4% da amostra utilizada, apontaram o aspecto socioambiental como diferencial na avaliação das alternativas de transporte, porém, não souberam apontar quais os principais atributos considerados na avaliação deste aspecto.

Com isso, para compor a base de análise do aspecto socioambiental, o presente estudo adotou os atributos levantados por meio da pesquisa bibliográfica apresentada no Capítulo 3, seção 3.2.2.

4.3.1 Aspecto econômico-financeiro

4.3.1.1 Custos operacionais das alternativas analisadas

Nesta seção são apresentados os modelos de custos do transporte de calcário pelo modo rodoviário e também o custo operacional do contêiner de 20 pés, quando este for considerado em determinada alternativa de transporte. Estes modelos são aplicados no cálculo dos custos de transporte de calcário para abastecimento à AMT. Neste estudo, optou-se por calcular os custos operacionais de transporte do ponto de vista do embarcador, neste caso, a AMT. Neste sentido, os custos correspondem ao valor, em reais, despendido para o transporte de uma tonelada de calcário. Com isso, a unidade de medida para o atributo custo obtida para os valores encontrados nos modelos é R\$/t (reais por tonelada).

O método utilizado para calcular os custos pelo modo rodoviário foi o Método dos Custos Médios Desagregados, definido por Valente et al. (2008) com um método baseado nos parâmetros médios de consumo, ou seja, o custo é calculado levando sempre em consideração as condições médias de operação. Não é sensível, portanto, a variações específicas de velocidade, tempo de carga e descarga, condições de

tráfego e físicas da via de transporte. Neste sentido, o cálculo é realizado mediante os valores médios de velocidade, consumo de combustível, tempo de carga, desgaste de pneus entre outros (VALENTE et al., 2008).

Mesmo considerado suas limitações, este método é muito utilizado na prática, permitindo o cálculo desagregado dos componentes de custo (depreciação, combustíveis, salário, manutenção, etc.). Esta alternativa permite atualização de cada parâmetro conforme o tipo de tecnologia de transporte utilizada, podendo obter diferentes custos conforme as tecnologias utilizadas. Segundo Teixeira (2007), esse método tendo sido usado por empresas do setor de transporte para obter estimativas de custo, principalmente no transporte rodoviário de cargas. É importante considerar que o lucro não é considerado no cálculo dos custos o que permite seu uso do ponto de vista do embarcador, utilizado neste estudo.

A composição dos custos calculados através do método proposto por Valente et al. (2008) baseia-se em:

a) Custos Fixos

Depreciação

Remuneração do capital

Salários e encargos

Documentação

Seguros

b) Custos variáveis

Combustível

Manutenção

Peças e acessórios

Limpeza da frota

c) Custos Indiretos

Custo administrativo

Impostos e taxas

Comunicação

Monitoramento via satélite

Despesas diversas

Quanto aos custos de transporte atribuídos ao modo ferroviário, faz-se necessário uma consideração, uma vez que, ao verificar a literatura observou-se uma carência de

estudos que identifiquem os custos envolvidos com o modo ferroviário no Brasil. Os trabalhos encontrados são descritos na tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2 – Resultado da pesquisa bibliográfica acerca dos modelos de custo na operação de transporte ferroviário de cargas no Brasil

Autor	Considerações
Lucci (1980)	Realizou uma proposta para reformulação das políticas tarifárias utilizadas nas ferrovias brasileiras
Teixeira Filho (2001)	Analizou modelos analíticos dos fretes cobrados no transporte de carga por ferrovia
Ravara (2005)	Desenvolveu um modelo de custeio e determinação de fretes ferroviários, detalhando os diversos custos inseridos na operação ferroviária.

Fonte: elaboração própria

Através da pesquisa bibliográfica não foi possível obter um método para cálculo dos custos do transporte ferroviário. Por outro lado, também não se obteve sucesso na tentativa de obter os dados junto às concessionárias referentes às tarifas praticadas, por considerarem que tais dados são de cunho estratégico e confidencial. A concessionária controlada pela VALE, no entanto, informou que nos seus trechos de operação da malha da FCA e EFVM é utilizada um sistema de rateio para contabilizar receitas e despesas, portanto há uma falta de informação sobre os itens envolvidos no cálculo de parâmetros desagregados (RAVARA, 2011).

Na prática, por sua vez, a composição dos fretes cobrados pelas concessionárias das ferrovias, na maioria das vezes não prioriza os custos envolvidos na operação e manutenção dos ativos ferroviários. Neste sentido, a opção adotada neste trabalho foi utilizar a tabela de fretes da ANTT como custo operacional a ser comparado com os demais custos obtidos através da aplicação do modelo proposto. Esta é uma opção conservadora, pois a tabela da ANTT determina o teto a ser cobrado pelas concessionárias na comercialização dos fretes praticados no mercado, independente da sua composição de custos.

Todos os custos e os fretes ferroviários adotados neste trabalho têm como base o ano de 2011.

Além dos custos de transporte rodoviário e ferroviário, que adiante são tratados como custos nos arcos das alternativas analisadas, foram levantados os custos decorrentes das operações de transbordo em terminais e os custos de movimentação interna até a chegada às unidades calcinação, que serão tratados como custos nos nós das

alternativas analisadas e foram disponibilizados pela AMT e pelos operadores dos terminais envolvidos na operação.

4.3.1.1.1 Custos nos arcos das alternativas analisadas

4.3.1.1.1.1 Modelo de custo rodoviário

Esta seção apresenta o modelo proposto para obtenção dos custos rodoviários inseridos nos arcos da rede analisada neste trabalho, cujos resultados serão inseridos como indicadores no estudo. O modelo proposto, por sua vez, foi baseado no modelo da ANTC (2011) e também no modelo de Valente et. al (2008), que considera na modelagem a soma dos custos fixos com os custos variáveis da operação rodoviária. Neste sentido, o custo na operação do transporte rodoviário é a soma dos custos fixos mensais com os custos variáveis, conforme equação 4.1.

$$COTRC = \left(\left(\frac{CFM}{CC \times NMV} \right) + \left(\frac{CV}{CC} \right) + COC + DA \right) (4.1)$$

Onde:

COTRC = Custo operacional do transporte rodoviário de carga (R\$/t)

CFM = Custos fixos mensais (R\$/mês)

CC = Capacidade de carga da composição (t)

NMV = Número médio de viagens por mês

CV = Custos variáveis por quilômetro (R\$/km)

COC = Custo operacional do contêiner (essa parcela só é considerada quando o contêiner estiver inserido na operação) (R\$/t)

DAT = Despesas administrativas (R\$/t)

Na aplicação do modelo de custo apresentado na equação 4.1, foi considerado os tipos de composições utilizadas de acordo com as características operacionais de cada alternativa de transporte analisada neste trabalho, conforme tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Tipos de composições rodoviárias utilizadas na rede analisada

ALTERNATIVAS ANALISADAS	TRECHOS DO PERCURSO	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO RODOVIÁRIA	CAPACIDADE DE CARGA LÍQUIDA (t)
Alternativa 1	Fornecedor / Terminal Santa Luzia-MG	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00
Alternativa 2	Fornecedor / Terminal Santa Luzia-MG	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00
Alternativa 2	Terminal Cariacica-ES / Pátio de minérios AMT	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00
Alternativa 3	Fornecedor / Terminal Confins-MG	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos porta contêiner	28,00
Alternativa 3	Terminal Serra-ES / Unidade de calcinação AMT	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos porta contêiner basculante	28,00
Alternativa 4	Fornecedor / Pátio de minérios AMT	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00

Fonte: elaboração própria a partir da pesquisa de campo

O Apêndice D apresenta o detalhamento do modelo aplicado para o cálculo do custo operacional do transporte rodoviário.

A partir da aplicação do modelo apresentado, obteve-se os resultados para os custos do transporte pelo modo rodoviário para os trechos apontados nas 4 alternativas apresentadas na seção 4.2 através da figura 4.5. Estes resultados por sua vez, estão expressos na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Resultado da aplicação do modelo de custo rodoviário para os trechos das alternativas analisadas.

ALTERNATIVAS ANALISADAS	TRECHOS DO PERCURSO	DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO RODOVIÁRIA	CAPACIDADE DE CARGA LÍQUIDA (t)	DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)	CUSTO DE TRANSPORTE (R\$/t)
Alternativa 1	Fornecedor / Terminal Santa Luzia-MG	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00	52,00	8,42
Alternativa 2	Fornecedor / Terminal Santa Luzia-MG	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00	52,00	8,42
Alternativa 2	Terminal Cariacica-ES / Pátio de minérios AMT	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00	26,00	5,01
Alternativa 3	Fornecedor / Terminal Confins-MG	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos porta contêiner	28,00	23,00	4,03
Alternativa 3	Terminal Serra-ES / Unidade de calcinação AMT	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos porta contêiner basculante	28,00	3,00	1,98
Alternativa 4	Fornecedor / Pátio de minérios AMT	Cavalo mecânico 6X2 + semi-reboque 3 eixos basculante	29,00	587,00	65,83

Fonte: elaboração própria a partir de Valente et. al (2008) e ANTC (2011)

4.3.1.1.2 Modelo de Custo Ferroviário

Como apontado anteriormente, na seção 4.3.1.1, para o custo do frete ferroviário foi adotado o frete determinado pelo simulador tarifário da ANTT, cujo valor é o teto para prática pelos concessionários das ferrovias.

Neste contexto, como a rede analisada neste trabalho faz uso de apenas uma ferrovia, a Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM, os dados referentes aos custos do

transporte ferroviário conforme as alternativas apresentadas no item 4.2, figura 4.5 deste trabalho são apresentados a seguir através das figuras 4.10; 4.11 e 4.12.

ESCOLHA O PRODUTO:
 CALCÁRIO, QUARTZO, DUNITO, ESCÓRIA, CLÍNQUER, CAL ▼

VIGÊNCIA: 26/08/2010 **RESOLUÇÃO ANTT** 3.566

CONCESSIONÁRIA: Estrada de Ferro Vitória a Minas
TABELA TARIFÁRIA PARA CALCÁRIO, QUARTZO, DUNITO, ESCÓRIA, CLÍNQUER, CAL

BASES DAS TARIFAS (NÃO INCLUÍDO O ICMS)

PARCELA VARIÁVEL		R\$/T.KM
		0,05272
PARCELA FIXA	R\$/T	12,8614
Distância Ferroviária (km):	651,8	Tarifa em R\$/T
Distância Tarifária (km):	660	47,66

Valor máximo homologado para a distância selecionada. ↑

Fonte: ANTT (2012)

Figura 4.10 – Simulação tarifária do arco ferroviário da Alternativa 1

ESCOLHA O PRODUTO:
 CALCÁRIO, QUARTZO, DUNITO, ESCÓRIA, CLÍNQUER, CAL ▼

VIGÊNCIA: 26/08/2010 **RESOLUÇÃO ANTT** 3.566

CONCESSIONÁRIA: Estrada de Ferro Vitória a Minas
TABELA TARIFÁRIA PARA CALCÁRIO, QUARTZO, DUNITO, ESCÓRIA, CLÍNQUER, CAL

BASES DAS TARIFAS (NÃO INCLUÍDO O ICMS)

PARCELA VARIÁVEL		R\$/T.KM
		0,05272
PARCELA FIXA	R\$/T	12,8614
Distância Ferroviária (km):	639	Tarifa em R\$/T
Distância Tarifária (km):	640	46,60

Valor máximo homologado para a distância selecionada. ↑

Fonte: ANTT (2012)

Figura 4.11 – Simulação tarifária do arco ferroviário da Alternativa 2

ESCOLHA O PRODUTO:
CONTÊNER CHEIO - 20 PÉS

VIGÊNCIA: 26/08/2010

RESOLUÇÃO ANTT 3.566

CONCESSIONÁRIA: Estrada de Ferro Vitória a Minas
TABELA TARIFÁRIA PARA CONTÊNER CHEIO - 20 PÉS

BASES DAS TARIFAS (NÃO INCLUIDO O ICMS)

PARCELA VARIÁVEL		R\$/TEU.KM
		1,35102
PARCELA FIXA	R\$/TEU	182,4179
Distância Ferroviária (km):	670	Tarifa em R\$/TEU
Distância Tarifária (km):	680	1.101,11

Valor máximo homologado para a distância selecionada. ↑

Fonte: ANTT (2012)

Figura 4.12 – Simulação tarifária do arco ferroviário da Alternativa 3

Os resultados do simulador tarifário da ANTT, apontam os valores por tonelada para o produto analisado (calcário) conforme a faixa quilométrica percorrida na EFVM nas 2 primeiras alternativas que utilizam o modo ferroviário em sua rede de transporte. No entanto, a Alternativa 3 apresenta simulação diferente, uma vez que o produto considerado para fins de tarifação pelo concessionário passa a ser o contêiner, mesmo este estando carregado com o calcário. Neste sentido, a fim de manter o mesmo padrão de apresentação dos valores, o valor por TEU é convertido em R\$/t, considerando que em média cada contêiner transporta 28 toneladas de calcário, o resultado obtido é de R\$39,33 por tonelada para o transporte ferroviário na Alternativa 3.

Com isso, a tabela 4.5 apresenta os resultados obtidos com a simulação tarifária para as 3 alternativas que utilizam o modo ferroviário em sua rede.

Tabela 4.5 – Custo dos trechos ferroviários das alternativas de transporte

ALTERNATIVAS ANALISADAS	CUSTO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO (R\$/t)
Alternativa 1 - Rodo-ferroviário	47,66
Alternativa 2 - Rodo-ferro-rodo	46,60
Alternativa 3 - Rodo-ferro-rodo com contêiner	39,33
Alternativa 4 - Rodoviário	0,00

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTT (2012)

4.3.1.1.2 Custo nos nós das alternativas analisadas

Os custos nos nós são definidos como os custos atribuídos a um determinado nó intermediário, pertencente a uma rede de transporte, entre o ponto inicial de origem da carga e o ponto final de consumo no destino da carga. Esses custos representam os custos de transbordo e movimentação em terminais, custos de armazenagem e movimentações em pátios internos e outros custos atribuídos aos nós de uma rede. Neste sentido, os custos nos nós para as alternativas analisadas é apresentado na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Custos nos nós da rede de transporte analisada

ALTERNATIVA ANALISADA	PONTO NODAL	OPERAÇÃO	CUSTO (R\$/t)	CUSTO TOTAL DOS NÓS DAS ALTERNATIVAS (R\$/t)	FONTE
Alternativa 1	Fornecedor	Carregamento	0,00	14,89	AMT (2011)
	Terminal Santa Luzia-MG	Transbordo	7,19		PROMAFER (2011)
	Terminal Serra-ES	Transbordo	4,33		MULTITEX (2011)
	Silos de recebimento	Movimentação interna	1,12		AMT (2011)
	Pátio de minérios	Movimentação interna	2,25		AMT (2011)
	Unidade de calcinação	Movimentação interna	0,00		AMT (2011)
Alternativa 2	Fornecedor	Carregamento	0,00	16,29	AMT (2011)
	Terminal Santa Luzia-MG	Transbordo	7,19		PROMAFER (2011)
	Terminal Cariacica-ES	Transbordo	6,85		TORA (2011)
	Pátio de minérios	Movimentação interna	2,25		AMT (2011)
	Unidade de calcinação	Movimentação interna	0,00		AMT (2011)
Alternativa 3	Fornecedor	Carregamento	0,00	17,86	AMT (2011)
	Terminal Confins-MG	Transbordo	10,71		MULTITEX (2011)
	Terminal Serra-ES	Transbordo	7,14		MULTITEX (2011)
	Unidade de calcinação	Movimentação interna	0,00		AMT (2011)
Alternativa 4	Fornecedor	Carregamento	0,00	2,25	AMT (2011)
	Pátio de minérios	Movimentação interna	2,25		AMT (2011)
	Unidade de calcinação	Movimentação interna	0,00		AMT (2011)

Fonte: elaboração própria

4.3.1.1.3 Custo operacional do contêiner de 20 pés.

O custo operacional do contêiner de 20 pés, utilizado no transporte do calcário na Alternativa 3, foi obtido mediante o cálculo de três custos distintos:

- Custo diário de capital
- Custo diário de mão-de-obra administrativa
- Custo diário de manutenção e reparos

Este modelo de custo operacional do contêiner de 20 pés também é oriundo de Valente et. al (2008) e utilizando por companhias de *leasing* de contêineres como a Triton (Belich, 2011).

Neste sentido, o custo operacional do contêiner de 20 pés é adicionado ao custo de transporte, quando nas alternativas apresentadas o contêiner for utilizado como dispositivo de unitização da carga (equação 4.2).

$$C_{op}C = C_{dcap} + C_{dmoa} + C_{dmr} \quad (4.2)$$

Onde:

$C_{op}C$ = Custo diário de operação do contêiner

C_{dcap} = Custo diário de capital

C_{dmoa} = Custo diário de mão-de-obra administrativa

C_{dmr} = Custo diário de manutenção e reparo

A tabela 4.7 apresenta os parâmetros utilizados para a obtenção dos dados utilizados no modelo para cálculo do custo operacional do contêiner.

Tabela 4.7 – Parâmetros e valores para utilizados no modelo de custo operacional do contêiner

PARÂMETROS	VALORES	UNIDADES
Valor do contêiner	9.870,00	R\$
Taxa de renumeração do contêiner (1% do capital mensal)	98,70	R\$/mês
Vida útil do contêiner	5,00	anos
Taxa anual de depreciação	1.974,00	R\$
Taxa mensal de depreciação	164,50	R\$
Custo mensal de mão-de-obra administrativa por contêiner	60,00	R\$/mês
Custo mensal de manutenção e reparos	12,00	R\$/mês
Dias de manutenção e reparos	15,00	dias/ano
Dias de operação	345,00	dias/ano

Fonte: Triton Containers Leasing, 2011

Com a aplicação do modelo o custo operacional obtido foi de 11,17 R\$/dia. Como neste trabalho trabalha-se com a medida R\$/t para fins de custo operacional, foi considerado a média de 5 viagens mensais por contêiner conforme variação do tempo do ciclo para Alternativa 3 e 28 toneladas de produtos transportadas por viagem. Neste sentido o custo operacional do contêiner de 20 pés neste trabalho assume o valor de 2,39 R\$/t.

4.3.1.1.4 Custo total das alternativas

O custo total das alternativas de transporte para abastecimento a AMT com calcário, foi obtido através do somatório dos custos nos arcos, custos nos nós e custo operacional do contêiner de 20', quando este for utilizado. Além disso, foi considerado no somatório o custo com perda apresentado na seção 4.3.1.4 adiante, já que para cada tonelada de produto perdida na operação inserida em cada uma das alternativas também pode-se considerar a perda do valor desembolsado para o transporte desta carga, devendo este ser considerado no custo total. A tabela 4.8 apresenta o resultado do custo total das alternativas de transporte para abastecimento à AMT com calcário.

Tabela 4.8 – Custo total das alternativas de transporte de calcário para abastecimento à AMT

ALTERNATIVAS	CUSTOS			Custo total de transporte (R\$/t)	Custo da perda no transporte (R\$/t)	Custo total da Alternativa (R\$/t)
	Arcos (R\$/t)	Nós (R\$/t)	Contêiner (R\$/t)			
Alternativa 1	56,08	14,89	0,00	70,966	22,71	93,68
Alternativa 2	60,03	16,29	0,00	76,318	18,32	94,63
Alternativa 3	45,33	17,86	2,39	65,583	3,93	69,52
Alternativa 4	65,83	2,25	0,00	68,075	6,13	74,20

Fonte: elaboração própria

4.3.1.2 Tempo de ligação origem x destino das alternativas analisadas

O tempo de ligação origem x destino de uma operação de transporte está diretamente ligado ao aspecto econômico-financeiro, onde segundo Ballou (2010), quanto mais tempo a carga fica em trânsito entre a aquisição e a utilização, mais tempo o capital aplicado fica retido. A seguir, são apresentadas as variações de tempo nos arcos e nos nós das alternativas analisadas, mediante dados obtidos através da pesquisa de campo.

Para cada alternativa de transporte analisada, foi realizado um levantamento de campo, considerando uma série histórica de operações realizadas, com nível de significância de 95%. Desta forma para cada alternativa foi construído uma tabela com os indicadores obtidos a partir da medida, que nesta seção é representada por hora (h).

A tabela 4.9 apresenta os resultados obtidos para a Alternativa 1, onde o tempo de ligação, considerando seus nós e arcos apresenta o resultado médio de 112,46 horas com uma variação de 9% em relação a média.

Tabela 4.9 – Variação do tempo de ligação origem x destino na Alternativa 1

NÓ	ARCO	OPERAÇÃO	TEMPO (h)			
			Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo
Fornecedor	X	Carregamento do caminhão	0,65	0,66	0,69	5%
X	Fornecedor / Terminal	Transporte rodoviário	1,49	1,50	1,57	3%
Terminal Santa Luzia-MG	X	Transbordo	0,70	0,72	0,77	5%
X	Terminal S.L/Terminal Serra-ES	Transporte ferroviário	106,28	108,99	116,29	7%
Terminal Serra-ES	X	Transbordo	0,55	0,56	0,58	5%
Silos de recebimento	X	Movimentação interna	0,02	0,02	0,02	7%
Pátio de matérias-primas	X	Movimentação interna	0,02	0,02	0,02	7%
Unidade de calcinação	X	Movimentação interna	0,00	0,00	0,00	-
Tempo total do ciclo			109,70	112,46	119,94	9%

Fonte: elaboração própria a partir da pesquisa de campo

A tabela 4.10 apresenta os resultados obtidos para a Alternativa 2, onde o tempo de ligação, considerando seus nós e arcos apresenta o resultado médio de 103,19 horas com uma variação de 9% em relação a média.

Tabela 4.10 – Variação do tempo de ligação origem x destino na Alternativa 2

NÓ	ARCO	OPERAÇÃO	TEMPO (h)			
			Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo
Fornecedor	X	Carregamento do caminhão	0,66	0,67	0,71	6%
X	Fornecedor / Terminal	Transporte rodoviário	1,49	1,50	1,58	4%
Terminal Santa Luzia-MG	X	Transbordo	0,70	0,72	0,77	5%
X	Terminal S.L/Terminal Cariacica-ES	Transporte ferroviário	95,37	97,92	104,62	7%
Terminal Cariacica-ES	X	Transbordo	0,69	0,70	0,72	4%
X	Terminal Cariacica / Pátio MP	Transporte rodoviário	1,65	1,66	1,71	3%
Pátio de matérias-primas	X	Movimentação interna	0,02	0,02	0,02	7%
Unidade de calcinação	X	Movimentação interna	0,00	0,00	0,00	
Tempo total do ciclo			100,58	103,19	110,14	9%

Fonte: elaboração própria a partir da pesquisa de campo

A tabela 4.11 apresenta os resultados obtidos para a Alternativa 3, onde o tempo de ligação, considerando seus nós e arcos apresenta o resultado médio de 69,66 horas com uma variação de 3% em relação a média.

Tabela 4.11 – Variação do tempo de ligação origem x destino da Alternativa 3

NÓ	ARCO	OPERAÇÃO	TEMPO (h)			
			Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo
Fornecedor	X	Carregamento do caminhão	0,65	0,66	0,68	3%
X	Fornecedor / Terminal	Transporte rodoviário	0,84	0,85	0,88	3%
Terminal Confins-MG	X	Transbordo	0,19	0,19	0,21	6%
X	Terminal Confins/Terminal Serra-ES	Transporte ferroviário	66,58	66,81	68,48	2%
Terminal Serra-ES	X	Transbordo	0,22	0,23	0,25	7%
X	Terminal Serra / Unidade calcinação	Transporte rodoviário	0,92	0,93	0,97	4%
Unidade de calcinação	X	Movimentação interna	0,00	0,00	0,00	
Tempo total de ciclo			69,41	69,66	71,45	3%

Fonte: elaboração própria a partir da pesquisa de campo

A tabela 4.12 apresenta os resultados obtidos para a Alternativa 4, onde o ciclo total, considerando seus nós e arcos apresenta o resultado médio de 12,93 horas com uma variação de 4% em relação a média.

Tabela 4.12 – Variação do tempo de ligação origem x destino da Alternativa 4

NÓ	ARCO	OPERAÇÃO	TEMPO (h)			
			Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo
Fornecedor	X	Carregamento do caminhão	0,52	0,53	0,55	6%
X	Transporte fornecedor / Pátio MP	Transporte rodoviário	12,43	12,50	12,91	3%
Pátio MP / Unidade Calcinação	X	Movimentação interna	0,02	0,02	0,02	4%
Tempo total do ciclo			12,44	12,52	12,93	4%

Fonte: elaboração própria a partir da pesquisa de campo

4.3.1.3 Confiabilidade das alternativas analisadas

A confiabilidade em uma operação de transporte, segundo Caixeta-Filho e Martins (2007), Castro (2003) e Bowersox e Closs & CLOSS, 2007 está diretamente ligada à capacidade de atendimento nos prazos e condições estipuladas, conforme apresentado no capítulo 3, seção 3.2.2.2.

No caso em estudo, o atributo confiabilidade está diretamente ligado à variação do tempo de ligação origem x destino apresentado na seção 4.3.1.2, uma vez, que na opinião dos especialistas entrevistados, as programações de aquisição são realizadas de acordo com a confiabilidade percebida em relação ao tempo de entrega estipulado por cada alternativa de transporte, o que orienta a política de estoque a ser adotada com consequente impacto nos custos de produção.

Neste sentido a tabela 4.13 apresenta os resultados agrupados dos tempos médios de ligação origem x destino de cada alternativa analisada, onde na opinião dos especialistas, quando menor for o intervalo de variação em relação a média mais confiável torna-se a alternativa.

Tabela 4.13 – Tempo médio do ciclo e intervalo de variação das alternativas

ALTERNATIVAS	TEMPO MÉDIO DE LIGAÇÃO ORIGEM X DESTINO	INTERVALO
Alternativa 1	112,46	9%
Alternativa 2	103,19	9%
Alternativa 3	69,66	3%
Alternativa 4	12,52	4%

Fonte: elaboração própria a partir da pesquisa de campo

4.3.1.4 Segurança das alternativas analisadas

Como mencionado anteriormente, a segurança atribuída neste estudo de caso, tem haver com a capacidade de cada alternativa garantir menor perda de produto possível. As perdas atribuídas à carga em análise (calcário) é medida através de sua degradação por meio da geração de finos, decorrentes das movimentações e operações.

A tabela 4.14 apresenta os resultados obtidos para as perdas em cada uma das alternativas analisadas neste estudo.

Tabela 4.14 – Perdas na operação de transporte de calcário à AMT

Alternativas	Fator Perda de Carga (%)	Valor do Produto (R\$/t)	Valor do transporte (R\$/t)	Custo da Perda (R\$/t)
Alternativa 1	32,00	32,84	70,97	33,22
Alternativa 2	24,00	32,84	76,32	26,20
Alternativa 3	6,00	32,84	65,58	5,91
Alternativa 4	9,00	32,84	68,08	9,08

Fonte: elaboração própria a partir de Silva (2011) e pesquisa de campo.

Como as perdas na operação de transporte de calcário são quantificáveis coube inserir o custo de perda no transporte ao custo total da alternativa, já que para cada tonelada de produto perdida na operação de transporte, também é perdido o valor desembolsado para o transporte da carga.

4.3.2 Aspecto socioambiental

Conforme já mencionado na seção 4.3, os aspectos socioambientais foram mencionados pelos especialistas nas entrevistas como sendo de total relevância para empresa, porém, como não souberam apontar os principais atributos e indicadores para tais aspectos, foi considerado para fins de resultados e análise o consumo de energia não renovável e as emissões de poluentes, cuja apresentação teórica se faz presente no capítulo 3 deste trabalho.

4.3.2.1 Consumo de energia não renovável (diesel) das alternativas analisadas

Para se chegar aos resultados do consumo de energia não renovável (diesel) atribuídos às alternativas de transporte analisadas, foi realizado levantamento de

dados por meio da pesquisa de campo, identificando os principais equipamentos inseridos em cada operação e seus respectivos consumos diante de uma amostragem representativa a um nível de significância também de 95% assim como utilizado no atributo tempo.

Os resultados são representados por meio de indicadores de consumo medidos na unidade padrão utilizada neste trabalho (tonelada transportada). Nesta seção foi adotada a medida litros de diesel por tonelada transportada ($l_{\text{diesel}}/t_{\text{transportada}}$). Os parâmetros e dados utilizados para cálculo do consumo de energia não renovável estão detalhados nos Apêndices D, E, F, G e H; e são apresentados através da tabela 4.15.

Tabela 4.15 – Consumo de energia das alternativas de transporte de calcário à AMT

ALTERNATIVAS	CONSUMO DE ENERGIA ($l_{\text{diesel}} / t_{\text{transportada}}$)			INTERVALO
	Mínimo	Médio	Máximo	
Alternativa 1	3,25	3,51	3,84	17%
Alternativa 2	3,57	3,86	4,23	17%
Alternativa 3	2,93	3,14	3,37	14%
Alternativa 4	6,00	6,66	7,35	20%

Fonte: elaboração própria

4.3.2.2 Emissões de poluentes das alternativas analisadas

Com relação a emissão de poluentes, foram escolhidos aqueles identificados e destacados na literatura pesquisada, sendo: monóxido de carbono – CO, o óxido de nitrogênio – NO_x, o material particulado – MP e os hidrocarbonetos não metano – NMHC e gás carbônico – CO₂.

Os resultados quanto às emissões de poluentes para cada alternativa de transporte analisada neste caso, foram obtidos a partir dos fatores de conversão apresentados no Apêndice C e parâmetros e dados de consumo energético de cada equipamento inserido nas operações apresentados no Apêndice D. O detalhamento dos parâmetros e cálculos das emissões de poluentes também estão detalhados nos Apêndices E, F, G e H e os resultados são apresentado a seguir através da tabela 4.16.

Tabela 4.16 – Emissão de poluentes das alternativas de transporte de calcário à AMT analisadas.

Alternativas	EMISSÕES (Gradiente/transportada)												CO ₂ (kg /transportada)			
	CO			Intervalo	NMHC			Intervalo	NO _x			Intervalo	MP			Intervalo
	Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo	
Alternativa 1	20,70	22,30	24,28	16%	5,46	5,88	6,42	16%	84,09	92,58	101,18	18%	5,30	5,70	6,16	15%
Alternativa 2	21,92	23,62	25,74	16%	5,86	6,32	6,90	17%	91,60	101,29	110,79	19%	5,42	5,83	6,30	15%
Alternativa 3	19,56	20,98	22,52	14%	5,06	5,43	5,83	14%	78,69	84,50	90,78	14%	5,49	5,90	6,32	14%
Alternativa 4	20,71	22,99	25,36	20%	7,06	7,83	8,64	20%	150,02	166,51	183,63	20%	2,92	3,24	3,57	20%

Fonte : elaboração própria

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

São apresentados e discutidos neste capítulo, os resultados obtidos através do estudo de caso aplicado na ArcelorMittal Tubarão, quanto as alternativas de transporte utilizadas para abastecimento da usina com calcário.

Desta forma, objetiva-se avaliar se a Alternativa 3 (operação de transporte intermodal rodo-ferroviária com uso do contêiner), tida pela organização como inovadora do ponto de vista do processo operacional, é realmente a melhor opção dentre as 4 alternativas já utilizadas pela organização entre os anos de 2007 e 2011. Os aspectos de avaliação são econômico-financeiros e socioambientais, considerando ainda análise de cada atributo identificado como aplicável ao caso e também a análise global das alternativas.

Também, através da análise da sensibilidade, são exploradas algumas situações não previstas inicialmente, as quais podem ser utilizadas para análise de futuras aplicações em modelos de simulação, investimentos em infraestrutura de transporte ou até na alteração das alternativas ou trechos para escoamento do calcário siderúrgico.

Para uma análise dos resultados dos indicadores de cada atributo, compatível com a ótica do embarcador, foi obtido mediante as entrevistas com os especialistas a importância atribuída a cada um dos atributos escolhidos para o aspecto econômico-financeiro. Os resultados ordenados por cada entrevistado, foram pontuados de forma que o mais importante recebeu nota 4 e o menos importante nota 1. A tabela 5.1 foi construída de forma a contribuir para visualização dos pontos e pesos atribuídos a cada atributo.

Tabela 5.1 – Pontos e pesos atribuídos a cada atributo do aspecto econômico-financeiro.

Entrevistado	Relação a operação	Atributos Escolhidos				Soma dos pontos
		Custo	Tempo	Confiabilidade	Segurança	
Gerente de suprimentos	Direta	4	1	2	3	10
Gerente de produção (aciaria)	Indireta	4	1	3	2	10
Gerente de qualidade (aciaria)	Direta	3	1	2	4	10
Gerente de produção (calcinação)	Direta	3	2	1	4	10
Especialista em matérias-primas 1	Direta	4	2	1	3	10
Especialista em matérias-primas 2	Direta	3	2	1	4	10
Analista de processo (calcinação)	Direta	3	1	2	4	10
Analista de logística in bound 1	Direta	4	1	3	2	10
Analista de logística in bound 2	Direta	4	2	3	1	10
Analista de logística out bound 3	Indireta	4	1	3	2	10
Analista de logística out bound 3	Indireta	3	1	2	4	10
Técnico de programação de insumos 1	Indireta	4	3	1	2	10
Técnico de programação de insumos 2	Indireta	4	1	2	3	10
Técnico de programação de insumos 3	Indireta	2	3	4	1	10
Pontuação dos atributos (valores absolutos)		49	22	30	39	140
Peso dos atributos (valores relativos)		35%	16%	21%	28%	100%

Fonte: elaboração própria

Apesar de julgar importante, os especialistas da AMT não souberam hierarquizar os atributos do aspecto socioambiental, desta forma, o presente estudo adotou o seguinte critério para avaliação deste aspecto:

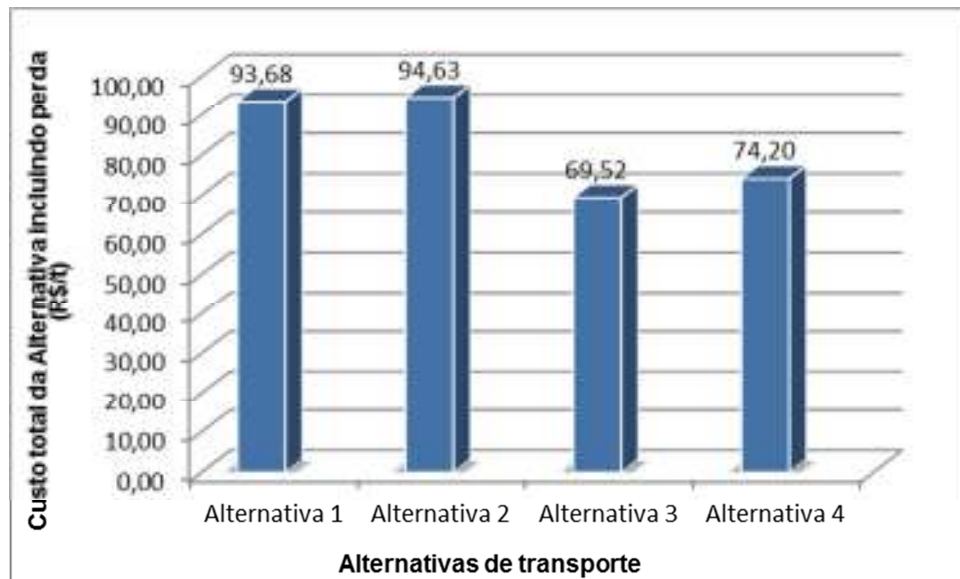
- Consumo de energia não renovável (óleo diesel): quanto menor o consumo, melhor.
- Emissão de poluentes: quanto menores as emissões, melhor.
- Pesos: como não se tem parâmetros de avaliação, adotou-se a divisão igualitária dos pesos, assim cada atributo recebeu peso 16,67%.

5.1 Análise dos resultados quanto ao atributo custo

O custo de transporte é um dos atributos mais apontados na literatura, tanto por autores clássicos como Ballour (2007 e 2010); Bowersox (2007); Novaes (1978 e 1986) e Valent et. al (2008) quanto por autores mais recentes como Leal Jr. e D'Agosto (2011a e 2011b); Almeida et al (2004); Keedi (2007) e Fleury et al (2003). Na prática empresarial analisada no caso objeto deste estudo, não foi diferente, já o atributo custo recebeu maior grau de importância segundo os especialistas entrevistados.

O resultado para o custo total das alternativas de transporte comparadas neste trabalho, mostra que a Alternativa 3, é a melhor quanto ao indicador obtido neste atributo. É importante ainda salientar que os custos nos arcos ferroviários de cada

alternativa que utiliza este modo em sua operação basearam-se nos valores máximos a serem cobrado pelo operador conforme ANTT. Neste sentido a figura 5.1 mostra o gráfico com os resultados do atributo custo para cada alternativa.



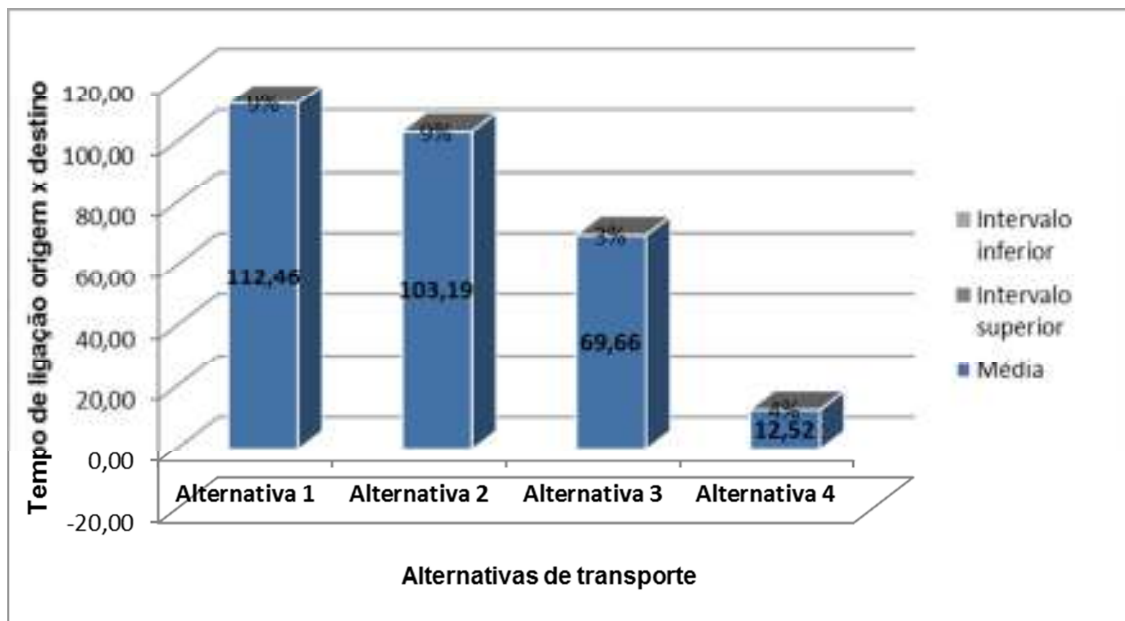
Fonte: elaboração própria

Figura 5.1 – Resultados dos indicadores para o atributo custo das alternativas.

5.2 Análise dos resultados quanto ao atributo tempo

Juntamente com o atributo custo, o tempo também é apontado na literatura como um dos principais atributos de desempenho das operações de transporte de carga, onde quanto maior for o tempo entre o carregamento e recebimento pelo cliente final, maior é a intensidade de capital referente a estoque em trânsito.

Para este atributo, a figura 5.2 mostra que a Alternativa 4 (operação pelo modo rodoviário) é que possui menor tempo de ligação origem x destino, o que já era esperado já o modo rodoviário tem a maior flexibilidade e realiza operação porta a porta sem necessidade de transbordo, como demandado pelas demais alternativas intermodais.



Fonte: elaboração própria

Figura 5.2 – Resultados quanto a variação do tempo de ligação origem x destino das alternativas

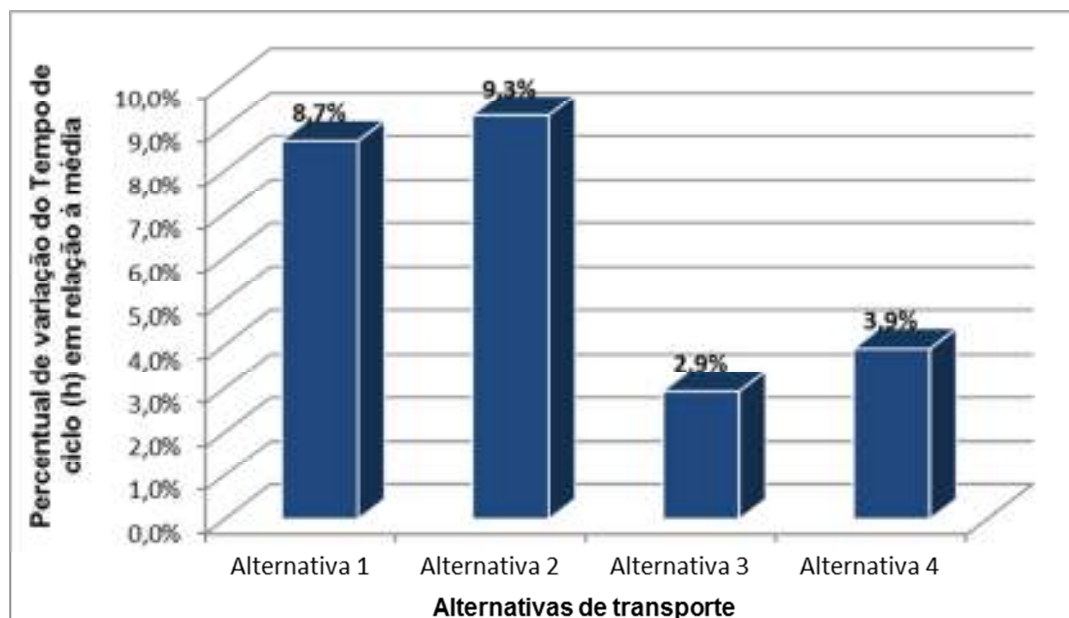
Por outro lado, cabe ressaltar que das demais alternativas intermodais (rodoviar, ferroviária), a Alternativa 3 é consideravelmente mais eficiente quanto ao tempo, representando redução do tempo de ligação origem x destino em 38% e 32% se comparado as alternativas 1 e 2 respectivamente. Desta forma, pode-se afirmar que a utilização do contêiner contribui para a redução do tempo de ligação, mediante redução dos tempos principalmente nas operações de transbordo, melhorando ainda o desempenho operacional com otimização da frota empregada.

5.3 Análise dos resultados quanto ao atributo confiabilidade

A confiabilidade, segundo Ballou (2010) tem haver com a capacidade de uma operação de transporte atender às expectativas do cliente, principalmente no cumprimento dos prazos de entrega, o que tem relação direta com o tempo de ligação origem x destino.

No caso em estudo, não é diferente, onde segundo os entrevistados, a confiabilidade é definida mediante a manutenção de uma moda no *transit time* da operação, permitindo o planejamento e definição de uma política de estoque, principalmente no caso de insumos.

Assim, a confiabilidade neste trabalho foi definida como a variação do tempo de ligação origem x destino, onde quando menor o intervalo em relação a média, mais confiável é a operação, permitindo a AMT definir com segurança uma política de abastecimento e níveis de estoque. A figura 5.3 apresenta os resultados quanto ao atributo confiabilidade.



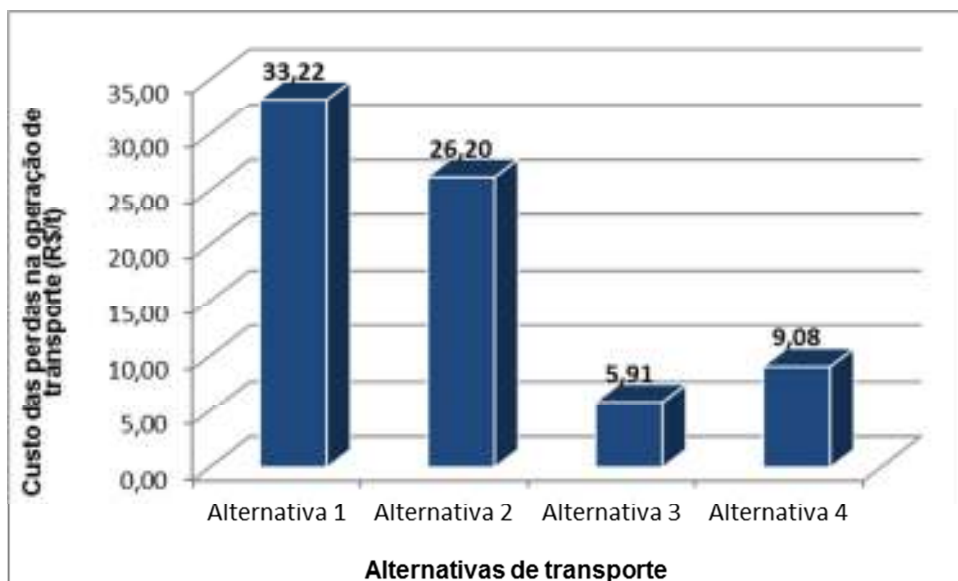
Fonte: elaboração própria

Figura 5.3 – Resultados quanto a intervalo de variação do tempo de ligação origem x destino (h) das alternativas em relação a média

Com os resultados, é possível verificar que mesmo obtendo o melhor resultado em relação ao tempo de ligação, a Alternativa 4 não mantém a regularidade em relação ao intervalo de variação do tempo médio. Desta forma, a Alternativa 3 se posiciona como a mais confiável.

5.4 Análise dos resultados quanto ao atributo segurança

Com relação a segurança, é possível verificar que por meio das entrevistas, que este atributo é considerado o segundo mais importante, após o custo, já que tem relação direta ao custo total da operação de abastecimento e transporte. Foi possível verificar também pelas entrevistas que a operação de transporte de calcário para abastecimento à AMT responde pela perda de produto, principalmente nas operações de transbordo e movimentações internas e, é desta forma que é medido o fator segurança, onde quanto menor a perda de produto nas operações de transporte, melhor é o resultado. A figura 5.4 apresenta os resultados quanto a este atributo, construídos a partir da tabela 4.13 presente no capítulo 4, seção 4.3.1.4.



Fonte: elaboração própria

Figura 5.4 – Resultados dos indicadores para o atributo segurança

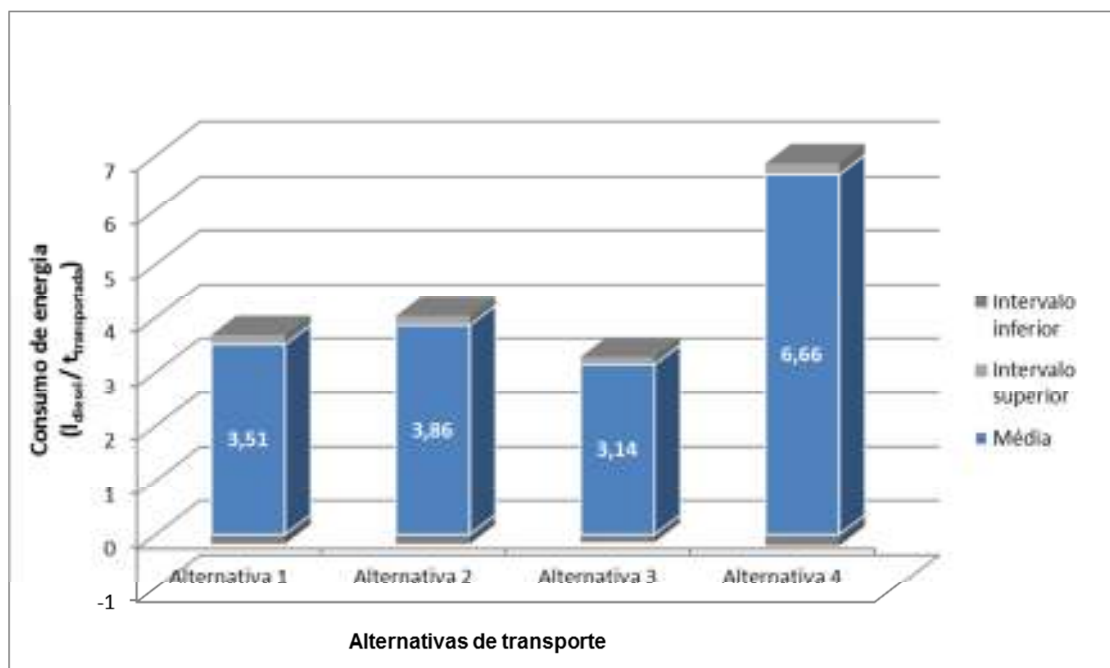
A partir dos resultados, é possível verificar que a Alternativa 3 é que detém melhor indicador, representando menor perda de produto, o que confirma hipótese de que o contêiner colabora para manter a integridade da carga. Tal resultado é compatível com informações dos entrevistados, apresentadas no capítulo 4, seção 4.2.

5.5 Análise dos resultados quanto ao atributo consumo de energia não renovável (diesel)

Conforme descrito no início do capítulo, os atributos relacionados ao aspecto socioambiental serão avaliados mediante resultados pré-definidos já que os especialistas entrevistados não souberam pontuar os pesos dos indicadores em um cenário comparativo.

Com relação ao consumo de energia não renovável, especificamente neste trabalho, o óleo diesel, pode-se considerar importante sua avaliação, já que tal atributo, além de impactar diretamente no custo operacional das alternativas analisadas, tem relação direta com as emissões de poluentes a partir da queima deste combustível fóssil. Outro fator preponderante a considerar, é o fator de ser uma energia que degrada o meio ambiente para sua extração, conforme levantamento teórico apresentado no capítulo 3.

Contudo, os resultados do consumo de energia não renovável para as alternativas analisadas neste trabalho são apresentadas através da figura 5.5 e comentados a seguir.



Fonte: elaboração própria

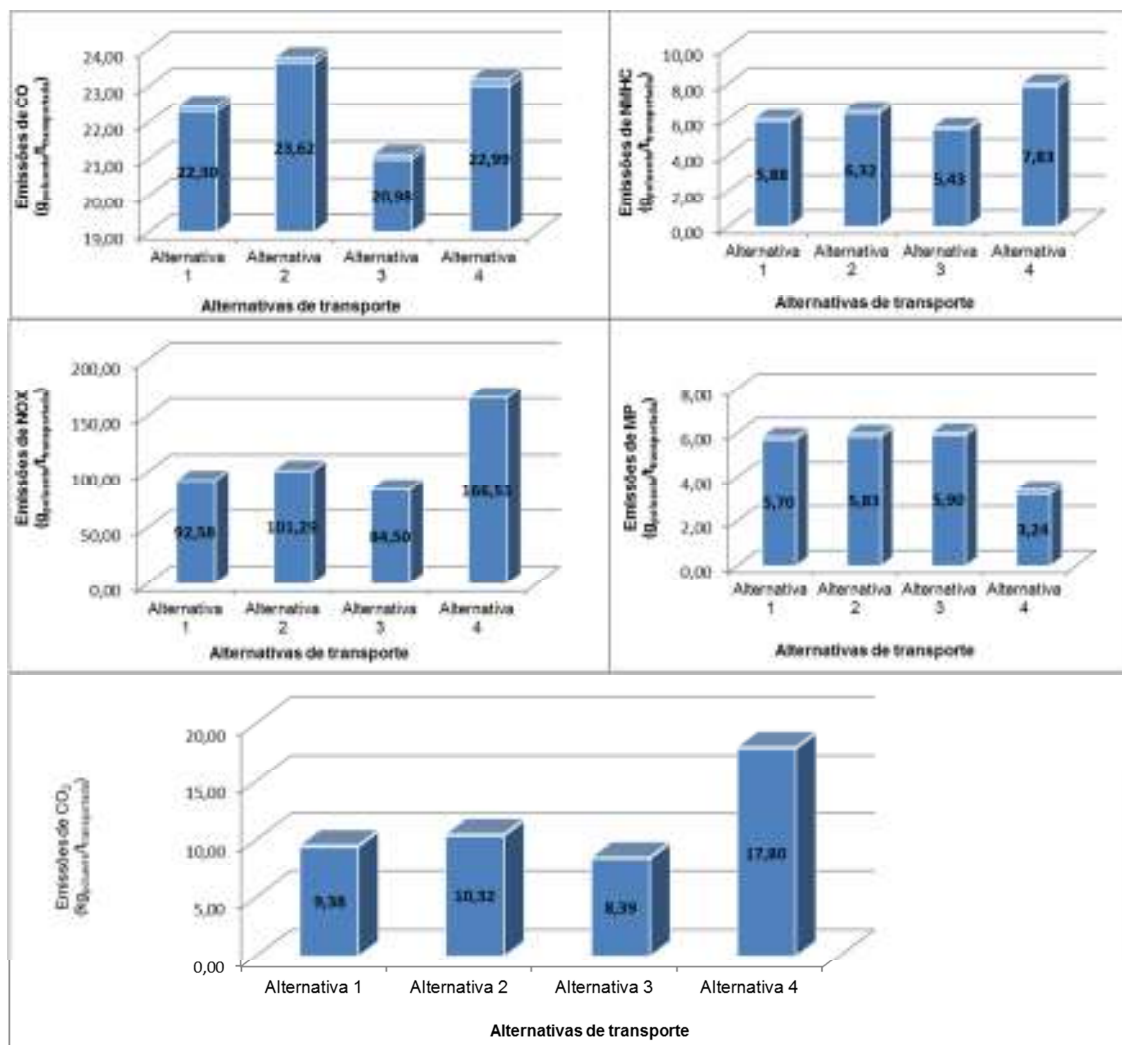
Figura 5.5 – Resultados dos indicadores para o atributo consumo de energia não renovável (óleo diesel)

Mediante os resultados apresentados, é possível verificar a Alternativa 3 é a que possui menor consumo de energia não renovável, enquanto a Alternativa 4 apresenta o maior consumo.

5.6 Análise dos resultados quanto ao atributo emissão de poluentes

As emissões de poluentes estão diretamente ligadas ao consumo de energia não renovável por meio da queima do combustível fóssil (óleo diesel). Assim como o consumo de energia, os parâmetros de avaliação deste atributo também forma pré-definidos, já que os entrevistados não souberam pontuá-los.

Desta forma a figura 5.6 apresenta os resultados das emissões de poluentes por cada uma das alternativas analisadas neste trabalho e para cada um dos poluentes selecionados para o estudo.



Fonte: elaboração própria

Figura 5.6 – Resultados dos indicadores para o atributo emissão de poluentes.

Com relação a emissão de poluentes é possível verificar que apesar de os resultados médios apresentarem a Alternativa 3 como melhor opção neste atributo, os valores máximos de emissões desta Alternativa estão superiores aos valores mínimos das Alternativas 1 e 2 para CO e superiores aos valores mínimos da Alternativa 1 para NMHC, NO_x e CO₂. Além disso, os resultados de emissão de MP são superiores as Alternativas 1 e 2. A Alternativa 4 só apresentou emissões inferiores às demais alternativas no poluente MP.

5.7 Análise comparativa dos resultados

Após análise individual dos indicadores de cada atributo, faz-se necessário realizar uma análise comparativa dos resultados dos indicadores conforme definido no procedimento de avaliação apresentado no capítulo 3, seção 3.3 de forma a concluir o procedimento de avaliação.

A tabela 5.2 apresenta os resultados consolidados dos indicadores de cada atributo analisado em cada aspecto, sendo destacados os de melhor desempenho.

Tabela 5.2 – Tabela inicial dos resultados consolidados de cada alternativa

Alternativas	Aspecto econômico-financeiro				Aspecto socioambiental					
	Atributos				Atributos					
	Custo (R\$/t)	Tempo médio (h)	Confiabilidade (% intervalo tempo)	Segurança (R\$/t)	Consumo médio de Energia - (l diesel/t)	Emissão média CO (g poluente/t)	Emissão média NHCM (g poluente/t)	Emissão média NOX (g poluente/t)	Emissão média MP (g poluente/t)	Emissão média CO ₂ (kg poluente/t)
Alternativa 1	93,68	112,46	8,70%	33,22	3,51	22,3	5,88	92,58	5,7	9,38
Alternativa 2	94,63	103,19	9,30%	26,20	3,86	23,62	6,32	101,29	5,83	10,32
Alternativa 3	69,52	69,66	2,90%	5,91	3,14	20,98	5,43	84,5	5,9	8,39
Alternativa 4	74,20	12,52	3,90%	9,08	6,66	22,99	7,83	166,51	3,24	17,8
Pesos	35%	16%	21%	28%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%	16,67%

Fonte: elaboração própria

A partir da tabela 5.2, foi construída a tabela 5.3 com os resultados parametrizados, destacando os melhores resultados de cada indicador de atributo.

Tabela 5.3 – Tabela dos resultados parametrizados de cada alternativa.

Alternativas	Aspecto econômico-financeiro				Aspecto socioambiental					
	Atributos				Atributos					
	Custo (R\$/t)	Tempo médio (h)	Confiabilidade (% intervalo tempo)	Segurança (R\$/t)	Consumo médio de Energia - (l diesel/t)	Emissão média CO (g poluente/t)	Emissão média NHCM (g poluente/t)	Emissão média NOX (g poluente/t)	Emissão média MP (g poluente/t)	Emissão média CO ₂ (kg poluente/t)
Alternativa 1	0,74	0,11	0,33	0,18	0,89	0,94	0,92	0,91	0,57	0,89
Alternativa 2	0,73	0,12	0,31	0,23	0,81	0,89	0,86	0,83	0,56	0,81
Alternativa 3	1,00	0,18	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	1,00
Alternativa 4	0,94	1,00	0,74	0,65	0,47	0,91	0,69	0,51	1,00	0,47

Fonte: elaboração própria.

Por fim, a partir da tabela parametrizada e dos pesos atribuídos a cada indicador de atributo, foi construído a tabela 5.4, ponderando os resultados de cada indicador de atributo e obtendo os totais de cada alternativa, possibilitando identificar a alternativa de melhor resultado.

Tabela 5.4 – Tabela dos resultados ponderados de cada alternativa

Alternativas	Aspecto econômico-financeiro				Aspecto socioambiental						TOTAL
	Atributos										
	Custo (R\$/t)	Tempo médio (h)	Confiabilidade (% intervalo tempo)	Segurança (R\$/t)	Consumo médio de Energia - (l diesel/t)	Emissão média CO (g poluente/t)	Emissão média NHCM (g poluente/t)	Emissão média NOX (g poluente/t)	Emissão média MP (g poluente/t)	Emissão média CO ₂ (kg poluente/t)	
Alternativa 1	0,26	0,02	0,07	0,05	0,15	0,16	0,15	0,15	0,09	0,15	1,25
Alternativa 2	0,26	0,02	0,07	0,06	0,14	0,15	0,14	0,14	0,09	0,14	1,20
Alternativa 3	0,35	0,03	0,21	0,28	0,17	0,17	0,17	0,17	0,09	0,17	1,79
Alternativa 4	0,33	0,16	0,16	0,18	0,08	0,15	0,12	0,08	0,17	0,08	1,50

Fonte: elaboração própria

A partir de todas as análises individuais e da análise comparativa, os resultados obtidos confirmam as hipóteses da pesquisa, demonstrando que a Alternativa 3 é a melhor entre as 4 analisadas, para o caso em questão.

5.8 Considerações finais

Este Capítulo apresentou a análise de resultados da aplicação apresentada no Capítulo 4. Com isso, foi possível analisar individualmente os resultados obtidos para cada uma das alternativas consideradas, bem como sua análise comparativa.

Com exceção dos atributos de tempo médio de ligação origem x destino e de emissão de material particulado, a Alternativa 3 se mostrou a de melhor desempenho, apresentando, na avaliação final, desempenho 19% superior a segunda colocada (Alternativa 4) e 43% superior a Alternativa 1, que utiliza majoritariamente o modo ferroviário e que poderia ser considerada como a alternativa clássica para o transporte deste tipo de produto.

Além disso, mesmo absorvendo o custo operacional do contêiner de 20 pés, a Alternativa 3 permaneceu competitiva em relação as demais com relação ao atributo custo. O resultado do atributo segurança também foi superior na Alternativa 3, mostrando que o contêiner, assim, como percebido nas entrevistas com os especialistas pode ser considerado um bom mecanismo para conservação da granulometria do calcário.

Como já era de se esperar a Alternativa 4 obteve o melhor resultado com relação ao atributo tempo. No entanto, a Alternativa 3 demonstrou bom resultado em relação às Alternativas 1 e 2, mostrando que as operações de transbordo de contêiner tendem a ser mais rápidas que a movimentação de graneis promovendo ainda melhor otimização da frota de vagões.

No aspecto socioambiental, esta mesma complexidade inferior das operações de transbordo da Alternativa 3 em relação as demais alternativas, tende a diminuir a quantidade de equipamentos de combustão utilizados na movimentação de graneis (carregadeiras e caminhões), que impacta diretamente nos resultados de consumo energético e emissões, conforme apontado nos resultados.

6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES

Por meio do estudo de caso, este trabalho comprovou, em uma primeira abordagem sobre o tema, que é possível adotar uma solução inovadora para o transporte de granéis minerais com uso de contêineres no transporte intermodal rodo-ferroviário.

O objetivo principal foi atingido, mostrando que a utilização do contêiner no transporte de calcário siderúrgico por meio da intermodalidade possui melhor resultado quando comparado às demais alternativas apresentadas no estudo de caso. Demonstrou-se ainda a prática da integração modal, permitindo operação intermodal do transporte de calcário, inserido na cadeia logística do setor siderúrgico.

Também foram atingidos os objetivos secundários, por meio da comparação e avaliação de todas as alternativas de transporte disponíveis para o caso em estudo, onde o transporte por meio de contêineres se apresentou como melhor alternativa quanto aos resultados obtidos tanto sob o enfoque econômico-financeiro quanto sob o enfoque socioambiental.

A hipótese da existência de possibilidade de transportar granéis de baixo valor agregado [R\$/t] por meio de transporte intermodal com a utilização de contêineres comparado a outras alternativas disponíveis foi comprovada para o caso em estudo e foi possível concluir que:

- O custo de transporte do calcário para a usina siderúrgica a estudada é 7% mais baixo quando utilizado a intermodalidade, tendo o contêiner como ferramenta fundamental para esta integração;
- A utilização de contêineres no transporte de calcário melhorou o desempenho agregado da operação em 18% se comparado a 2ª melhor alternativa, devido a facilidade de manuseio e baixa complexidade nas operações de transbordo, garantindo maior produtividade da frota utilizada, menores custos, consumo de energia e emissão de poluentes atmosféricos;
- Devido as suas características, o contêiner pode garantir melhor integridade da carga com 35% de eficiência comparada a 2ª melhor alternativa, onde no caso do calcário, a granulometria é fundamental para o processo produtivo;

- Devido a facilidade de manuseio e baixa complexidade das operações de transbordo, a utilização de contêineres no transporte de calcário tende a reduzir o consumo de energia não renovável, especificamente óleo diesel em 10,5%.
- Considerando a hipótese anterior, a utilização de contêineres no transporte de calcário tende a reduzir as emissões de CO₂ em 11% e poluentes atmosféricos locais em 6% para CO, 8% para NHCM e 9% para NOX.

Entende-se que os resultados obtidos espelham a realidade, tendo em vista que as alternativas estudadas fazem parte da prática de operação da empresa alvo do estudo de caso.

Para uma primeira abordagem, o desenvolvimento do trabalho parece ser bastante promissor, porém, entende-se que um aprofundamento dos resultados poderia ser alcançado com a realização de análise de sensibilidade para as medidas de desempenho escolhidas e para os pesos adotados pelos entrevistados. Neste caso poderia considerar os intervalos de variação destes parâmetros que manteriam os resultados obtidos e seria possível avaliar a consistência dos resultados.

A ferramenta de análise escolhida foi propositalmente simples, para evitar que a complexidade da ferramenta pudesse dificultar a clareza da aplicação e avaliação dos resultados. Adicionalmente, não se entendeu necessário a adoção de uma ferramenta mais sofisticada. Porém, uma pesquisa adicional pode ser realizada a procura de ferramentas de análise de desempenho que possam servir ao apoio a novas análises.

Como principais limitações deste trabalho destaca-se (1) a dificuldade em encontrar na literatura um modelo de custos do transporte ferroviário, que diante deste cenário obrigou a utilizar as tarifas máximas homologadas pela ANTT; (2) a dificuldade em obter avaliações mais consistentes dos especialistas com relação ao aspecto socioambiental aplicado ao transporte e (3) a não utilização de outros atributos clássicos em transportes como: flexibilidade, capacidade, disponibilidade e frequência no processo de análise.

Com o intuito de dar continuidade à linha de pesquisa seguida neste trabalho são propostas algumas sugestões de trabalhos futuros:

- Avaliar a utilização do contêiner para o transporte doméstico de outras cargas por meio da intermodalidade;
- Avaliar a possibilidade de utilizar o contêiner para transporte dos produtos siderúrgicos acabados nos retornos do fluxo de abastecimento de calcário;
- Estudar opções de transporte intermodal de múltiplas cargas por meio de contêineres, com vistas a criação de um modelo de linhas de transporte utilizadas alguns países como França e Suíça, onde trens de carga possuem frequências pré-determinadas com vagões plataformas porta contêineres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Simulador tarifário de fretes ferroviários trecho EFVM**. 2012. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/11820/EFVM_Estrada_de_Ferro_Vitoria_a_Minas.html> Acesso em: 02 de janeiro de 2012

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2011.

AKABANE, G.K.; SOARES, W.P.; BARRETO, R.F.. **Custos logísticos: uma ensaio da operação do modal shift na carga containerizada**. In: Anais Simpoi, Santos, 2009.

ALMEIDA R.M. **Análise empírica dos fatores determinantes e das estratégias de internacionalização da siderurgia brasileira**. Dissertação de M.Sc., UFMG, Administração, Belo Horizonte, 2004.

ALMEIDA, A. F. S; D’Agosto, M. de A; Ribeiro, S. K., **Proposta de Cadeia de Comercialização de Biodiesel no Brasil**. Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Florianópolis, SC, 2004.

ALVES, A.. **Dados operacionais das locomotivas de tração de trens de calcário**. Comunicação pessoal. VLI - Gerencia Geral Comercial de Siderurgia, Vitória, ES, 2011.

ARCELORMITTAL TUBARÃO - AMT. **Acervo privado de documentos e fotos**. Serra: AMT, 2011.

ARCELORMITTAL TUBARÃO – AMT. **Fluxo de produção ArcelorMittal Tubarão**. 2012. Disponível em: <<http://www.arcelormittal.com/br/tubarao/>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES DE USO PÚBLICO - ABRATEC. (2011) **Terminais de Contêineres: Desempenho 2011**. Disponível em <<http://www.abratec.terminais.org.br>> Acesso em: 18/11/2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE DE CARGA E LOGÍSTICA - NTC&Logística. **Manual de cálculo de custos e formação de preços do transporte rodoviário de cargas**. NTC&Logística: São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE DE CARGA – ANUT. **Anuário estatístico de movimentação de cargas**. ANUT: São Paulo, 2011.

AUSTRALIAN CONTAINER LEASING. **Catálogo de produtos**. 2011. Disponível em: <<http://www.australiancontainerleasing.com.au/>> Acesso em 10 de julho de 2011.

BÄCK, Andreas., Integration of Inland Navigation into managed Intermodal Logistics Chains. **European Inland Waterway Navigation Conference**. 11-13 June, 2003, Győr, Hungary.

BALLOU, R.H.. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 616 p.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. 1 ed. 22. reimpr. São Paulo: Atlas, 2010.

BARDI, E.; COYLE, J.; NOVACK, R. **Management of Transportation**. 4ed. Mason:Thomson South-Western, 2006.

BARROS, G.. **O problema siderúrgico nacional na primeira república**. Tese de D.Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil, 2011.

BELICH, V.. **Planilha de formação de custos para leasing de contêineres**. Triton Containers Leasing: Rio de Janeiro, 2011.

- BHUTAN, N.. **Transportation of limestone from mines to crusher**. Dungsam Cement Corporation Limited, June, 2011.
- BOWERSOX, D. e CLOSS, D.. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2007.
- BRONZO, Marcelo., **Concorrência entre cadeias produtivas: como a logística se transformou em estratégia**. Belo Horizonte: Fumarc, 1999.
- CAIXETA-FILHO, J. A. e MARTINS, R. S.. **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Atlas, 207. 304 p.
- CARVALHO, C.R.V.; CONCEIÇÃO NETO, A.S.; ALMEIDA, H.M.; FIALHO, L.B.; SILVA, M.V. "Otimização da logística de abastecimento em uma indústria siderúrgica: um estudo de caso". In: **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Florianopolis, SC, Brasil, 2004.
- CASTRO. N.. **Estrutura, desempenho e perspectiva do transporte ferroviário de carga. Pesquisa e planejamento econômico**, ppe, v.32, n.2, ago.2002.
- CASTRO. N.. **Formação de preços no transporte de carga. Pesquisa e planejamento econômico**, ppe, v.33, n.1, abr.2003.
- CAWOODS CONTAINER SERVICES LIMITED.. **Cawoods container for fuels**. 2011. disponível em <<http://www.cdrex.com/cawoods-container-services-limited-1247404.html>> Acesso em 10 de julho de 2011.
- CHAUDHURY, P.D.. "Modal split between rail and road modes of transportation in India". **Vikalpa**, v. 30, n. 1, Jan-Mar 2005.
- CHOPRA, S. e MEINDL, P.. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- COELHO, R. J.. **Modelo de simulação operacional do manuseio de matérias-primas de uma usina siderúrgica integrada**. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). PPGP/UFPB, João Pessoa, 2008.

COELHO NETO, G.; RIBEIRO, P.C.C.. "Transporte em uma empresa da indústria siderúrgica brasileira". In: **XXVI ENEGEP**, Fortaleza, CE, Brasil, 9-11 outubro, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Informe econômico do setor de transportes**, 2011. Disponível em:
<<http://www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Informe%20Econ%C3%B4mico/InformeEconomico07-2011.pdf>> Acesso em 03 de dezembro de 2011.

COSTANTINO, F.; GRAVIO, G. di; TRONCI, M.. **Supply chain management e network logistici: dalla gestione della partnership al risk management**. Milão: Ulrico Hoepli Editore, 2007.

CRONOS GROUP. **Catálogo de produtos**. 2011. Disponível em:
<<http://www.cronos.com/Products/Bulkers.aspx>> acesso em 05 de julho de 2011.

FIGUEIREDO, K.F.; FLEURY, P.F.; WANKE, P.. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2003, 488 p.

FLEURY, P.F.; FIGUEIREDO, K.F.; WANKE, P.. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000. 376 p.

FONTANA, A., FARIA, P., MOREIRA, M. E. P. e MONTENEGRO, N. G. S. D. "Escolha do modal com maior índice socioeconômico ambiental para o transporte de soja a granel entre Cuiabá-MT e Santarém-PA". In: **XXII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Vitória, ES, Brasil, 2009.

FORKENBROCK, David, Comparison of external costs of rail and truck freight transportation. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Volume 35, Issue 4, May 2001, Pages 321-337.

FUKUYAMA, H.; YOSHIDA, Y.; MANAGI, S.. "Modal choice between air and rail: a social efficiency benchmarking analysis that considers CO2 emissions". **Environmental economics and policy studies**. Vol. 13, number 2, pp. 89-102, 2011.

- GARCIA, A.; SPIM, J.A.; SANTOS, C.A.; CHEUNG, N.. **Lingotamento contínuo**. São Paulo: ABM, 2006. 299p.
- GLOBAL WARMING. **The Complete Briefing de John Houghton**. 3ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- GONÇALVES, G.I.. **Perspectivas de integração modal rodo-hidro-ferroviária na exportação de produtos agrícolas minerais no estado de Mato Grosso do Sul**. Dissertação de M.Sc., USP, São Carlos, SP, Brasil, 2008.
- GRANEMANN, S. R. e GARTNER, I. R., “Modelo Multicriterial para Escolha Modal/Sub-Modal de Transporte”. In: **XIV ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Gramado, RJ, Brasil, p. 337–345, 2000.
- HALLBJÖRNER, F.; TYRÉN, C. “Possible consequences of a new European container standard (EILU)”. **Master thesis, 30 ECTS shipping and logistics. School of marine studies**. Chalmers Lindholmen University College: Göteborg, Sweden 2004.
- HOEL, L.A.; GARBER, N.J.; SADEK, A.W.. **Engenharia de infraestrutura de transportes: uma integração multimodal**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 616p.
- HOLANDA, A.B. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 5ª ed. Curitiba: Editora Positivo, 2010. 2222p.
- HOUPT, S.. “Putting Spanish steel on the map: the location of Spanish integrated steel, 1880-1936”. **European Review of Economic History**, n.6, 193-220. Jun. 2002.
- INSTITUTO AÇO BRASIL - IAB. **Anuário Estatístico 2011**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2011.
- IQUIAPAZA, R.A., AMARAL, H.F.; BRESSAN, A.A. “Evolução da Pesquisa em Finanças: Epistemologia, Paradigma e Críticas”. **Revista O&S: Organizações & Sociedade**, 2009.

JACOBSON, M.Z. **Atmospheric pollution: history, science, and regulation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. 399 p

JANIC, Milan., An assessment of the performance of the European long intermodal freight trains (*LIFTS*). **Transportation Research Part A: Policy and Practice** Volume 42, Issue 10, December 2008, Pages 1326-1339.

KAWAMOTO, E. **Análise de Sistemas de Transporte**. 2ed. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP., 1999.

KEEBLER, J. S., Plank, Richard E.. "Logistics performance measurement in the supply chain: a benchmark", **Benchmarking: An International Journal**, Vol. 16 Iss: 6, pp.785 – 798, 2009.

KEEDI, S.. **Logística de transporte internacional: veículo prático de competitividade**. 3ª ed. São Paulo: Aduaneiras, 2007.

KEEDI, S.. **Transportes, unitização e seguros internacionais de carga**. 5. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2011. 312 p.

KERKKÄNEN, A.. "Determining semi-finished products to be stocked when changing the MTS-MTO policy: case of a steel mill". **International Journal Production Economics**, pp. 111-118, August 2007.

LEAL JR, I. C.; D'AGOSTO, M. A.. "Avaliação do desempenho para escolha dos modos de transporte de carga com base na eco-eficiência". In: **XXII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Fortaleza, CE, Brasil, 2008.

LEAL JR, I. C. e D'AGOSTO, M. de A.. "Escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em aspectos ambientais: caso dos modos terrestres para o etanol no Brasil". In: **VII Rio de Transportes**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009b.

- LEAL JÚNIOR, I.C.. **Método de escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em medidas de ecoeficiência**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.
- LEAL JUNIOR, I.C.; D'AGOSTO, M.A.. "Modal choice for transportation of hazardous materials: the of land models of transport of bio-ethanol in Brazil". **Journal of Cleaner Production**. V. 19, pp. 229-240, Jan-Fev. 2011a.
- LEAL JUNIOR, I.C.; D'AGOSTO, M.A.. "Modal choice evaluation of transport alternatives for exporting bio-ethanol from Brazil". **Transportation research part D**, v. 16, pp.201-207, 2011b.
- LEITNER, J.. "The political economy of raw materials transport from internal periphery to core in the early 20th century US." **Journal of world systems research**, V. 10, n. 2, 397-435, September 2004.
- LEWIS, P.E.; RASDORF, W.; FREY, H.; PANG, S.; KIM, K.. "Requirements and incentives for reducing construction vehicle emissions and comparison of nonroad diesel engine emissions data sources". **Journal of construction engineering and management**. Vol. 5; pp. 341-351, 2009.
- LUCCI, M.A.S.. **Tarifação ferroviária, análise e proposições de reformulação**. Dissertação M.Sc, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1980.
- MARTINS, R.S.; CAIXETA FILHO, J.V.. "O desenvolvimento dos sistemas de transporte: auge, abandono e reativação recente das ferrovias". **Revista de Economia**, v.6, n.11, pag. 69-91, Agosto 1998.
- MARTINS, R.S; LOBO, D.S; PEREIRA. "Atributos relevantes no transporte de graneis agrícolas: preferência declarada pelos embarcadores", **Revista de economia e agronegócio**, v. 3, n. 2, pp. 145-163, Jun. 2005
- MAXIMIANO, A. C. A.. **Teoria Geral da Administração**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2000.

- MELLO, P.F.B.. **Contribuição ao estudo do transporte marítimo com identificação dos atributos de desempenho para o uso de contêineres na exportação de commodities agrícolas no Brasil**. Dissertação de M.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.
- MENON A; BHARADW AJ S.G.; ADIDAM P.T.; EDILSON S.W. Antecedents and consequences of marketing strategy making: a model and a test. **Journal of marketing**, vol.63, nº2 (1999), pp 18-40
- MEZRAHI, A.. **Avaliação crítica dos requisitos de segurança e radioproteção adotados para o transporte de minérios e concentrados que contêm urânio e tório**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS - MME.. **“Anuário estatístico de transformação de não metálicos 2011.”** Brasília, DF, Brasil, 2011. Disponível em
<http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Anuarios/2_ANUARIO_DA_TRANSFORMACAO_DOS_NAO_METALICOS_2010.pdf> acesso em 05/02/2012.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **1º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários**. Brasília: Estação das Artes, Janeiro 2011.
- MOURÃO, Marcelo Breda (Org.). **Introdução à Siderurgia**. São Paulo: ABM, 2007. 428p.
- MORAIS, M.A.C; **Proposta de um modelo para análise de cadeias de suprimentos de usinas siderúrgicas: estudo de caso na ArcelorMittal Tubarão Aços Planos**. Dissertação de M.Sc., UFPB, João Pessoa, PB, Brasil, 2008.
- MULTITEX LOGÍSTICA LTDA. – MULTITEX. **Tarifário de serviços em terminais intermodais**. Multitex: Belo Horizonte, MG, 2011.

- MUTABINGWA, A.. "Corridor diagnostic study of northern and central corridors of east Africa". **F. Lake Transport**, v.2: technical papers, Arusha, Tanzania., 2011.
- NASCIMENTO, C.R.. "Caracterização e determinação do comportamento de consolidação da polpa de bauxita"; **Rem: Rev. Esc. Minas**. vol.63, n.2, p.325-329. Jun. 2010.
- NEELY, A.D., GREGORY, M.J., PLATTS, K.W.. "Performance measurement system design: a literature review and research agenda". **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 15 No 4, pp.80-116, 1995.
- NIKLITSCHKE, F.A.R.. **Desarrollo de una solución logística para la programación de operaciones en una compañía siderúrgica**. Dissertação de M.Sc., Universidad de Chile, Santiago, 2009.
- NOVAES, A. G.. **Métodos de otimização, aplicações aos transportes**. São Paulo, Edgard Blücher: TRANSESP, 1978
- NOVAES, A. G., **Sistemas de Transportes, Vol. 1: Análise de Demanda**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1986
- NOVAES, A. G. e ALVARENGA, A. C.. **Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição**. São Paulo: Pioneira, 1994.
- OLIVEIRA, C. T., (2010) **Expansão do transporte marítimo mundial**. Disponível em <<http://www.portosenavios.com.br/site/colunas/port-e-export/3454-expansao-do-transporte-marinho-mundial>> Acesso em: 21/11/2010.
- OLIVEIRA, R. L. M. e CURY, M. V. Q.. "A escolha modal no transporte de cargas sob a ótica da modelagem neuro-fuzzy: um estudo de caso". In: **XVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Florianópolis, SC, Brasil, 2004.
- PACHECO, E.A.; DROHOMERETSKI, E.; CARDOSO, P.A.. "A decisão do modal de transporte através da metodologia AHP na aplicação da logística enxuta: um

estudo de caso”. In: **IV Congresso nacional em excelência em gestão**, Niterói, RJ, Brasil, 2008.

PANDEY, A.K.. **Raw materials and transportation: issues and outlook**. New Delhi: Steel authority of India limited, 2006

PEZERICO, L. A. M.. **Sistema de avaliação de desempenho no transporte urbano: uma abordagem para o setor metroviário**. Dissertação M.Sc. UFRS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2002.

POTTER, A.; MASON, R.; NAIM, M.; LALWANI, C.. “The evolution towards and integrated steel supply chain: a case study from UK”. **International Journal Production Economics**, v.89, pp. 207-216, 2004.

POSO, A.T.. **O processo de reestruturação da siderurgia mundial e brasileira: o caso da Companhia Siderúrgica Nacional**. Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil, 2007.

PROMAFER. Tarifário de movimentação de cargas no terminal de Santa Luzia-MG. Promafer: Santa Luzia, MG. 2011.

RANTA, T.; RINNE, S.. The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, pp. 231-237, 2006

RAVARA, A.. **Transporte ferroviário de cargas: método de custeio e determinação de fretes**. Dissertação de M.Sc. Escola Politécnica/USP, São Paulo, SP, Brasil, 2005.

RAVARA, A.. **Métodos de formação de preço na VLI**. Comunicação pessoal. VLI – Gerência Geral Comercial de Carga Geral, São Paulo, SP, 2011

RICH, J., HOLMBLAD, W.; HANSEN, C. A weighted logit freight mode-choice model. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**. Volume 45, Issue 6, November 2009, Pages 1006-1019

- RIZZO, E.M.S. **Introdução aos processos de preparação de matérias-primas para refino do aço**. São Paulo: ABM, 2005. 71p.
- RODRIGUES, P.R.A.. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. 4. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2008. 248 p.
- ROSSETTI, M.D., HILL, R.R., JOHANSSON, B., DUNKIN, A., IGALLS, G., eds. "Operational simulation model of the raw material handling in a integrated steel making plant. In: **Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference**. 1322-44, Austin, Texas, USA, 13-16 December 2009.
- RUIZ, J.M.; ROMERO, L.. "Renewed debate over transpiration and long-distance transport of minerals in plants". **Trends in plant science**, v. 7, n.2. fev. 2002.
- SELLITO, M. A.; MENDES, L.W. "Avaliação comparativa do desempenho de três cadeias de suprimentos em manufatura", **Revista Produção**, v.16, n.3, p.552-568, Set./Dez. 2006.
- SILVA, J.C.; RIBEIRO, A.F.; AMARAL, G.B.; REIS, V. "O transporte de calcário em container: desafios e perspectivas". In: **30º seminário de logística, suprimentos, pcp e transportes**. ABM, Vitória, 2011.
- SIRMOUR, H.P.. **Loading and transport of limestone (mechanically) at Manal Limestone Mine CCIL at Rajban**. New Delhi: The tribune, 2012.
- SOUTH EAST FREIGHT LOGISTIC TASK FORCE - SFLTf.. **A Plan for freight transport for the south east / limestone coast region of south Australia**. Government of South Australia: Department of transport, energy and infrastructure, 2006.
- TEIXEIRA, K.M.. **Investigação de opções de transporte de carga geral em contêineres nas conexões com a região amazônica**. Tese de D.Sc. USP, São Paulo, SP, Brasil, 2007.

- TEIXEIRA FILHO, J.L.L. **Modelos analíticos de fretes cobrados para o transporte de cargas**. Dissertação de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.
- TRITON CONTAINERS LEASING. **Parâmetros dos custos aplicados às operações de contêineres no Brasil**. Manual técnico. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2011.
- UELZE, Reginaldo (organizador). **Transporte & Frotas**, 1ed. São Paulo: Pioneira, 1978.
- VALE. **Acervo digital**. 2011 Disponível via sistema informatizado. Acessado em: 29 de novembro de 2011.
- VALENTE, A.M.; NOVAES, A.G.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H.. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 340 p.
- VALENTE, A.M.; PASSAGLIA, E.; CRUZ, J.A.; MELLO, J.C.; CARVALHO, N.A.; MAYERLE, S.; SANTOS, S.. **Qualidade e Produtividade nos Transportes**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning. 2009, 256p.
- VAZ, S.L.. **A siderurgia brasileira a carvão vegetal: um estudo de arranjos verticais**. Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil, 2010.
- WANKE, P.; FLEURY, P.F.. Transporte de cargas no brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. 2006. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/estruturadinamica/capitulo%2012 transporte.pdf](http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/estruturadinamica/capitulo%2012%20transporte.pdf)>. Acesso em: 12 de novembro de 2011
- WEI, Y.; LIAO, H.; FAN, Y.. (2007). "An empirical analysis of energy efficiency in China's iron and steel sector". **Energy**. Vol. 32, Issue 12, Pag. 2262-2270, December 2007
- WORLD STEEL ASSOCIATION – WSA.. **Steel statistical yearbook 2011**. World steel committee on economic studies, Brussels, 2011.

WORREL, E.; PRICE, L.; MARTIN, N.. "Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector". **Energy Journal**, v. 26, pp. 513-536, June 2001

APÊNDICE A – Roteiro de Entrevista Aplicado aos Funcionários da AMT

- 1) Diante do cenário econômico atual, como a ArcelorMittal Tubarão está posicionada em termos de competitividade frente aos concorrentes?
- 2) Qual a importância da logística para a competitividade da empresa?
- 3) Sabe-se que em um processo de produção siderúrgica os altos volumes de matérias-primas movimentadas representam boa parte do custo de produção. Como é possível obter diferencial competitivo por meio da logística aplicada ao suprimento destas matérias-primas?
- 4) Após o minério e carvão, sabe-se que o calcário é utilizado em grandes proporções no processo siderúrgico, utilizado nas unidades internas de calcinação e nos processos de redução e sinterização. Neste sentido, qual a representatividade da operação de transporte no processo de abastecimento deste insumo?
- 5) Considerando o transporte como parte integrante do custo logístico envolvido na aquisição do calcário, qual seu impacto no custo total de aquisição, aquilo que vocês chamam de *total cost ownership*?
- 6) Quais os principais aspectos, atributos e indicadores analisados na hora de definir a alternativa de transporte mais adequada ao processo de suprimento de calcário à planta da AMT?
- 7) Em ordem de importância, como você colocaria os atributos considerados na definição da melhor alternativa de transporte para o abastecimento de calcário?
- 8) Quais outros aspectos, complementares ao transporte, como armazenagem, manuseio da carga, são importantes do ponto de vista da empresa? Como eles agem no processo de abastecimento? Qual a ligação percebida com a operação de transporte?
- 9) Sabe-se que de 2007 até 2010, foram utilizados mais de um modelo de operação de transporte para o calcário. Do seu ponto de vista, qual foi a melhor experiência? Pondere os pontos positivos e negativos da sua escolha.
- 10) Possui algo mais a acrescentar quanto ao processo de abastecimento da empresa com calcário e cal, focando principalmente na logística destes produtos?

APÊNDICE B - Modelo de custo do transporte rodoviário

$$COTRC = \left(\left(\frac{CFM}{CC \times NMV} \right) + \left(\frac{CV}{CC} \right) + COC + DA \right) \quad (4.1)$$

Onde:

COTRC = Custo operacional do transporte rodoviário de carga (R\$/t)

CFM = Custos fixos mensais (R\$/mês)

CC = Capacidade de carga da composição (t)

NMV = Número médio de viagens por mês

CV = Custos variáveis por quilômetro (R\$/km)

COC = Custo operacional do contêiner (essa parcela só é considerada quando o contêiner estiver inserido na operação) (R\$/t)

DAT = Despesas administrativas (R\$/t)

Número médio de viagens por mês

$$NMV = \left(HTT / \left(\left(\frac{DV}{VMP} \right) + TCD \right) \right)$$

Onde:

HTT = Horas totais trabalhadas no mês

DV = Distância da viagem (km)

VMP = Velocidade média do percurso (km/h)

TCD = Tempo de carga e descarga

1. Custos fixos mensais

$$CFM = RC + SM + EM + SM + EM + Rc + Tl + Se$$

Onde:

RC = Remuneração do capital

SM = Salário do motorista

EM = Encargos do motorista

SM = Salário do mecânico

EM = Encargos do mecânico

Rc = Reposição da composição

Tl = Taxas de licenciamento

Se = Seguro

A. Remuneração do capital

$$RC = (VARC + VARP) \div 12$$

Onde:

VARC = Valor anual da remuneração do capital (R\$/ano)

VARP = Valor anual de remuneração das peças (R\$/ano)

- Valor total da composição (VTC)

$$VTC = (Vc + Vr) + (Qp \times (Vp + Vc + Vprot))$$

Onde:

Vc = Valor da composição rodoviária (R\$)

Vr = Valor do rodar (R\$)

Qp = Quantidade de pneus

Vp = Valor do pneu (R\$)

Vc = Valor da câmara (R\$)

Vprot = Valor do protetor do pneu (R\$)

a) Valor anual da remuneração do capital (VARC)

$$VARC = VTC \times TRC$$

Onde:

TRC = Taxa de remuneração do capital ao ano (%)

b) Valor anual de remuneração das peças (VARP)

$$VARP = VTC \times TRP$$

Onde:

TRP = Taxa de remuneração das peças ao ano (%)

APÊNDICE C - Fatores de conversão para emissão de poluentes pelo consumo de óleo diesel.

Massa específica do óleo diesel	0,852 kg/l
Intensidade energética do óleo diesel	44979 MJ/t

Equipamento	Atributo	Indicador	Medida	Indicador convertido	Medida	FONTE
Caminhão	CO	4,05	gpoluente/kg diesel	3,45	gpoluente/l diesel	MMA (2011)
	NMHC	1,38	gpoluente/kg diesel	1,18	gpoluente/l diesel	
	NOX	29,33	gpoluente/kg diesel	24,99	gpoluente/l diesel	
	MP	0,57	gpoluente/kg diesel	0,49	gpoluente/l diesel	
Pá-Carregadeira	CO	4,05	gpoluente/kg diesel	3,45	gpoluente/l diesel	MMA (2011)
	NMHC	1,38	gpoluente/kg diesel	1,18	gpoluente/l diesel	
	NOX	29,33	gpoluente/kg diesel	24,99	gpoluente/l diesel	
	MP	0,57	gpoluente/kg diesel	0,49	gpoluente/l diesel	
Reach	CO	4,05	gpoluente/kg diesel	3,45	gpoluente/l diesel	MMA (2011)
	NMHC	1,38	gpoluente/kg diesel	1,18	gpoluente/l diesel	
	NOX	29,33	gpoluente/kg diesel	24,99	gpoluente/l diesel	
	MP	0,57	gpoluente/kg diesel	0,49	gpoluente/l diesel	
Locomotiva de manobras	CO	26,00	gpoluente/galão	6,87	gpoluente/l diesel	Lewis, P.; Rasdorf, W.; Frey, H.; Pang, S.; Kim, K. (2009)
	NMHC	6,80	gpoluente/galão	1,80	gpoluente/l diesel	
	NOX	74,00	gpoluente/galão	19,55	gpoluente/l diesel	
	MP	3,40	gpoluente/galão	0,90	gpoluente/l diesel	
Locomotiva de tração	CO	28,00	gpoluente/galão	7,40	gpoluente/l diesel	Lewis, P.; Rasdorf, W.; Frey, H.; Pang, S.; Kim, K. (2009)
	NMHC	7,00	gpoluente/galão	1,85	gpoluente/l diesel	
	NOX	104,00	gpoluente/galão	27,48	gpoluente/l diesel	
	MP	8,40	gpoluente/galão	2,22	gpoluente/l diesel	

Emissão de CO2	=	2,671 kg/l
1 galão	=	3,785 litros

APÊNDICE D – Parâmetros e dados de consumo de diesel dos equipamentos utilizados nas operações de transporte analisadas neste trabalho.

DADOS DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NÃO RENOVÁVEL (DIESEL)				
INDICADOR	MEDIDA (l / h)			FONTE
	Mínimo	Médio	Máximo	
Consumos Pá-Carregadeira	11,27	11,98	13,21	Pesquisa Campo
Variação do consumo Pá-Carregadeira				
Consumos Locomotiva de Manobras	9,72	10,02	10,89	Pesquisa Campo
Variação do consumo da Locomotiva de Manobras				

OUTROS CONSUMOS	Medidas	FONTE
Veículo rodoviário	3,17 km/l	MMA (2011)
Locomotiva tração (Dash-08)	4,1875 l/km	VALE (2011)

APÊNDICE E – Parâmetros e resultados do consumo de energia e emissões de poluentes na Alternativa 1

OPERAÇÃO				TEMPO (h)			DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	FATOR PRODUÇÃO (t)	CONSUMO DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL													
Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo	Mínimo	Médio	Máximo				Intervalo	Mínimo (I)	Médio (I)	Máximo (I)	Intervalo									
Carregamento do caminhão				0,65	0,66	0,69	5%	-		29,00	11,98	13,21	10%	7,36	7,91	9,12	22%						
Transporte rodoviário				1,49	1,50	1,57	3%	52,00	Cavalo mecânico 002 + Semi reboque basculante	29,00	0,28	0,32	0,35	10%	14,76	16,40	18,04	20%					
Transbordo				0,70	0,72	0,77	5%	-	Pá-carreiera	28,00	11,27	11,98	13,21	10%	7,94	8,61	10,16	26%					
									Locomotiva de manobras	62,00	9,72	10,02	10,89	6%	6,85	7,20	8,37	21%					
Transporte ferroviário				106,28	108,99	116,29	7%	651,80	Locomotiva de tração + 20 vagões em média	1240,00	3,89	4,19	4,48	7%	2538,35	2729,41	2920,47	14%					
									Car dumper	62,00	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%					
Transbordo				0,55	0,56	0,58	5%	-	Locomotiva de manobras	62,00	9,72	10,02	10,89	6%	5,36	5,59	6,36	18%					
									Pá-carreiera	29,00	11,27	11,98	13,21	10%	6,21	6,68	7,71	22%					
Movimentação interna				0,02	0,02	0,02	7%	0,60	Correia transportadora	1,00	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%					
Movimentação externa				0,02	0,02	0,02	7%	2,00	Correia transportadora	1,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0%					
				0	0	0																	
TEMPO TOTAL				109,70	112,46	119,94	DISTÂNCIA TOTAL	707,90			CONSUMO TOTAL / EMISSÕES TOTAIS						2986,84	2781,80	2980,25	14%			
EMISSÕES DE POLUIENTES																							
CO (g)				NMHC (g)			Intervalo	NOX (g)			Intervalo	MP (g)			Intervalo	CO2 (kg)			Intervalo				
Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo	Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo					
25,40	27,30	31,47	2,2%	8,66	9,30	10,72	22%	183,97	197,72	227,91	22%	3,58	3,85	4,44	22%	19,66	21,13	24,36	22%				
50,94	56,60	62,26	20%	17,36	19,29	21,22	20%	368,93	409,92	450,91	20%	7,18	7,98	8,78	20%	39,43	43,81	48,20	20%				
27,40	29,69	35,07	26%	9,34	10,12	11,95	26%	198,41	215,04	253,97	26%	3,86	4,19	4,94	26%	21,21	22,99	27,15	26%				
47,05	49,44	57,53	21%	12,31	12,93	15,05	21%	133,91	140,71	163,73	21%	6,15	6,47	7,52	21%	18,29	19,22	22,37	21%				
18777,78	20191,16	21604,54	14%	4694,45	5047,79	5401,14	14%	69746,04	74995,75	80245,45	14%	5,633,33	6,057,35	6,481,36	14%	6779,94	7290,26	7800,58	14%				
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%				
36,82	38,40	43,67	18%	9,63	10,04	11,42	18%	104,80	139,68	158,86	39%	4,82	5,02	5,71	18%	14,32	14,93	16,98	18%				
42,68	45,91	52,99	22%	11,16	12,01	13,86	22%	121,48	167,01	192,79	43%	5,58	6,00	6,93	22%	16,60	17,85	20,61	22%				
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%				
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%				
8926,16	9598,89	10283,63	14%	3041,51	3270,73	3504,05	14%	64643,02	69514,95	74473,83	14%	1,258,48	1,353,33	1,449,87	14%	6909,46	7430,20	7960,24	14%				
CONSUMO ENERGIA (I _{base} / t _{transporte})																	CO2 (kg / t _{transporte})						
CO				NMHC			Intervalo	NOX			Intervalo	MP			Intervalo	CO2 (kg / t _{transporte})							
Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo	Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo					
0,254	0,273	0,314	22%	0,88	0,94	1,09	22%	0,30	0,32	0,37	22%	6,34	6,82	7,86	22%	0,12	0,13	0,15	22%	0,68	0,73	0,84	22%
0,509	0,566	0,622	20%	1,76	1,95	2,15	20%	0,60	0,67	0,73	20%	12,72	14,14	15,55	20%	0,25	0,28	0,30	20%	1,36	1,51	1,66	20%
0,284	0,307	0,363	26%	0,98	1,06	1,25	26%	0,33	0,36	0,43	26%	7,09	7,68	9,07	26%	0,14	0,15	0,18	26%	0,76	0,82	0,97	26%
0,110	0,116	0,135	21%	0,76	0,80	0,93	21%	0,20	0,21	0,24	21%	2,16	2,27	2,64	21%	0,10	0,10	0,12	21%	0,10	0,30	0,31	21%
2,047	2,201	2,355	14%	15,14	16,28	17,42	14%	3,79	4,07	4,36	14%	56,25	60,48	64,71	14%	4,54	4,88	5,23	14%	5,47	5,88	6,29	14%
0,086	0,090	0,103	18%	0,59	0,62	0,70	18%	0,16	0,16	0,16	18%	1,69	2,25	2,56	39%	0,08	0,08	0,09	18%	0,23	0,24	0,27	18%
0,214	0,230	0,266	22%	1,47	1,58	1,83	22%	0,38	0,41	0,48	22%	4,19	5,76	6,65	43%	0,19	0,21	0,24	22%	0,57	0,62	0,71	22%
0,000	0,000	0,000	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%
3,251	3,511	3,844	17%	20,703	22,295	24,282	16%	5,457	5,882	6,419	16%	84,094	92,577	101,184	18%	5,298	5,702	6,159	15%	8,683	9,377	10,267	17%
CONSUMO TOTAL ENERGIA (I _{base} / t _{transporte})																	EMISSÕES TOTAIS DE CO2 (kg / t _{transporte})						

APÊNDICE F – Parâmetros e resultados do consumo de energia e emissões de poluentes na Alternativa 2

OPERAÇÃO	TEMPO (h)			DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	FATOR PRODUÇÃO (t)	CONSUMO DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL												
	Mínimo	Médio	Máximo				Intervalo	Medida	Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo	Mínimo (I)	Médio (I)	Máximo (I)	Intervalo			
Transporte rodoviário	0,66	0,67	0,71	6%	-	Pá-carredeira	29,00 l/h	11,27	11,98	13,21	10%	7,44	8,06	9,41	24%				
	1,49	1,50	1,58	4%	52,00	Cavalo mecânico 6X2 + Semi reboque basculante	29,00 l/km	0,28	0,32	0,35	10%	14,76	16,40	18,04	20%				
	0,70	0,72	0,77	5%	-	Pá-carredeira	28,00 l/h	11,27	11,98	13,21	10%	7,94	8,61	10,16	26%				
	62,00 l/h	9,72	10,02	10,89	6%	6,85	7,20	8,37	21%										
Transporte ferroviário	95,37	97,92	104,62	7%	639,00	Locomotiva de tração + 20 vagões em média	1240,00 l/km	3,89	4,19	4,48	7%	2488,51	2675,81	2863,12	14%				
Transbordo	0,69	0,70	0,72	4%	-	Moeira de Descarga	62,00 l/h	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%				
	62,00 l/h	9,72	10,02	10,89	6%	6,75	7,00	7,88	16%										
Transporte rodoviário	1,65	1,66	1,71	3%	26,00	Locomotiva de manobras	29,00 l/h	11,27	11,98	13,21	10%	7,82	8,37	9,56	21%				
Movimentação interna	0,02	0,02	0,02	7%	2,00	Cavalo mecânico 6X2 + Semi reboque basculante	26,00 l/km	0,28	0,32	0,35	10%	7,38	8,20	9,02	20%				
Movimentação interna	0	0	0	0	2,00	Correia transportadora	1,00 n/a	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%				
TEMPO TOTAL	100,58	103,19	110,14	TÂNCIA TC	719,00														
					CONSUMO TOTAL / EMISSÕES TOTAIS														
																2547,44	2739,65	2935,58	14%
EMISSÕES DE POLUENTES																			
CO (g)			Intervalo	NMHC (g)			Intervalo	NOX (g)			Intervalo	MP (g)			Intervalo	CO2 (kg)			Intervalo
Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo	
25,66	27,81	32,47	24%	8,74	9,47	11,06	24%	185,85	201,36	235,17	24%	3,62	3,92	4,58	24%	19,87	21,52	25,14	24%
50,94	56,60	62,26	20%	17,36	19,29	21,22	20%	368,93	409,92	450,91	20%	7,18	7,98	8,78	20%	39,43	43,81	48,20	20%
27,40	29,69	35,07	26%	9,34	10,12	11,95	26%	198,41	215,04	253,97	26%	3,86	4,19	4,94	26%	21,21	22,99	27,15	26%
47,05	49,44	57,53	21%	12,31	12,93	15,05	21%	133,91	140,71	163,73	21%	6,15	6,47	7,52	21%	18,29	19,22	22,37	21%
18409,02	19794,65	21180,28	14%	4602,26	4948,66	5295,07	14%	68376,38	73522,99	78669,59	14%	5,522,71	5,938,39	6,354,08	14%	6646,80	7147,10	7647,39	14%
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%
46,34	48,09	54,13	16%	12,12	12,58	14,16	16%	131,90	174,94	196,92	37%	6,06	6,29	7,08	16%	18,02	18,70	21,05	16%
53,72	57,50	65,69	21%	14,05	15,04	17,18	21%	152,90	209,17	238,98	41%	7,03	7,52	8,59	21%	20,89	22,36	25,54	21%
25,47	28,30	31,13	20%	8,68	9,64	10,61	20%	184,46	204,96	225,45	20%	3,59	3,99	4,39	20%	19,72	21,91	24,10	20%
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%
8790,21	9453,44	10129,50	14%	2995,18	3221,17	3451,53	14%	63658,51	68461,55	73357,61	14%	1,239,31	1,332,82	1,428,13	14%	6804,23	7317,61	7840,93	14%
CONSUMO ENERGIA (l _{diesel} / t _{transportada})																			
CO			Intervalo	NMHC			Intervalo	NOX			Intervalo	MP			Intervalo	CO2 (kg / t _{transportada})			
Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo	
0,256	0,278	0,325	24%	0,88	0,96	1,12	24%	0,30	0,33	0,38	24%	6,41	6,94	8,11	24%	0,69	0,74	0,87	24%
0,509	0,566	0,622	20%	1,76	1,95	2,15	20%	0,60	0,67	0,73	20%	12,72	14,14	15,55	20%	0,28	0,30	0,35	20%
0,284	0,307	0,363	26%	0,98	1,06	1,25	26%	0,33	0,36	0,43	26%	7,09	7,68	9,07	26%	0,15	0,18	0,26	26%
0,110	0,116	0,135	21%	0,76	0,80	0,93	21%	0,20	0,21	0,24	21%	2,16	2,27	2,64	21%	0,10	0,10	0,12	21%
2,007	2,158	2,309	14%	14,85	15,96	17,08	14%	3,71	3,99	4,27	14%	55,14	59,29	63,44	14%	4,45	4,79	5,12	14%
0,109	0,113	0,127	16%	0,75	0,78	0,87	16%	0,20	0,20	0,23	16%	2,13	2,82	3,18	16%	0,10	0,10	0,11	16%
0,270	0,289	0,330	21%	1,85	1,98	2,27	21%	0,48	0,52	0,59	21%	5,27	7,21	8,24	41%	0,24	0,26	0,30	21%
0,284	0,315	0,347	20%	0,98	1,09	1,20	20%	0,33	0,37	0,41	20%	7,09	7,88	8,67	20%	0,14	0,15	0,17	20%
3,572	3,864	4,233	17%	21,920	23,620	25,744	16%	5,856	6,318	6,900	17%	91,605	101,295	110,791	19%	5,417	5,832	6,304	15%
9,542																	10,321	11,307	17%
CONSUMO TOTAL ENERGIA (l _{diesel} / t _{transportada})																			
EMISSÕES TOTAIS (g _{poluente} / t _{transportada})																			
EMISSÕES TOTAIS DE CO2 (kg / t _{transportada})																			

APÊNDICE G – Parâmetros e resultados do consumo de energia e emissões de poluentes na Alternativa 3

OPERAÇÃO				TEMPO (h)			DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	FATOR PRODUÇÃO (t)	CONSUMO DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL										
Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo	Mínimo	Médio	Máximo				Medida	Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo	Mínimo (l)	Médio (l)	Máximo (l)	Intervalo		
Carregamento do caminhão				0,65	0,66	0,68	3%	-	Correia transportadora	28,00	n/a			0,00	0,00	0,00	0%			
Transporte rodoviário				0,84	0,85	0,88	3%	23,00	Cavalo mecânico 6x2 + Semi reboque porta contêiner	28,00	/km	0,29	0,32	0,34	7%	6,78	7,26	7,73	13%	
Transbordo				0,19	0,19	0,21	6%	-	Reach Stacker	28,00	/h	17,43	17,58	18,29	4%	3,30	3,40	3,76	13%	
										56,00	/h	9,72	10,02	10,89	9%	1,84	1,94	2,24	20%	
Transporte ferroviário				66,58	66,81	68,48	2%	670,00	Locomotiva de tração + 20 vagões em média	1120,00	/km	3,89	4,19	4,48	7%	2609,23	2805,63	3002,02	14%	
Transbordo				0,22	0,23	0,25	7%	-	Reach Stacker	28,00	/h	17,43	17,58	18,29	4%	3,91	4,04	4,48	14%	
										56,00	/h	9,72	10,02	10,89	9%	2,18	2,30	2,67	21%	
Transporte rodoviário				0,92	0,93	0,97	4%	3,00	Cavalo mecânico 6x2 + Semi reboque porta contêiner basculante	28,00	/km	0,29	0,32	0,34	7%	0,88	0,95	1,01	14%	
Movimentação interna								-	Correia transportadora	28,00	n/a	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	
TEMPO TOTAL				69,41	69,66	71,45	TÂNCIA TC	696,00											14%	
EMISSIONES DE POLUENTES																				
CO (g)			Intervalo		NMHC (g)		Intervalo		NOX (g)		Intervalo		MP (g)		Intervalo		CO2 (kg)		Intervalo	
Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo
23,40	25,04	26,67	13%	7,97	8,53	9,09	13%	169,45	181,31	193,17	13%	3,30	3,53	3,76	13%	18,11	19,38	20,65	13%	13%
11,39	11,74	12,97	13%	3,88	4,00	4,42	13%	82,50	85,04	93,90	13%	1,61	1,66	1,83	13%	8,82	9,09	10,04	13%	13%
12,65	13,32	15,37	20%	3,31	3,48	4,02	20%	36,01	37,90	43,73	20%	1,65	1,74	2,01	20%	4,92	5,18	5,97	20%	20%
119302,11	20754,95	22207,80	14%	4825,53	5188,74	5551,95	14%	71693,54	77089,83	82486,12	14%	5,790,63	6,226,49	6,662,34	14%	6969,26	7493,82	8018,39	14%	14%
13,50	13,96	15,47	14%	4,60	4,76	5,27	14%	97,80	101,08	112,00	14%	1,90	1,97	2,18	14%	10,45	10,80	11,97	14%	14%
15,00	15,83	18,33	21%	3,92	4,14	4,79	21%	42,69	57,58	66,67	42%	1,96	2,07	2,40	21%	5,83	6,15	7,13	21%	21%
3,04	3,27	3,49	14%	1,03	1,11	1,19	14%	21,99	23,65	25,30	14%	0,43	0,46	0,49	14%	2,35	2,53	2,70	14%	14%
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0%
9068,63	9749,73	10434,29	14%	3090,05	3322,13	3555,39	14%	65674,83	70607,32	75564,87	14%	1,278,57	1,374,59	1,471,11	14%	7019,74	7546,96	8076,85	14%	14%
CONSUMO ENERGIA (l _{diesel} / t _{transportada})																				
Mínimo			Intervalo		CO		Intervalo		NMHC		Intervalo		NOX		Intervalo		MP		Intervalo	
Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Máximo
0,242	0,259	0,276	13%	0,84	0,89	0,95	13%	0,28	0,30	0,32	13%	6,05	6,48	6,90	13%	0,12	0,13	0,13	13%	13%
0,118	0,122	0,134	13%	0,41	0,42	0,46	13%	0,14	0,14	0,16	13%	2,95	3,04	3,35	13%	0,06	0,06	0,07	13%	13%
0,033	0,035	0,040	20%	0,23	0,24	0,27	20%	0,06	0,06	0,07	20%	0,64	0,68	0,78	20%	0,03	0,03	0,04	20%	20%
2,330	2,505	2,680	14%	17,23	18,53	19,83	14%	4,31	4,63	4,96	14%	64,01	68,83	73,65	14%	5,17	5,56	5,95	14%	14%
0,140	0,144	0,160	14%	0,48	0,50	0,55	14%	0,16	0,17	0,19	14%	3,49	3,61	4,00	14%	0,07	0,07	0,08	14%	14%
0,039	0,041	0,048	21%	0,27	0,28	0,33	21%	0,07	0,07	0,09	21%	0,76	1,03	1,19	42%	0,04	0,04	0,04	21%	21%
0,031	0,034	0,036	14%	0,11	0,12	0,12	14%	0,04	0,04	0,04	14%	0,79	0,84	0,90	14%	0,02	0,02	0,02	14%	14%
2,933	3,140	3,374		19,561	20,980	22,523		5,062	5,426	5,828		78,694	84,502	90,776		5,493	5,899	6,322		

EMISSIONES TOTAIS (g poluente/t transportada)

CONSUMO TOTAL ENERGIA (l_{diesel} / t_{transportada})

APÊNDICE H – Parâmetros e resultados do consumo de energia e emissões de poluentes na Alternativa 4

OPERAÇÃO			TEMPO (h)			DISTÂNCIA PERCORRIDA (km)	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	FATOR PRODUÇÃO (t)	CONSUMO DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL												
			Mínimo		Médio				Máximo		Medida	Mínimo		Médio		Máximo					
			Intervalo	Intervalo	Intervalo				Intervalo	Intervalo		Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo					
Carregamento do caminhão			0,66	0,67	0,71	6%	-	Pá-carregadeira	29,00	l/h	11,27	11,98	13,21	10%	7,44	8,06	9,41	24%			
Transporte rodoviário			1,49	1,50	1,58	4%	587,00	Cavalo mecânico 6x2 + Semi reboque ba sulcante	29,00	l/km	0,28	0,32	0,35	10%	166,66	185,17	203,69	20%			
Movimentação interna			0,02	0,02	0,02	7%	2,00	Correia transportadora	2,00	n/a					0,00	0,00	0,00	0%			
TEMPO TOTAL			2,16	2,19	2,31	TÂNCIA TC	589,00			CONSUMO TOTAL / EMISSÕES TOTAIS								174,09	193,23	213,10	20%
EMISSÕES																					
CO (g)			Intervalo	NMHC (g)			Intervalo	NOX (g)			Intervalo	MP (g)			Intervalo	CO2 (kg)			Intervalo		
				Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo			
Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo			
25,66	27,81	32,47	24%	8,74	9,47	11,06	24%	185,85	201,36	235,17	24%	3,62	3,92	4,58	24%	19,87	21,52	25,14	24%		
575,06	638,96	702,86	20%	195,95	217,72	239,49	20%	4164,60	4627,33	5090,06	20%	81,08	90,09	99,09	20%	445,14	494,60	544,06	20%		
0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%	-	-	-	0%	0,00	0,00	0,00	0%		
600,73	666,76	735,33	20%	204,69	227,19	250,56	20%	4350,45	4828,69	5325,23	20%	84,70	94,01	103,67	20%	465,00	516,12	569,19	20%		
CONSUMO ENERGIA (l diesel / t transportada)																					
CO			Intervalo	NMHC			Intervalo	NOX			Intervalo	MP			CO2 (kg / t transporte total)						
				Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Intervalo			
Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo		Mínimo	Médio	Máximo			
0,256	0,278	0,325	24%	0,88	0,96	1,12	24%	0,30	0,33	0,38	24%	6,94	8,11	9,16	24%	0,69	0,74	0,87	24%		
5,747	6,385	7,024	20%	19,83	22,03	24,24	20%	6,76	7,51	8,26	20%	143,61	159,56	175,52	20%	2,80	3,11	3,42	20%		
6,003	6,663	7,348	20%	20,715	22,992	25,356	20%	7,058	7,834	8,640	20%	150,015	166,507	183,629	20%	2,921	3,242	3,575	20%		
CONSUMO TOTAL ENERGIA (l diesel / t transportada)																					
EMISSÕES TOTAIS (g diesel/t transporte total)																					
EMISSÕES TOTAIS DE CO2 (kg / t transporte total)																					