



Análise de Viabilidade do Uso de Materiais Compósitos em Botijões para Gás Liquefeito de Petróleo

**Gustavo Eiras Geraldês Duarte
Saulo Lourenço Siqueira**

Projeto Final de Curso

Orientadores:

**Prof. Verônica Maria de A. Calado, D. Sc.
Luiz Claudio Moreira Paschoal, M. Sc.**

Junho de 2011

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE MATERIAIS
COMPÓSITOS EM BOTIJÕES PARA GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO**

Gustavo Eiras Geraldês Duarte

Saulo Lourenço Siqueira

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia
Química.

Aprovado por:

Carlos André Vaz Junior, D. Sc.

Estevão Freire, D. Sc.

Marcelo Oliveira de Souza, M. Sc.

Orientado por:

Verônica Maria de A. Calado, D. Sc.

Luiz Claudio Moreira Paschoal, M. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Junho de 2011

Duarte, Gustavo Eiras Geraldês. Siqueira, Saulo Lourenço.

Análise de viabilidade do uso de materiais compósitos em botijões de gás liquefeito de petróleo / Gustavo Eiras Geraldês Duarte e Saulo Lourenço Siqueira. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2011.

xi, 97 p.; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2011.

Orientadores: Verônica Maria de A. Calado e Luiz Claudio Moreira Paschoal.

1. Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). 2. Materiais Compósitos. 3. Custos de Transporte. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Verônica Maria de A. Calado e Luiz Claudio Moreira Paschoal. I. Análise de viabilidade do uso de materiais compósitos em botijões de gás liquefeito de petróleo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela sua bondade e generosidade ao nos conceder as faculdades necessárias para bem elaborar este trabalho e pelo dom de nossas vidas.

Agradecemos aos nossos pais, colunas firmes que nos sustentaram nos momentos mais difíceis e nos deram a base de tudo o que somos.

Agradecemos aos amigos que nos auxiliaram, nos apoiaram e nos incentivaram durante toda a jornada universitária.

Agradecemos a todos os professores da Escola de Química que mais do que conhecimentos técnicos nos ensinaram sobre a vida, em especial à professora Verônica Calado que nos acompanha desde os primeiros anos de faculdade.

Agradecemos aos engenheiros da Petrobras pela disponibilidade de tempo, proporcionando essa experiência de troca valiosíssima para o bom andamento do trabalho.

Agradecemos aos orientadores pelo empenho em nos auxiliar em todo o decorrer do trabalho.

Saulo agradece em especial aos amigos Andréa Parente, Paula Goulart e Gustavo Eiras pelas imensas provas de amizade e a Vânia Lourenço e Fernando Cesar Siqueira. Minha formatura, eu devo a vocês.

Gustavo agradece a Anna Elizabeth McNulty, por todo o apoio nas horas difíceis, a Andréa Parente e Saulo Siqueira, pelo suporte e a motivação de continuar que eles me proporcionaram ao longo destes cinco anos e principalmente a Virginia Geraldês, Mairom Duarte, Maria Luisa da Conceição e Pedro Augusto Geraldês, sem o apoio dos quais não estaria aqui neste momento.

Resumo do Projeto Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química.

ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE MATERIAIS COMPÓSITOS EM BOTIJÕES DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

Gustavo Eiras Geraldês Duarte
Saulo Lourenço Siqueira

Junho, 2011

Orientadores: Prof. Verônica Maria de A. Calado, D. Sc.
Luiz Claudio Moreira Paschoal, M. Sc.

O atual mercado brasileiro de GLP se encontra consolidado, não suportando mais o repasse de custos para o preço final, não apresentando grandes expectativas de crescimento, uma vez que sejam mantidas as condições legais de uso do gás no país. O aumento do custo de transporte de cargas, segundo o que aponta índices específicos, desafia as empresas distribuidoras do gás a buscarem soluções que visam diminuir seus custos operacionais e aumentar sua lucratividade sem impactar o preço final. Uma solução para este problema se encontra no uso de materiais compósitos para a confecção de botijões, nos quais é transportado o GLP. Os mesmos são conhecidos pelas excelentes propriedades mecânicas comparadas às do metal, apresentando um peso muito menor. Reduzindo-se o peso do botijão, consegue-se transportar uma mesma quantidade de GLP com menor peso de carga. Este fato se traduz na redução da tarifa total de frete que possui a massa total de carga como um dos principais parâmetros de cálculo. O presente trabalho estimou quantitativamente o impacto dessa inovação tecnológica nos custos totais de transferência, baseando-se na metodologia sugerida no Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas da Associação Nacional de Transporte de Cargas (NTC) e achou uma redução entre 22,5% e 25,6% para as tarifas de frete, levando a crer que o uso de compósitos para confecção de botijões é economicamente possível no ponto de vista dos custos de transporte.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1. Motivações e Estrutura do Trabalho.....	1
1.2. O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).....	2
1.3. A História do GLP no Brasil.....	2
1.4. O Mercado de GLP no Brasil.....	4
1.5. Botijões de GLP	5
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. O papel do GLP na matriz energética brasileira.....	7
2.1.1. Setores consumidores de GLP nos países desenvolvidos e no Brasil	7
2.1.2. Passado, presente e futuro do GLP na matriz energética brasileira	10
2.1.3. Considerações Finais	13
2.2. Materiais Compósitos.....	14
2.2.1. Matriz	15
2.2.2. Reforço	15
2.2.3. Interface	16
2.2.4. Manufatura de compósitos	16
2.3. Botijões de Materiais Compósitos	18

2.3.1. O processo de enrolamento filamentar	19
2.3.2. Os cilindros de compósito	23
2.4. Considerações Finais	26
3. Logística de Distribuição de GLP	27
3.1. Logística e Redes de Distribuição	27
3.2. Rede de Distribuição Logística de GLP no Brasil	31
3.2.1. Refinarias	32
3.2.2. UPGN	34
3.2.3. Terminais de Armazenagem	35
3.2.4. Bases Primárias e Secundárias de Distribuição	36
3.2.5. Postos Revendedores	39
3.2.6. Modais de Transporte Utilizados	41
3.3. Considerações Finais	42
4. Transporte de GLP	43
4.1. Composição da Tarifa de Transporte	44
4.1.2. Frete-Valor	47
4.1.3. Taxas, Generalidades e Pedágio	49
4.1.4. GRIS	52
4.2. Variações de Custo e Números-Índices	52
4.3. Cálculos de Frete para Botijões de Aço	55

4.3.1.	Cálculo do Número de Botijões que Cabem no Caminhão	56
4.3.2.	Cálculo do Peso Cubado	58
4.3.3.	Tabelas de Frete-Peso Referencial	60
4.3.4.	Cálculo do Frete-Peso	64
4.3.5.	Cálculo do Frete-Valor, GRIS, Taxas e Pedágio	69
4.3.6.	Tarifa Total de Frete	72
4.4.	Cálculos de Frete para Botijões de Compósito	74
4.4.1.	Cálculo do Número de Botijões e Peso Cubado	75
4.4.2.	Cálculo do Frete-Peso	76
4.4.3.	Cálculos do Frete-Valor, GRIS, Taxas e Pedágios	79
4.4.4.	Cálculo do Frete Total	82
4.5.	Considerações Finais	84
5.	Análise de Resultados	85
5.1.	Comparação entre Frete-Peso	86
5.2.	Comparação entre Frete-Valor e Taxas	88
5.3.	Comparação entre Frete Total	89
5.4.	Considerações Finais	90
6.	Conclusões	92
7.	Referências Bibliográficas	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Acidente do Zeppelin Hindenburg.	3
Figura 2 - Unidade de envasamento de GLP.	5
Figura 3 - Tipos de botijões de gás em aço-carbono.	6
Figura 4 - Utilização do GLP nos setores da economia em países desenvolvidos.	8
Figura 5 - Utilização do GLP nos setores da economia no Brasil.	9
Figura 6 - Tipos de fonte energética utilizados no setor residencial brasileiro entre os anos 1970 e 2004.	10
Figura 7 - Desenho esquemático do processo de enrolamento filamentar.	20
Figura 8 - Desenho esquemático do ângulo de enrolamento.	21
Figura 9 - Desenho esquemático do mecanismo de alimentação cruzada.	22
Figura 10 - Botijões comercializados pela empresa Ragasco.	24
Figura 11 - Botijões comercializados pela empresa Amtrol-Alfa.	25
Figura 12 - Macrofluxo de logística.	29
Figura 13 - Diagrama abreviado de rede de distribuição logística.	31
Figura 14 - Rede de distribuição de GLP.	31
Figura 15 - Participação de mercado das empresas distribuidoras brasileiras de GLP.	38
Figura 17- Botijão legalizado.	40
Figura 17 - Classificações de veículos rodoviários (caminhões).	56
Figura 19 - Frete-peso por lotação para veículos pesados.	62

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Figura 20 - Frete-peso por lotação por distância percorrida para veículos pesados.	63
Figura 20 - Frete-peso médio nacional para GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009.....	68
Figura 21 - Frete-peso médio nacional por unidade de distância para GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009.....	69
Figura 22 - Frete-valor médio mais taxas de GRIS, despacho e pedágio para GLP em botijões de aço-carbono em 2009.	72
Figura 23 - Frete total médio para o GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009. (Fonte: os Autores)	73
Figura 24 - Frete-peso médio nacional para GLP em botijões de compósito para veículos pesados em 2009.....	78
Figura 25 - Frete-peso médio nacional por unidade de distância para GLP em botijões de compósito para veículos pesados em 2009.	79
Figura 26 - Frete-valor médio mais taxas de GRIS, despacho e pedágio para GLP em botijões de compósitos em 2009.	82
Figura 27 - Frete total médio para o GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009. (Fonte: os Autores)	83
Figura 28 - Frete-peso para o transporte nacional de GLP.	86
Figura 29 - Frete-Valor e taxas para o transporte nacional de GLP.	88
Figura 30 - Comparação entre frete total médio nacional.....	89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Evolução dos Consumos dos Diferentes Energéticos no Setor Industrial (10 ³ tep ¹).....	11
Tabela 2 - Projeção do Saldo Líquido de GLP até o Ano 2015.....	12
Tabela 3 – Consumo de GLP Anual por Região	13
Tabela 4 - Dados Técnicos dos Cilindros dos Dois Fabricantes	25
Tabela 5- Refinarias Brasileiras	33
Tabela 6 - Terminais de Armazenamento	34
Tabela 7 - Terminais de Armazenamento	35
Tabela 8 - Distribuição Regional de Bases de Distribuição	37
Tabela 9 - Alíquotas de Frete-Valor	48
Tabela 10 - Taxas, Generalidades e Pedágio	51
Tabela 10 - INTCF em Função das Distâncias.....	54
Tabela 12 - Capacidade Nominal de Veículos de Carga.....	57
Tabela 12 - Dimensões dos Botijões P13.....	58
Tabela 13 - Frete-Peso Lotação para Veículos Pesados	61
Tabela 15 – Frete-Peso Lotação Médio para GLP em Botijões de Aço-Carbono em 2009	66
Tabela 16 – Frete-Valor Médio e Taxas de GRIS, Pedágio e Despacho para GLP em Botijões de Aço-Carbono em 2009.....	71

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Tabela 17 - Frete-Peso Lotação Médio para GLP em Botijões de Compósito em 2009 77

Tabela 18 – Frete-Valor Médio e Taxas de GRIS, Pedágio e Despacho para GLP em Botijões de Compósito em 2009..... 81

1. Introdução

1.1. Motivações e Estrutura do Trabalho

O mundo atualmente encontra-se mergulhado cada vez mais nos ideais de otimização de resultados e maximização de rendimentos. Essa cultura, fomentada pelos crescentes níveis de concorrência entre as empresas em decorrência do processo de globalização, alimenta os impulsos na busca de inovações tecnológicas que visam não somente a criação de novos produtos, mas também o desenvolvimento de novas aplicações de outros com melhores desempenhos.

Nesse contexto, apresenta-se neste trabalho uma análise de viabilidade econômica, bem como análise de aplicabilidade de materiais compósitos na confecção de vasos de pressão para substituição dos consagrados botijões de aço-carbono e posterior aplicação desse produto final na rede de distribuição de GLP no mercado brasileiro.

No Capítulo 1, do presente trabalho, encontra-se uma breve introdução sobre o tema com explanações acerca do gás liquefeito de petróleo (GLP) e sua importância no mercado energético brasileiro.

No Capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre materiais compósitos, dados sobre a matriz energética brasileira e sobre o processo de fabricação dos botijões de materiais compósitos.

No Capítulo 3, é descrita toda a cadeia de distribuição de GLP no mercado Brasileiro e os conceitos logísticos importantes para tal descrição.

No Capítulo 4, é apresentada toda a teoria acerca de cálculos de frete e são desenvolvidos os cálculos médios para os custos de transporte do GLP em botijões de aço-carbono e compósito.

No Capítulo 5, é apresentada a comparação e análise dos dados obtidos no Capítulo 4 e são informadas as tendências de comportamento do frete para pequenas e grandes distâncias e para os elementos que o compõem.

No Capítulo 6, apresentam-se algumas conclusões acerca do trabalho e apresentam-se algumas tendências da nova utilização de compósitos em botijões de GLP e sugestões para trabalhos futuros.

1.2. O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)

O gás liquefeito de petróleo (GLP), também conhecido como gás de cozinha, é uma mistura de hidrocarbonetos leves, utilizada como combustível devido a diversas características, tais como elevado poder calorífico, excelente qualidade de queima, fácil manuseio, relativamente baixo impacto ambiental, facilidade de armazenamento e de transporte.

É composto geralmente por substâncias tais como propano, propileno, isobutano, butano e buteno, sendo o propano e butano os compostos encontrados em maior quantidade no GLP. À temperatura e pressão ambiente, o GLP se encontra na forma gasosa, sendo comprimido a pressões de até 15 kgf/cm² a fim de permanecer na fase líquida para viabilizar seu transporte até o consumidor. É um gás mais denso que o ar e inodoro, motivo pelo qual são adicionados à sua composição gases à base de enxofre (com um cheiro desagradável e característico) para fácil detecção de possíveis vazamentos.

1.3. A História do GLP no Brasil

Hoje, o GLP é um produto de vital importância para a economia brasileira, estando presente em quase todas as casas do país para utilização doméstica. No entanto, a inserção do GLP no mercado brasileiro aconteceu de forma acidental.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

No ano de 1937, ocorreu um acidente em Nova Jersey com um dirigível movido à base de Hidrogênio, matando no total 36 pessoas (Figura 1). Esse acidente histórico ficou conhecido como o desastre do Zeppelin Hindenburg (nome do dirigível).



Figura 1 Acidente do Zeppelin Hindenburg.

(Fonte: Almanaque do IPEM-SP)

Acontece que esses dirigíveis utilizavam propano como combustível para seus motores. Com esse acidente, a confiança nesse meio de transporte ficou extremamente abalada, fazendo com que as rotas comerciais dos dirigíveis fossem canceladas pelo mundo inteiro.

A empresa aérea Graf Zeppelin tinha um estoque alto de propano na cidade do Rio de Janeiro. Com o fim da era dos dirigíveis, colocou a venda o estoque de 6000 cilindros de propano que foram comprados pelo imigrante austríaco residente no Brasil, Ernesto Igel, quatro meses após a tragédia.

Em 1937, no mesmo ano, Ernesto Igel criou a Empresa Brasileira de Gás a Domicílio Ltda. no Rio de Janeiro com a intenção de gerar demanda para o

estoque recém-comprado de propano. Ernesto teve a idéia de utilizar o gás que comprara da empresa aérea como combustível em fogões domésticos e investiu em uma infraestrutura para armazenar e engarrafar o gás, fazendo parcerias com indústrias brasileiras dispostas a produzir os reguladores de gás, botijões e fogões.

A partir de então, o consumo de GLP cresceu assustadoramente. Em 1938, foram consumidas 30 toneladas, e apenas 10 anos depois o consumo aumentou para 100 mil toneladas. O aumento do consumo fez com que o governo brasileiro percebesse a necessidade de produzir o gás em vez de importá-lo dos Estados Unidos, como era feito até então. Isso ocorreu em 1954, quando se iniciou a produção de GLP em Mataripe (BA), intensificando-se ainda mais no ano seguinte com a criação da Petrobras (BRASILGÁS; MINASGÁS, 2010).

1.4. O Mercado de GLP no Brasil

A produção de GLP no Brasil é controlada pela Petrobras. De acordo com o relatório de 2009 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em seu Plano Decenal de Energia 2019 (PDE 2019), 80% do GLP consumido no Brasil encontram-se no setor residencial, onde é utilizado para cocção e aquecimento de água.

Porém, para chegar ao seu consumidor final, o GLP percorre um longo caminho. Uma vez produzido a partir do óleo cru proveniente das plataformas e campos de petróleo a partir de processos de destilação nas refinarias ou a partir do craqueamento do mesmo, a Petrobrás encaminha o GLP para os chamados terminais de estocagem, onde o GLP é armazenado até ser vendido para distribuidoras, que o vendem o GLP envasado ou a granel.

O GLP a granel é geralmente vendido diretamente para o consumidor final (geralmente indústrias) pelas distribuidoras através de caminhões tanques, que descarregam o produto em tanques estacionários localizados no cliente.

Já o GLP envasado é vendido para revendedoras, que, dependendo de sua localização em relação ao consumidor final, fazem a venda diretamente para o mesmo ou vendem para os chamados pontos de venda, que atuam como uma ligação entre as revendedoras e os consumidores finais mais afastados. A Figura 2 apresenta uma unidade de envasamento de GLP.



Figura 2 Unidade de envasamento de GLP.

(Fonte: Almanaque do IPEM-SP)

1.5. Botijões de GLP

O GLP envasado é armazenado em botijões de aço carbono com peso variando de 2 a 90 kg, (Figura 3), sendo o mais leve utilizado normalmente em campings e o mais pesado utilizado em condomínios, hospitais, etc. (LIQUIGÁS, 2010). O botijão vazio é trocado pelo botijão cheio no ato da compra, sendo o botijão vazio encaminhado para os chamados centro de destroca ou para as

distribuidoras, onde são avaliados quanto à corrosão e demais danos, voltando então à circulação ou sendo encaminhados para que sejam executados reparos ou vendidos como sucata.



Figura 3 Tipos de botijões de gás em aço-carbono.

(Fonte: Almanaque IPEM-SP)

O padrão de botijão utilizado em residências de todo o Brasil é o chamado P-13, o botijão de 13 kg, que foi desenvolvido em 1951 pela empresa Mangels, cujo design básico não foi alterado desde então.

Esse modelo de armazenamento traz diversas desvantagens, pois os cilindros são muito pesados e sujeitos à corrosão e ferrugem. Para tentar resolver esses problemas, intensificaram-se nos últimos 20 anos, pesquisas a fim de se achar um substituto para o cilindro de aço carbono, além do desenvolvimento de metodologias de pintura dos botijões com tintas à base de zinco.

Uma solução que se tem mostrado bastante promissora e já apresenta diversas aplicações em diversas partes do mundo é o cilindro de compósito

polimérico com fibra de vidro. Entre as vantagens desse cilindro, está o peso baixo, boas propriedades mecânicas e ausência de corrosão.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. O papel do GLP na matriz energética brasileira

A matriz energética brasileira passa por um constante processo de transformação há décadas, em que se nota a substituição de fontes de energia pouco eficientes por outras mais eficientes. Desse modo, o GLP vem ganhando uma importância cada vez maior desde a década de 70, apesar de apresentar um comportamento oscilante em alguns momentos.

2.1.1. Setores consumidores de GLP nos países desenvolvidos e no Brasil

De acordo com a cartilha da Sindigás de 2007, o GLP tem suas aplicações divididas em dois grandes grupos: As aplicações estruturais e de oportunidade. Nas aplicações estruturais, está incluída a utilização do GLP para cocção de alimentos e no aquecimento de água. Já nas aplicações de oportunidade, está incluída a utilização do GLP na agricultura (secagem de grãos, aquecimento de estufas e queima de ervas daninhas) e no transporte (frotas de ônibus, taxis, veículos em geral e veículos *off-road*.)

De um modo geral, a utilização do GLP é mais voltada para as aplicações estruturais, porém, dependendo da matriz energética do país e de seu respectivo

mercado de GLP, esse combustível também é utilizado em aplicações de oportunidade. Observa-se uma maior utilização do GLP em aplicações de oportunidade nas matrizes energéticas de países desenvolvidos. (Ver Figura 4).

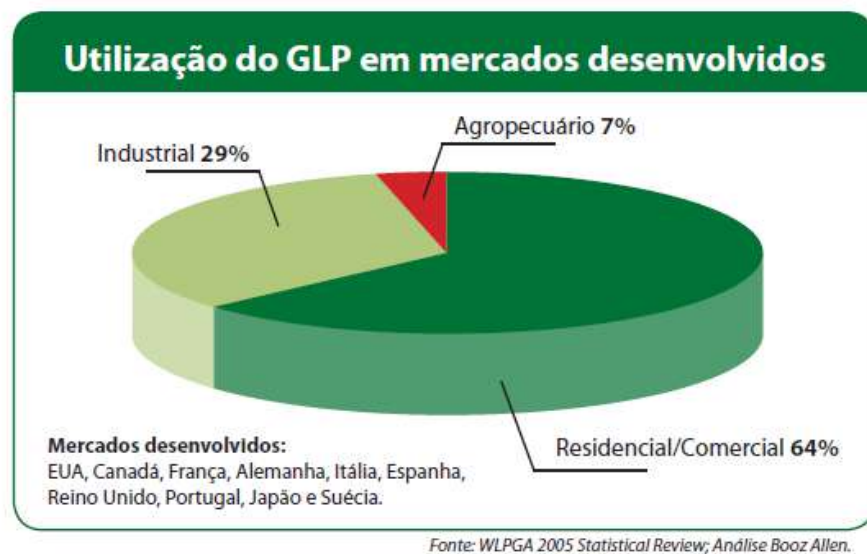


Figura 4 - Utilização do GLP nos setores da economia em países desenvolvidos.

(Fonte: Sindigás)

Como se observa pelo gráfico da Figura 4, nos países desenvolvidos, apesar de uma grande fração do GLP ser utilizada no setor residencial, também uma parte considerável do mesmo é utilizada no setor industrial, e em menor escala no setor agropecuário.

No Brasil, como pode se observar pelo gráfico da Figura 5, o GLP é utilizado majoritariamente no setor residencial e comercial, em menor escala no setor industrial e não é utilizado no setor agropecuário.

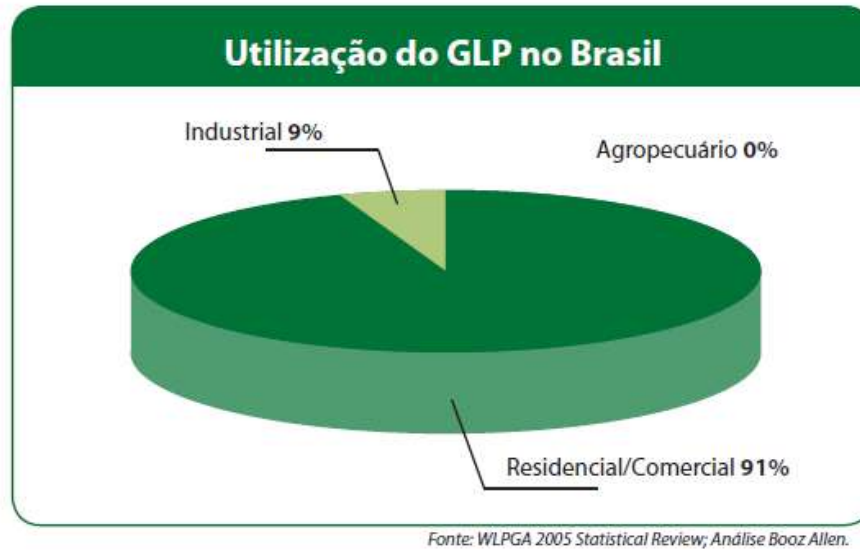


Figura 5 - Utilização do GLP nos setores da economia no Brasil.

(Fonte: Sindigás)

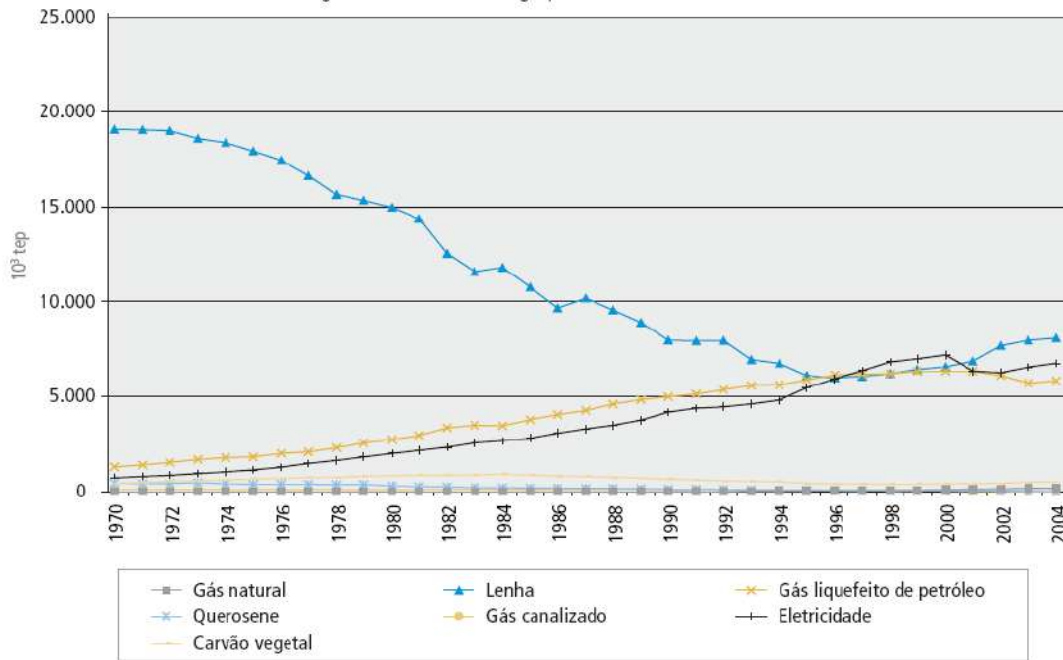
O mercado de GLP brasileiro é muito diferente quando o comparamos com o mercado de países desenvolvidos. Nesses, o mercado é liberal quanto à distribuição, venda e utilização do GLP e o governo não interfere diretamente no mesmo, apenas o fiscaliza a fim de garantir práticas leais.

No Brasil, a situação é diferente, pois de acordo com a Lei 8.176 de 08/02/91, é proibido o uso de GLP em saunas, piscinas, caldeiras e motores de qualquer espécie e o uso automotivo. Na época da promulgação da lei, a produção de GLP era insuficiente para atender o mercado interno e a guerra do Golfo limitava o abastecimento externo do produto; logo, regulamentar a utilização de petroquímicos fazia sentido.

No entanto, com o mercado externo sem ameaças de indisponibilidade de abastecimento do produto, com a produção de GLP aumentando cada vez mais e com o preço de exportação próximo ao preço do mercado interno, a lei começa a perder o sentido, possibilitando a expansão da utilização do GLP em outras áreas, principalmente nas frotas de ônibus devido às vantagens do mesmo em relação ao diesel.

2.1.2. *Passado, presente e futuro do GLP na matriz energética brasileira*

Como mostrado no gráfico anterior, a principal aplicação do GLP no Brasil é sua utilização em domicílios. Na década de 70, no entanto, as coisas eram diferentes e a principal fonte de energia para as residências brasileiras era a lenha. Com o passar dos anos, a lenha foi sendo lentamente substituída por outras fontes de energia mais eficientes, principalmente a energia elétrica e o gás liquefeito de petróleo (GLP), como pode ser observado na Figura 6.



Fonte: BEN, 2005.

Figura 6 - Tipos de fonte energética utilizados no setor residencial brasileiro entre os anos 1970 e 2004.

(Fonte: PDE 2019)

O consumo de GLP no setor residencial cresceu a olhos vistos na década de 70, 80 e 90 e teve uma pequena queda na década de 2000 devido ao uso do gás natural. Apesar disso, o GLP ainda é a principal fonte energética dos lares

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

brasileiros, estando presente em 78 a 90% dos domicílios do Brasil, de acordo com a classe social. Além disso, entre 1997 e 2007, houve um aumento de 120% no consumo de GLP na área comercial e 961% no setor público (SINDIGÁS, 2007).

Tabela 1- Evolução dos Consumos dos Diferentes Energéticos no Setor Industrial (10³ tep¹)

Energético	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
Gás natural	3	152	319	598	1376	2070	3867	6663
Óleo diesel	327	358	381	257	319	490	524	706
Óleo combustível	5205	9637	13003	5496	6771	7899	7077	4426
Gás liquefeito de petróleo	44	120	197	157	162	401	871	544
Nafta	0	52	33	0	0	0	0	0
Querosene	33	98	138	83	58	30	19	11
Outras secundárias de petróleo	45	98	853	958	1112	1659	5337	5487
Total	5657	10515	14925	7549	9799	12549	17695	17837

(¹) A parcela referente ao gás canalizado foi excluída.

Fonte: BEN,2005.

1- toneladas equivalentes de petróleo

(Fonte: PDE 2019)

A Tabela 1 mostra o consumo do setor industrial de acordo com as diferentes fontes energéticas. Analisando a tabela, pode-se observar um crescente aumento do consumo de GLP desde a década de 70 até o ano 2000, quando o consumo do mesmo tem uma sensível queda. Pode-se atribuir essa queda à utilização de gás natural em detrimento do GLP.

O Plano Decenal de Energia 2019 (PDE 2019), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e pelo Ministério de Minas e Energia (MME) para avaliar o setor de energia no Brasil e traçar o perfil da matriz energética brasileira até o ano de 2019, mostra que a partir de 2012 a produção de GLP no Brasil será maior que o consumo, gerando um excedente do produto. (Ver Tabela 2).

Tabela 2 - Projeção do Saldo Líquido de GLP até o Ano 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Produção	32.488	34.861	39.739	41.828	43.695	46.024
Refinarias	21.132	21.319	22.692	23.050	22.960	23.075
UPGN	11.356	13.541	17.047	18.777	20.734	22.949
Demanda	35.596	36.533	37.508	38.524	39.513	40.453
Saldo líquido	-3.108	-1.672	2.231	3.304	4.182	5.571

(Fonte: PDE 2019)

De acordo com a EPE, esse excesso vai ocorrer devido à entrada em operação da RNEST (Refinaria do Nordeste – Abreu e Lima) e à operação a plena carga da UPGN (Unidade de Processamento de Gás Natural) de Caraguatatuba, que vai processar o gás proveniente da plataforma de Mexilhão.

A oferta das refinarias atuais cresce em decorrência das novas unidades de conversão, visto que não serão construídas, no curto prazo, novas unidades de FCC (Craqueamento em Leito Fluidizado). Com o aumento da produção do pré-sal, a partir de 2014, espera-se um aumento ainda mais elevado da produção.

O maior aumento da produção de GLP, entretanto, é caracterizado diretamente pelo aumento da produção de gás natural. Em decorrência do pré-sal, o Brasil atingirá a auto-suficiência em gás natural. Todo esse volume de gás deverá ser processado nas UPGNs que liberam propano e butano como efluentes, comercializados como GLP.

A Tabela 3 mostra a projeção do consumo de GLP entre os anos 2010 e 2019 realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). De acordo com a projeção, o consumo de GLP aumentará timidamente no período (3% ao ano).

Tabela 3 – Consumo de GLP Anual por Região

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
2010	785	2.911	6.178	2.150	1.030	13.054
2014	921	3.222	6.873	2.396	1.154	14.566
2019	1.091	3.612	7.714	2.696	1.301	16.414
Período	Acréscimo no período (mil m ³)*					
2010–2019	341	782	1.734	614	304	3.775
Período	Variação (% ao ano)*					
2010–2014	4,2	2,6	2,8	2,9	3,0	2,9
2015–2019	3,4	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
2010–2019	3,8	2,5	2,6	2,6	2,7	2,6

* Variações médias anuais nos períodos indicados, a partir de 2009 e 2014.

Fonte: EPE

(Fonte: PDE 2019)

Ainda de acordo com o PDE 2019, o consumo de GLP pelos setores manter-se-á constante no mesmo valor que era em 2008, quando 80% de todo o GLP consumido no Brasil eram consumidos pelo setor residencial e 20% pelos setores industrial, comercial e agropecuário.

Prevê-se no período, que, apesar do consumo percentual dos três setores se manter constante (em 20% como um todo), haverá um aumento do consumo pelo setor agropecuário e uma diminuição do consumo pelos setores industrial e comercial.

2.1.3. Considerações Finais

Em resumo, estes dados mostram que o mercado de GLP brasileiro, apesar de ter crescido fortemente no passado, hoje é um mercado maduro com pequenas expectativas de crescimento. Isso é denotado pelo fato de que a projeção da oferta é maior que a projeção da demanda.

Este quadro pode ainda ser transformado no caso de mudanças na regulamentação para os usos do GLP, liberando, por exemplo, seu uso em

motores automotivos principalmente em ônibus evitando assim o uso de óleo diesel muito mais poluente.

Entretanto, a maturidade do mercado de GLP implica a aplicação de novas metodologias de transporte ou mesmo de inovações tecnológicas nas estruturas tradicionais de distribuição, visando à manutenção dos lucros do negócio, uma vez que a competição por fatias deste mercado por parte das distribuidoras se torna mais acirrada de acordo com a lei da oferta e procura.

2.2. Materiais Compósitos

Os compósitos constituem uma classe de materiais heterogêneos e multifásicos, compostos por dois componentes: a matriz e o reforço. O reforço apresenta ótimas propriedades mecânicas (dureza, rigidez e resistência mecânica, por exemplo), e a matriz mantém o reforço agregado. Esses dois componentes, unidos, formam o chamado compósito, que tem propriedades superiores às de cada componente individual (MANO, 2000).

Esses materiais têm se tornado cada vez mais importantes em aplicações estruturais, pois apresentam relativamente boa resistência mecânica e não sofrem ataques corrosivos, nem mesmo conduzem eletricidade, como fazem os metais, além de possuírem um peso muito menor.

De modo geral, a manufatura envolve o processamento da matriz e do reforço a fim de originar um novo produto, o compósito. Os materiais compósitos se classificam quanto ao tipo da matriz, quanto ao tipo do reforço e também quanto à interface, formada entre o reforço e a matriz.

Abaixo, segue uma explicação acerca das principais características desse tipo de material e de cada uma de suas fases constituintes.

2.2.1. Matriz

Existem três classes principais de matrizes, as cerâmicas, as metálicas e as poliméricas, sendo que a matriz mais amplamente pesquisada e utilizada em aplicações de engenharia é a matriz polimérica.

As matrizes poliméricas são classificadas, quanto ao comportamento a grandes variações de temperatura, em termorrígidas e termoplásticas, sendo a grande diferença entre ambas o fato de que estas têm um ponto de fusão a partir do qual passam para o estado líquido e aquelas não.

As matrizes termorrígidas não apresentam ponto de fusão, pois caso sejam continuamente aquecidas, chegarão a uma temperatura em que ocorrerá a degradação do polímero em vez de fusão (HOA, 2009).

2.2.2. Reforço

O reforço de um material compósito pode ser classificado em fibra ou particulado. Dentre esses, o tipo de reforço geralmente mais utilizado é o de fibra, pois ele tem algumas características intrínsecas que o coloca em vantagem quando comparado aos outros reforços.

Uma característica que influencia as propriedades mecânicas finais dos compósitos é a razão comprimento/diâmetro do elemento de reforço. Caso essa razão seja inferior a um valor crítico, ocorre deslizamento entre a matriz e o reforço, o que faz com que propriedades dependentes do reforço, como dureza e tensão de deformação, fiquem aquém do esperado (HOA, 2009).

Por ter uma razão comprimento/diâmetro consideravelmente maior que os reforços particulados e acima do valor crítico citado, as fibras levam vantagem em relação aos reforços particulados.

2.2.3. Interface

Para que ocorra a interação adequada entre o polímero e a fibra, são necessárias basicamente duas condições: molhabilidade do polímero e compatibilidade entre a fibra e o polímero.

Por molhabilidade, entende-se que o polímero deve fluir da superfície do conjunto de fibras até seu interior, molhando a superfície das fibras. A área a ser molhada, no entanto, pode vir a ser muito grande. Para que isso ocorra, portanto, é necessário um polímero com a viscosidade adequada, nem muito grande nem muito pequena, pois se a viscosidade do polímero for muito baixa, o polímero apenas escoar por entre as fibras sem se aderir adequadamente, e se o polímero for muito viscoso, o tempo que ele leva para molhar as fibras pode ser grande demais. A viscosidade, portanto, é uma propriedade importante que definirá o polímero mais adequado para fabricar compósitos com propriedades melhores.

Além disso, o polímero e a fibra devem ser termodinamicamente compatíveis entre si para que o polímero adira adequadamente à fibra. Para que isso ocorra, a tensão superficial da superfície líquida da gota deve ser menor que a tensão superficial da superfície sólida da fibra.

2.2.4. Manufatura de compósitos

O desenvolvimento de novos tipos de compósitos originou materiais que passaram a ser aplicados nas mais diversas áreas, da indústria civil até a aeroespacial, substituindo posições que antes eram ocupadas pelo aço e pelo alumínio e não raro sendo utilizados em aplicações em que os metais mencionados não satisfazem os requisitos de projeto necessários (LEITÃO, 2006).

O advento desses novos materiais e sua utilização nas mais variadas aplicações se deu devido às suas excelentes propriedades mecânicas e físicas,

dentre as quais se podem destacar a razão força-peso, alta dureza, resistência à corrosão, resistência à fadiga, flexibilidade de produção, inúmeras possibilidades de processamento, peso reduzido e em geral um custo de produção bastante atraente. Isso se deve em parte à possibilidade de fabricação de peças com geometria complicada, usando menos componentes do que produtos análogos fabricados com materiais metálicos convencionais.

Além de todas essas vantagens, de um modo geral, os processos de fabricação de polímeros, segundo Hoa (2009), são conduzidos a pressões inferiores e, portanto, demandam menos energia do que os processos de fabricação de metais.

Para que o processo de manufatura do compósito polimérico produzido seja bem sucedido, é necessário atentar para alguns parâmetros de processo. São eles:

- Boa adesão entre matriz e a fase dispersa – Caso não haja uma boa ligação entre ambos, há a ocorrência de pontos secos, onde é provável a formação de núcleos de rachaduras e trincas.

- Orientação adequada das fibras – A orientação das fibras é importante, pois propriedades como dureza e tensão de cisalhamento são muito sensíveis à orientação das fibras. Caso haja um desvio de 10° da direção 0° , por exemplo, é possível que a dureza diminua 30%.

- Alta fração de vazios no compósito – Caso ocorram vazios dentro dos compósitos, propriedades como dureza e tensão de cisalhamento podem ser negativamente afetadas, pois as fibras são as principais responsáveis por essas propriedades.

- Boa distribuição de polímero ao longo das fibras – Caso ocorra acúmulo de polímero em uma região, pode ocorrer formação de núcleo de rachaduras e trincas.

- Cura adequada – Caso a cura não seja completa, as propriedades mecânicas do compósito serão afetadas negativamente.

- Controle da forma do compósito final – No processo de cura, ocorre em alguns casos uma retração de 5 a 8% em volume de polímero, o que pode acarretar tensão na parte interna do compósito, fazendo com que o produto final fique deformado, o que pode desqualificar o material dependendo de sua aplicação final.

Como dito, os materiais compósitos podem ser utilizados para uma série de aplicações estruturais. Entre elas se encontra a aplicação em vasos de pressão, uma vez que se devidamente trabalhados e manufaturados podem suportar altas pressões como os vasos e tanques de metais.

Esta aplicação tem sido estudada para os mais diversos níveis e segmentos industriais. Entretanto, uma aplicação que desponta como nova possibilidade de inovação é a aplicação em botijões para contenção do GLP.

Esta aplicação será abordada com mais detalhes na seção seguinte e é incentivada por razões definidas na seção 2.1.3 entre outras.

2.3. Botijões de Materiais Compósitos

Atualmente, muitas pesquisas têm apontado na direção da substituição dos antigos e tradicionais botijões de aço carbono por botijões feitos de materiais compósitos.

Esses botijões, mais leves e menos suscetíveis ao ataque corrosivo, podem diminuir os custos de transporte ao longo da cadeia de distribuição do GLP para o mercado consumidor residencial, bem como diminuir o custo com reposições de botijões gastos.

Eles são produzidos pelo processo conhecido como enrolamento filamental que fabrica estruturas de revolução de materiais compósitos. As maiores empresas fabricantes são estrangeiras e esse ainda representa um mercado em expansão.

A seguir segue, apresenta-se uma explicação sobre o processo de fabricação e o produto, fornecido pelas mais expressivas empresas fabricantes

2.3.1. O processo de enrolamento filamental

O processo de enrolamento filamental surgiu no final da década de 1950 como processo de produção de estruturas rotacionais avançadas a fim de serem aplicadas nas em diversas áreas, em especial na área fabricação de partes de foguetes espaciais, tubulações, vasos de pressão e tanques de armazenamento.

A grande inovação no processo surgiu na década de 80, quando se fez possível a integração de softwares de design com as máquinas de produção, possibilitando a manufatura de formas complexas com posicionamento bastante acurado de fibras, além de excelente velocidade e controle de qualidade (ANTUNES, 2008). (SHIVAMURTHY, 2010).

Apesar de todas essas vantagens, ainda hoje há poucas empresas fabricantes de cilindros de compósitos para o armazenamento de GLP que atendam grandes mercados consumidores. Segundo ANTUNES (2008), acredita-se que isso ocorra pela falta de conhecimento industrial, falta de relação entre os centros de pesquisa e a indústria, a diferença na estratégia dos fabricantes de botijões e dos distribuidores de petróleo e gás, além do custo de reajuste, investimento industrial e lobby das empresas produtoras de metal.

O processo de enrolamento filamental é um processo relativamente simples de fabricação de objetos com eixos simétricos, que consiste em dispor fibras embebidas em resina sobre um mandril rotatório.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

No início do processo, as fibras são desenroladas de um carretel e passam por uma “escova” de metal que dispõe os fios de fibra em bandas. As fibras então passam por um banho de resina, catalisadores e outros ingredientes.

Logo após, já embebidas na mistura, passam por um tipo de rolo compressor para retirar o excesso de resina e controlar a espessura das bandas dos fios, que então são conduzidos a um carreador cuja finalidade é orientá-los sobre o mandril rotatório de maneira correta.

Geralmente utilizam-se velocidades de bobinamento em torno de 90 a 100 m/min. No entanto, para bobinamentos mais precisos, devem ser utilizadas velocidades inferiores. A Figura 7 mostra um desenho esquemático do equipamento e do processo.

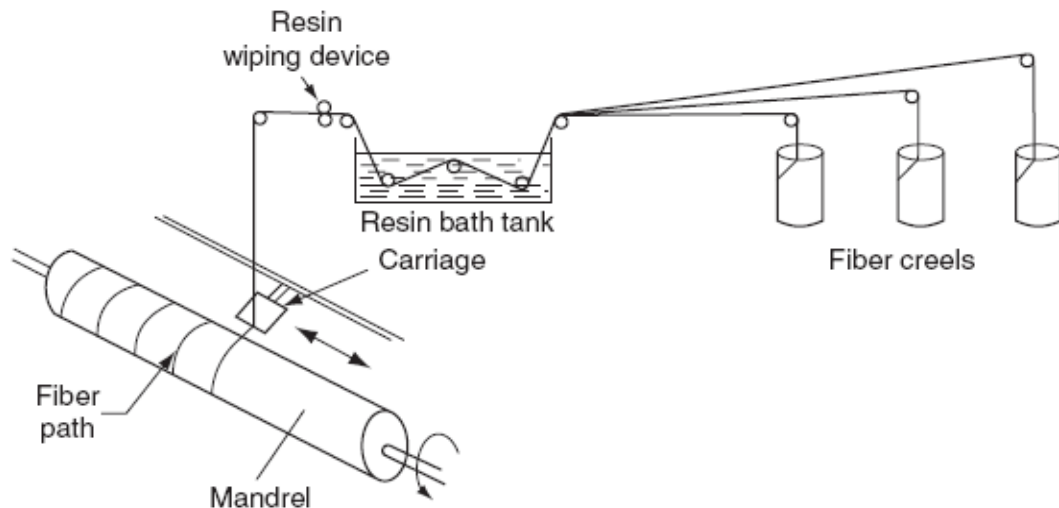


Figura 7 - Desenho esquemático do processo de enrolamento filamental.

(fonte: MALLICK, 2007)

Esse processo descrito acima dispõe os fios sobre o mandril em um padrão helicoidal, de acordo com a Figura 8. Controlando-se a velocidade de vai e vem do

carrinho e a velocidade de rotação do mandril, pode-se dispor as fibras em qualquer ângulo Θ entre 0 e 90 graus.

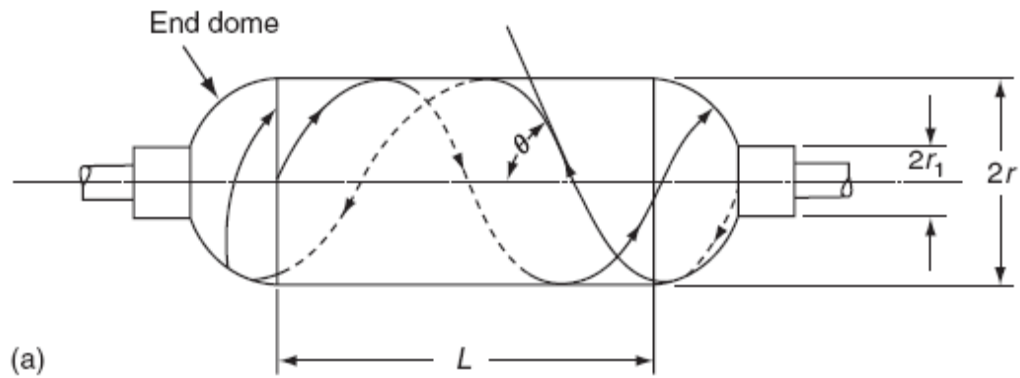


Figura 8 - Desenho esquemático do ângulo de enrolamento.

(fonte: MALLICK, 2007)

O processo de enrolamento filamental pode ser executado de várias maneiras, de acordo com a forma como os equipamentos são dispostos e o ângulo Θ em que as fibras são dispostas.

No processo chamado de enrolamento filamental polar, por exemplo, o mandril é estacionário e o carrinho se move ao redor do seu eixo longitudinal. Após cada rotação, o carrinho avança um pouco em relação ao comprimento a fim de cobrir todo o comprimento do mandril. Geralmente é necessário se colocar mais de uma camada a fim de atingir-se a espessura adequada do compósito. Além deste, ainda há o enrolamento em arco, o enrolamento combinado e o enrolamento longitudinal, entre outros.

O processo de enrolamento filamental convencional, no entanto, tem limitações no que tange à variedade de formas que podem ser fabricadas, sendo estas limitadas apenas a superfícies de revolução. O motivo para isso ocorrer é o fato de tanto o mandril como o carrinho serem acionados pelo mesmo motor.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Para aumentar a versatilidade do processo e fabricar formas mais complexas, usam-se motores independentes para o mandril e para o carrinho de fibras. Além disso, lança-se mão de um mecanismo de alimentação cruzada, que evita o deslizamento de fibras ao longo do mandril e permite a confecção de formas irregulares. Esse mecanismo é montado no carrinho e se move radialmente e ao redor do mandril, como se pode observar na Figura 9. Este processo é chamado de enrolamento filamental multiaxial e a partir dele pode-se controlar a velocidade dos motores e o movimento do mecanismo de alimentação cruzada por meio de computadores, o que permite fabricar formas complexas que não seriam possíveis pelo processo convencional.

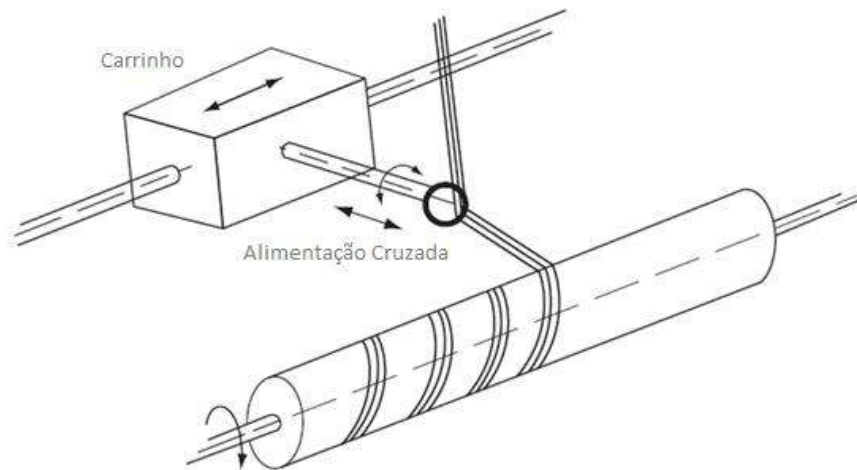


Figura 9 - Desenho esquemático do mecanismo de alimentação cruzada.

(fonte: MALLICK, 2007)

2.3.2. Os cilindros de compósito

Os cilindros de compósitos são estruturas usualmente fabricadas utilizando-se o processo de enrolamento filamentar multiaxial. De acordo com HOA, 2009, o reforço mais recomendado para utilização na confecção de vasos de pressão pelo processo de enrolamento filamentar é a fibra de vidro tipo E; a matriz dispersa geralmente utilizada é do tipo epóxi, poliéster ou resinas vinil-éster.

Na literatura, dois autores relataram a confecção de vasos de pressão utilizando o método de enrolamento filamentar. No trabalho de SHIVAMURTHY (2010), foram manufaturados cilindros de 16 litros e diâmetro interno de 141mm, utilizando como forro interno alumínio 6063, como matriz resina epóxi e como reforço fibra de vidro tipo S 1200 Tex. Segundo o autor, a pressão de operação dos botijões fabricados é de 3,5 MPa, e foram conduzidos vários testes hidrostáticos em diversos botijões fabricados pelo mesmo processo para determinar a pressão de rompimento, sendo encontradas pressões em torno de 11 Mpa.

No trabalho de ANTUNES (2008), também foram manufaturados botijões que utilizavam um forro de aço com camadas de compósito de polipropileno e fibra de vidro em sua superfície. De acordo com o autor, os botijões foram fabricados a fim de trabalhar com uma pressão de operação de 3 MPa; a pressão de rompimento obtida ficou entre 8 e 11 MPa.

Atualmente, há duas empresas que fabricam e comercializam cilindros de compósito em larga escala: a RAGASCO, empresa com sede na Noruega, e a Amtrol-Alfa, empresa com sede em Portugal. Os cilindros dessas empresas são bastante diferentes entre si.

O cilindro fabricado pela Ragasco não tem qualquer parte metálica. Na parte interna do cilindro, há um *liner* de polietileno de alta densidade sobre o qual o compósito fabricado com fibra de vidro e resina termorrígida é disposto por meio

do processo de enrolamento filamentar. A Figura 10 apresenta os botijões vendidos pela Ragasco.



Figura 10 - Botijões comercializados pela empresa Ragasco.

(fonte: site da Ragasco)

Já o cilindro fabricado pela Amtrol-Alfa, Figura 11, utiliza alguns componentes metálicos em sua fabricação. De acordo com o site do fabricante, é utilizado um *liner* fabricado a partir de alumínio 6063 com um revestimento de zinco para evitar corrosões. O *liner* interno é revestido por um compósito de fibra de vidro e polipropileno, e na parte interna há uma capa de materiais termoplásticos para facilitar o manuseio por parte do consumidor final e, sendo também proteção superficial para o cilindro.



Figura 11 - Botijões comercializados pela empresa Amtrol-Alfa.

(fonte: site da Amtrol-Alfa)

A Tabela 4 apresenta dados técnicos de cada um dos cilindros.

Tabela 4 - Dados Técnicos dos Cilindros dos Dois Fabricantes

Fabricante	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Capacidade de butano (kg)	Peso do cilindro vazio (kg)
Ragasco	306	571	12	6,3
Amtrol-Alfa	320	570	13	-

(Fonte: os Fabricantes)

2.4. Considerações Finais

É inegável, portanto, que o mercado de GLP no Brasil se edifica hoje sobre bases determinadas há muitos anos atrás. Seja na regulamentação do seu uso, seja na estrutura tecnológica de distribuição (botijões de aço carbono), muitas modificações podem ser implementadas para tornar o mercado mais rentável para as empresas distribuidoras.

A liberação de uso para o GLP, antes proibido, pode abrir o mercado aumentando a demanda esperada para esse gás que apresenta percentuais muito tímidos de crescimento.

O uso de botijões feitos de materiais compósitos, além de reduzir significativamente o peso do conjunto botijão-gás, pode reduzir o custo de transporte das distribuidoras. Esse último fator é o foco dos seguintes capítulos deste trabalho, onde serão abordados, a cadeia de distribuição e logística do GLP no Brasil e os custos de transporte do mesmo, avaliando-se o impacto do uso dos botijões de material compósito nesses custos.

3. Logística de Distribuição de GLP

Neste capítulo, encontra-se toda a rede de distribuição e logística do gás liquefeito de petróleo no Brasil, considerando como ponta inicial dessa cadeia o fornecimento pelo produtor. Segundo dados da Petrobras Distribuidora o maior produtor nacional é a Petrobras, fornecendo 98% do total de GLP utilizado no Brasil. Como ponto final consideram-se as empresas revendedoras distribuídas em mais de 80 mil no país.

Neste estudo, excluem-se as vendas ao consumidor residencial ou industrial (no caso das vendas de GLP a granel) final, uma vez que elas ocorrem de forma intensamente fracionada e ramificada nos mais diversos municípios brasileiros, sendo operada por meio de encomendas dos clientes, gerando grande aleatoriedade no transporte rodoviário final dos botijões.

Excluem-se também deste estudo as atividades de exploração da fonte produtora (poços de petróleo) e importação por não comporem a estrutura de distribuição em si, mas apenas o elo inicial da cadeia.

Primeiramente, abordar-se-á o conceito de logística e de redes de distribuição como tema introdutório do capítulo.

3.1. Logística e Redes de Distribuição

A teoria logística, desde seu início, sempre passou por várias transformações, teve seus conceitos ampliados e se mostrou como elemento fundamental para o sucesso das organizações.

Assim, dentro do espírito da empresa moderna, pode-se conceituar logística como o processo de planejar, implementar e controlar de maneira

eficiente o fluxo e a armazenagem de matérias primas, produtos intermediários e produtos finais, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor, segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals* (<http://cscmp.org>).

Dessa forma, com as enormes pressões competitivas existentes, devido à intensa globalização e universalização das empresas concorrentes, aliadas aos altos custos operacionais e administrativos, planejar bem as atividades envolvidas em todo o processo logístico torna-se fundamental para minimizar custos e ganhar competitividade no mercado.

No entanto, Novaes (1989) acredita que as operações logísticas envolvem mais do que apenas preocupações com minimização de custos, mas todos os aspectos econômicos que envolvem a tomada de decisões sobre o fluxo de produtos e informações ao longo da cadeia produtiva.

Assim, segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals*, todas as operações logísticas podem ser compactadas no macrofluxo de logística, uma estrutura que reúne e interliga os componentes básicos da logística com os custos e informações que os permeiam. A Figura 12 ilustra esse conceito.

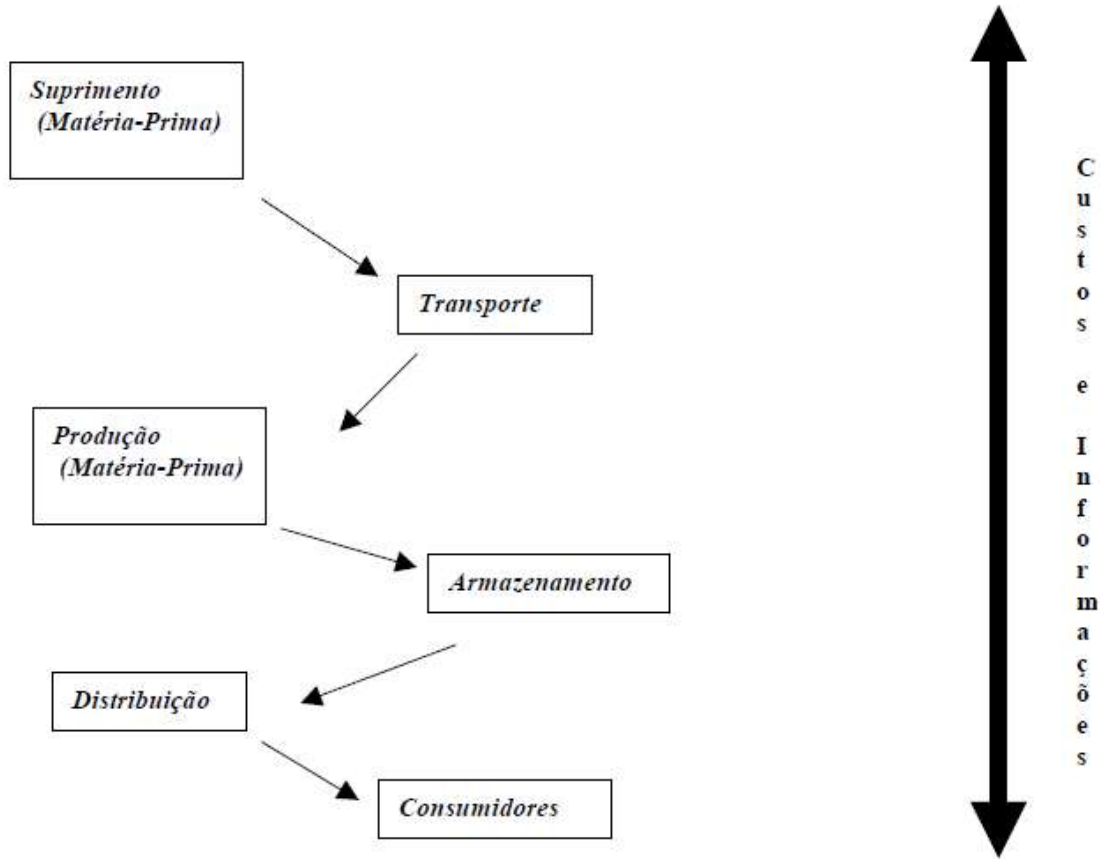


Figura 12 - Macrofluxo de logística.

(fonte: Soares, 2003)

O ramo da logística que trata dos processos de manuseio, transporte e distribuição de produtos finais acabados (parte final do macrofluxo acima) é chamado de distribuição física de produtos. Esse ramo tem crescido bastante no universo logístico, pois frente aos maiores custos financeiros, as empresas procuram hoje reduzir seus estoques e otimizar as operações de transporte para reduzir custos.

Para que essa distribuição ocorra, alguns elementos são essenciais. Em seu trabalho, Soares (2003) aponta alguns desses elementos informacionais e físicos como instalações físicas (centros de distribuição), veículos para transporte,

sistema de posicionamento geográfico (GPS), estoque de produtos, software de planejamento, entre outros.

Todos esses itens geram custos que se juntam para compor o custo logístico total que inclui, dentre outros, os custos de transporte, manuseio, processamento de pedidos e informações e estocagem.

Balaceando-se esses custos específicos, consegue-se otimizar o custo logístico total obtendo-se, segundo Soares (2003), reduções de 5% até 15% ao ano. A esse procedimento, chama-se compensação de custos.

Em seu livro “*Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*”, Ballou (2001) define que o processo de planejar uma rede de distribuição consiste em determinar as estruturas pelas quais os produtos fluirão desde o produtor até o consumidor final.

O autor ainda compara o problema do planejamento logístico com o estabelecimento de uma rede de *ligações e nós*, conforme mostrado na Figura 13, em que os *nós* são os pontos de armazenagem, de produção ou de revenda e as *ligações* representam o movimento dos produtos entres esses pontos. Entretanto, é importante observar que esta, representa apenas uma parte da rede total de distribuição, uma vez que além do fluxo material existe também um fluxo de informações, como ganhos de vendas, pedidos, tarifas de transporte, níveis de armazenagem entre outras, crucial para que o fluxo material aconteça.

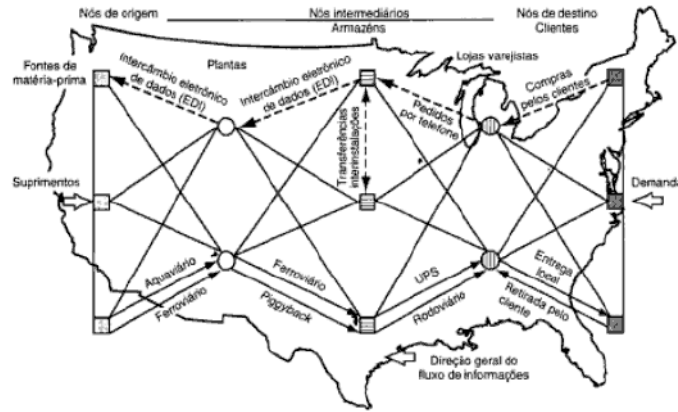


Figura 13 - Diagrama abreviado de rede de distribuição logística.
(Fonte: Ballou, 2001)

3.2. Rede de Distribuição Logística de GLP no Brasil

A Figura 14 mostra a estrutura em *ligações* e *nós* da rede de distribuição de GLP no Brasil.

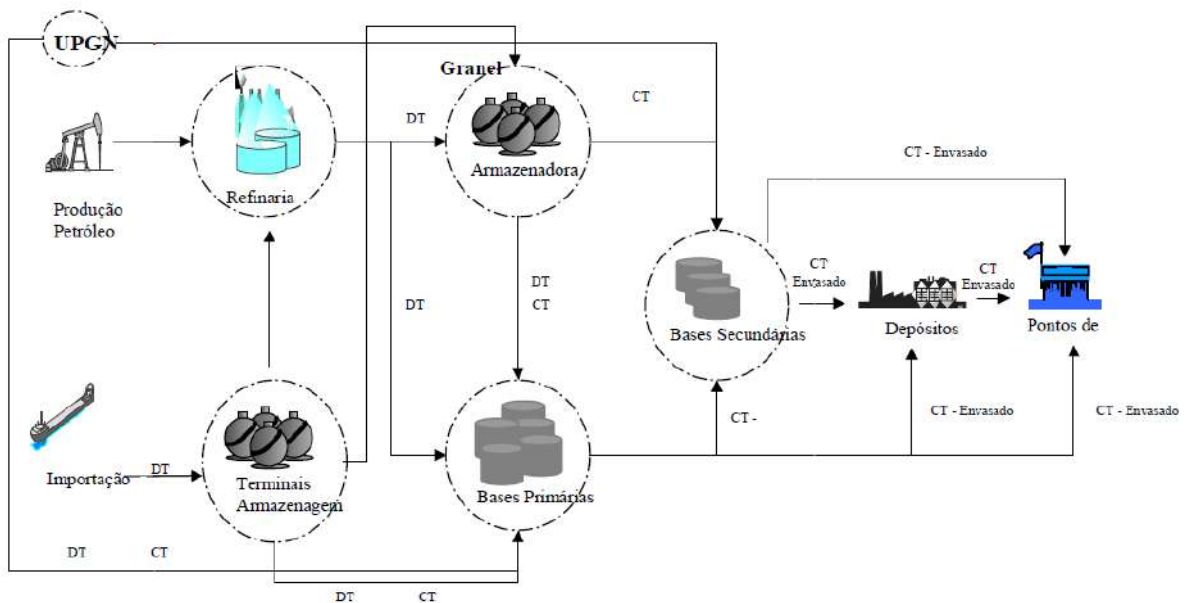


Figura 14 - Rede de distribuição de GLP.
(Fonte: Soares, 2003)

3.2.1. Refinarias

As refinarias correspondem ao primeiro estágio da cadeia de distribuição de qualquer derivado de petróleo com produção nacional.

Segundo glossário da ANP, refinaria é toda unidade industrial que utiliza como matéria-prima o petróleo vindo de um campo de exploração produzindo derivados diversos, desde gás de refinaria e GLP até *bunkers* (combustíveis de navios) e óleos combustíveis. Para isso, utiliza processos que envolvem destilação (atmosférica e a vácuo), processos de craqueamento catalítico, entre outros.

Ao todo são 16 refinarias, segundo o anuário estatístico da ANP 2011, sendo quatro pertencentes a empresas privadas (Manguinhos - RJ, Dax Oil - BA, Univen - SP e Riograndense - RS) e o restante à Petrobras.

Essas refinarias, segundo dados do referido anuário, possuem uma capacidade total de refino de 316,1 mil m³/dia, dos quais 98,1% correspondem à capacidade das refinarias da Petrobras.

A grande maioria das refinarias brasileiras é concentrada no Sudeste, correspondendo a 62,3% do total de energéticos ofertados, como o GLP, o que gera logo no início da cadeia uma complexidade no abastecimento de regiões mais afastadas. Um exemplo é a região Centro-Oeste, totalmente dependente da produção de outras regiões (principalmente Sul e Sudeste) por não ter nenhuma refinaria.

A Tabela 5 mostra todas as refinarias brasileiras em operação, sua localização e a capacidade de refino de cada uma.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Tabela 5- Refinarias Brasileiras

Refinaria	Município (UF)	Início de operação	Capacidade Nominal
			m ³ /dia
Total			332.703
Replan - Refinaria de Paulínia	Paulínia (SP)	1972	66.000
RLAM - Refinaria Landulpho Alves	São Francisco do Conde (BA)	1950	44.500
Revap - Refinaria Henrique Lage	São José dos Campos (SP)	1980	40.000
Reduc - Refinaria Duque de Caxias	Duque de Caxias (RJ)	1961	38.500
Repar - Refinaria Presidente Getúlio Vargas	Araucária (PR)	1977	35.000
Refap - Refinaria Alberto Pasqualini S.A.	Canoas (RS)	1968	30.000
RPBC - Refinaria Presidente Bernardes	Cubatão (SP)	1955	27.000
Regap - Refinaria Gabriel Passos	Betim (MG)	1968	24.000
Recap - Refinaria de Capuava	Mauá (SP)	1954	8.500
Reman - Refinaria Isaac Sabbá	Manaus (AM)	1956	7.300
Pólo de Guamaré - Pólo Industrial de Guamaré	Guamaré (RN)	2000	4.328
Riograndense - Refinaria de Petróleo Riograndense S.A.	Rio Grande (RS)	1937	2.700
Manguinhos - Refinaria de Petróleos de Manguinhos S.A.	Rio de Janeiro (RJ)	1954	2.200
Lubnor - Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste	Fortaleza (CE)	1966	1.300
Univen - Univen Refinaria de Petróleo Ltda.	Itupeva (SP)	2007	1.100
Dax Oil - Dax Oil Refino S.A.	Camaçari (BA)	2008	275

(Fonte: Anuário Estatístico ANP 2010)

Em relação à produção de GLP, a Replan se destaca com maior percentual nacional seguida da Reduc e em seguida da Repar.

3.2.2. UPGN

Segundo o Anuário Estatístico da ANP do ano de 2010, existiam no Brasil 30 unidades de processamento de gás natural (UPGN). Como mencionado anteriormente, estas unidades são responsáveis diretas pelo processamento do gás natural proveniente dos campos produtores nacionais.

Como subproduto, as UPGNs produzem ainda GLP (C₃ e C₄), gasolina comum e gás seco. Em relação ao GLP, as UPGNs nacionais produziram 1,8 milhão m³ do gás.

A Tabela 6 mostra a produção de GLP de todas as unidades de processamento de gás natural nacionais. É importante notar que algumas linhas da tabela fazem referência a mais de uma UPGN, agrupadas por estarem relacionadas entre si.

Tabela 6 - Terminais de Armazenamento

UPGNs ¹ (Unidade da Federação)	Produção de GLP
	mil m ³
Atalaia (SE)	166
Bahia (BA)	0
Cabiúnas (RJ)	301
Guamaré (RN)	262
Lagoa Parda (ES)	10
Lubnor (CE)	0
Pilar (AL)	71
Reduc (RJ)	0
RPBC (SP)	0
Urucu (AM)	947
Total	1.757

(Fonte: Adaptado do Anuário Estatístico ANP 2010)

3.2.3. Terminais de Armazenagem

Os terminais de armazenagem ou armazenadoras correspondem à primeira ramificação da cadeia de distribuição de GLP, sendo responsáveis pelo recebimento, expedição e armazenagem do gás vindo das refinarias, segundo o glossário da ANP.

No cenário brasileiro de distribuição de refinarias, esses terminais são importantíssimos, visto que permitem a formação de estoques de armazenagem em regiões mais distantes dos centros produtores. No caso do gás proveniente de importação, os terminais marítimos são os responsáveis pela internalização do produto no Brasil.

O Brasil conta hoje com 100 terminais ao todo, sendo 9 coletores de etanol, 62 terminais aquaviários (marítimos, lacustres ou fluviais) e 29 terminais terrestres (Anuário Estatístico ANP – 2010). Dos 100 terminais, 23 são utilizados para armazenagem de GLP. A Tabela 7 mostra os terminais, suas localizações e suas capacidades de armazenamento para GLP que é armazenado em esferas.

Tabela 7 - Terminais de Armazenamento

Terminal	Nº Tanques	Capacidade Nominal GLP (m ³)
Aquaviário		
Alemoa (SP) – Transpetro	26	83.002
Coari (AM) – Transpetro	13	19.551
Ilha Redonda (RJ) – Transpetro	5	33.563
Itajaí (SC) – Transpetro	13	6.364
Itaquí (MA) – Transpetro	9	4.800
Madre de Deus (BA) - Transpetro	47	52.611
Miramar (PA) – Transpetro	6	6.360
Paranaguá (PR) – Transpetro	34	9.532
Rio Grande (RS) - Copesul	32	2.616
Suape (PE) – Tequimar	33	5.000
Suape (PE) – Transpetro	10	15.940

Terrestre		
Araucária (PR) – Utingás	18	2.117
Barueri (SP) – Transpetro	25	9.571
Betim (MG) – Betingás	22	2.584
Brasília (DF) – Transpetro	10	9.516
Cabiúnas (RJ) – Transpetro	12	4.770
Itabuna (BA) – Transpetro	13	4.592
Jequié (BA) – Transpetro	14	4.462
Ribeirão Preto (SP) - Transpetro	6	6.368
Rio Grande (RS) - Refinaria Ipiranga	18	900
Santo André (SP) – Utingás	4	12.568
Senador Canedo (GO) - Transpetro	16	20.319
Uberlândia (MG) – Transpetro	12	9.549
Total	398	326.655

(Fonte: Adaptado do Anuário Estatístico ANP 2010)

3.2.4. Bases Primárias e Secundárias de Distribuição

As bases primárias, segundo o glossário da ANP, são instalações aptas a receber derivados de petróleo provenientes de refinarias, UPGN's (Unidades de Processamento de Gás Natural) e terminais de armazenagem para posterior distribuição.

As bases secundárias têm a mesma função da base primária. A característica que as diferencia é o fato de que uma base secundária recebe o gás de uma base primária e está relacionada ao atendimento de regiões muito afastadas do pólo de produção. No entanto ambas pertencem às companhias distribuidoras

De acordo com o último anuário estatístico da ANP, existem atualmente 508 bases de distribuição para derivados do petróleo em todo o território nacional, distribuídas conforme mostra a Tabela 8.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Tabela 8 - Distribuição Regional de Bases de Distribuição

Unidade de Federação	Nº Bases de Distribuição	Capacidade Nominal GLP (m³)
Região Norte	56	14.363
Rondônia	12	2.350
Acre	5	0
Amazonas	8	5.523
Roraima	2	0
Pará	24	6.294
Amapá	1	0
Tocantins	4	196
Região Nordeste	74	26.462
Maranhão	8	4.546
Piauí	1	0
Ceará	11	5.589
Rio Grande do Norte	4	1.994
Paraíba	4	60
Pernambuco	12	7.230
Alagoas	4	1.121
Sergipe	3	1.184
Bahia	27	4.738
Região Sudeste	204	70.095
Minas Gerais	34	10.591
Espírito Santo	8	2.245
Rio de Janeiro	30	11.471
São Paulo	132	45.788
Região Sul	110	23.535
Paraná	57	8.845
Santa Catarina	22	2.411
Rio Grande do Sul	31	12.279
Região Centro-Oeste	64	8.517
Mato Grosso do Sul	12	934
Mato Grosso	24	904
Goiás	18	4.039
Distrito Federal	10	2.640
Total	508	147.972

(Fonte: Adaptado do Anuário Estatístico ANP 2010)

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

A partir das bases primárias e/ou secundárias, o GLP pode seguir dois caminhos. Ele é envasado em unidades de engarrafamento e armazenado em depósitos, de onde segue aos mais de 80 mil postos de vendas espalhados no país, ou é vendido a granel diretamente para o consumidor final, no caso de indústrias, condomínios, entre outros.

Esse procedimento é feito pelas empresas distribuidoras, que de acordo com o anuário estatístico da ANP 2010, são ao todo 17. Dentre essas, a Ultragaz, a Copagaz, o Grupo Nacional Gás Butano, SHV Gás Brasil (sob as marcas Minasgás e SuperGasbras) e Liquigás correspondem a mais de 90% das vendas de GLP no país.

O gráfico da Figura 15 mostra divisão de mercado das empresas distribuidoras brasileiras, segundo dados mais atualizados do Sindigás.

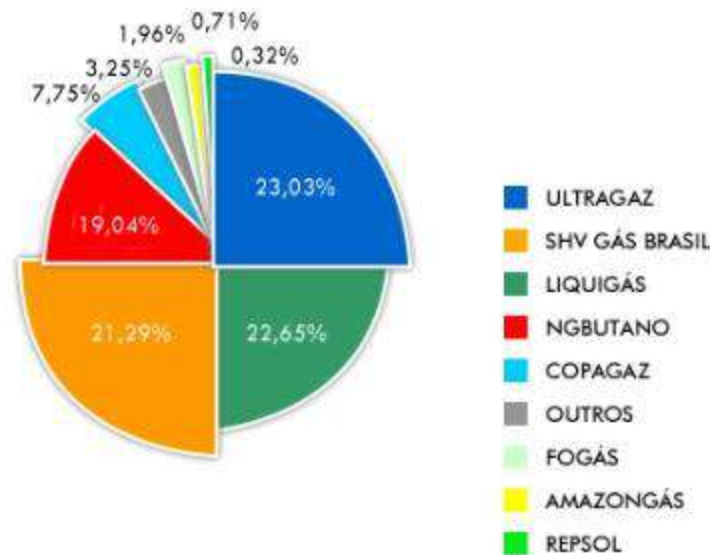


Figura 15 - Participação de mercado das empresas distribuidoras brasileiras de GLP.
(Fonte: Sindigás 2011)

3.2.5. Postos Revendedores

Segundo a ANP, os postos de revenda de GLP (PRGLP) são os estabelecimentos autorizados que cuidam da revenda do gás liquefeito de petróleo ao seu consumidor final. Para ser revendedor autorizado, o empresário deve cumprir com regulamento estabelecido na portaria nº 297 da referida agência de 18/11/2003.

De acordo com dados mais atualizados encontrados na Liquigás, o Brasil conta com mais de 80 mil postos autorizados de revenda, distribuídos nacionalmente.

Esses postos são os responsáveis pela entrega de botijões de acordo com os pedidos da região atendida, bem como pelo recolhimento de botijões vazios e posterior envio à unidade de envasamento para enchimento.

A entrada no mercado dessa cadeia final de distribuição do GLP, a revenda, de acordo com Alves e Tiergarten (2008), é fácil e não onerosa, uma vez que o botijão majoritariamente utilizado (P-13) é um produto de consumo em massa, padronizado e normatizado, o que não exige grandes níveis de especialização do vendedor.

Alves e Tiergarten (2008) estudam ainda casos específicos de aliança entre revendedores e postos de atendimento, que são varejistas comerciais que auxiliam os revendedores na venda e coleta de botijões. Segundo o trabalho dos autores, esses últimos rompem suas alianças assim que têm condições de se tornarem revendedores autorizados pela ANP.

Ainda sobre essa extremidade final da cadeia de distribuição do GLP, Firmeza *et al* (2006) estudam a logística de destroca de botijões entre distribuidoras concorrentes.

Ocorre que segundo determinação da ANP, uma distribuidora pode envasar o GLP adquirido apenas em botijões que pertencem à sua marca. Dessa forma, o

lacre, o rótulo com instruções e a marca em alto relevo do corpo metálico do botijão devem pertencer à mesma empresa distribuidora, conforme indica a Figura 17. Caso contrário, o botijão é considerado pirata ou irregular (ANP, 2011).



Figura 16- Botijão legalizado

(Fonte: ANP 2011)

Outra determinação da ANP obriga o posto revendedor a aceitar em troca do botijão cheio comprado pelo cliente, um botijão vazio de qualquer marca, em quaisquer condições de uso ou danos físicos.

O revendedor faz o repasse à distribuidora para a qual presta serviços que cria então um estoque de botijões de outras marcas distribuidoras. Esse estoque possui muitas vezes características estratégicas já que consiste na imobilização de recursos de empresas concorrentes.

A destroca ocorre mediante um fluxo diário de informações entre as empresas distribuidoras, desde que seja vantajoso para ambas. Esse fluxo compõe algo próximo da “logística reversa”, conceito que consiste no fluxo de produtos, embalagens e ou materiais de volta ao centro produtivo com possibilidade de reutilização. A peculiaridade nesse caso se refere justamente à impossibilidade de reutilização de botijões de marcas concorrentes exigindo o processo de destroca, trazendo custos adicionais ao processo (Firmeza *et al*, 2006), que oneram o custo total.

Esses custos adicionais não serão considerados neste estudo, uma vez que correspondem a um processo pós-distribuição, sendo mencionados aqui apenas para melhor caracterização da cadeia logística do GLP.

3.2.6. Modais de Transporte Utilizados

Quanto aos modais de transporte utilizados para a transferência do GLP desde seu centro produtor nas refinarias, UPGN ou, em menor escala, nas centrais petroquímicas até seu consumidor final, foram achadas informações que apontam na utilização tanto de dutos como de rodovias e em menor escala rios.

Soares (2003) afirma que a distribuição entre bases primárias e secundárias, e entres essas e o consumidor final de GLP no Brasil é feita exclusivamente por meio do transporte rodoviário. Já o transporte entre refinarias e terminais até as bases primárias pode ocorrer também via dutoviário, mas ainda assim em menor escala.

Estudo mais recente de Araújo Jr. (2009), indica que o modal dutoviário é muito utilizado no transporte do GLP entre as refinarias, UPGN e centrais petroquímicas até as bases de suprimento (primárias e secundárias), com exceção das bases localizadas no interior do país que utilizam o transporte rodoviário. Esse autor afirma que o transporte a partir do envasamento até o consumidor final é feito pelos mais variados veículos, desde caminhões até bicicletas, sendo utilizado para tal, o modal rodoviário. O transporte no interior do estado do Amazonas consiste em uma exceção devido à obrigatoriedade física da utilização de transporte fluvial. No entanto, ela é pouco representativa no cenário nacional.

Para o presente trabalho, será considerado apenas o custo de transporte rodoviário, ou seja, àquele correspondente à extremidade final da cadeia de distribuição do GLP, que vai desde o envasamento até os postos de revenda.

3.3. Considerações Finais

É certo que a logística de transporte do GLP no Brasil constitui, como a qualquer produto, uma etapa muito importante no seu processo de distribuição nacional, uma vez que o gás constitui um produto de uso básico nos lares brasileiros.

Como principal fonte de energia residencial ao lado da energia elétrica no Brasil, a distribuição de botijões de GLP se torna uma atividade extremamente ramificada, o que confere grande complexidade no planejamento de redes de distribuição, incorrendo em elevados custos de transporte.

O assunto central deste trabalho, que envolve os botijões, se concentra no segmento da rede logística de distribuição que vai desde o envasamento por parte das empresas distribuidoras nas bases de distribuição até o consumidor final, passando pelos postos de revenda e varejistas.

Como visto, a ponta final dessa rede compreende transporte nos mais diversos meios de locomoção, que vão desde caminhões até bicicletas ou mesmo a utilização de animais de carga, o que torna praticamente impossível a elaboração de um modelo de custo único para o transporte do GLP dos revendedores até as residências brasileiras.

Assim, os cálculos de transporte e frete elaborados no capítulo seguinte excluem essa extremidade final, fazendo referência apenas ao transporte desde as unidades de envasamento das distribuidoras até as unidades autorizadas de revenda.

4. Transporte de GLP

Este capítulo pretende analisar a metodologia empregada nacionalmente para elaboração de tarifas de transporte, bem como elaborar cálculos para determinação de fretes médios para o transporte do GLP envasado em botijões de aço-carbono e de materiais compósitos.

Para a análise da cadeia de distribuição de GLP, é necessário levar em consideração os custos associados à atividade de transporte de cargas. Entretanto, o preço a ser pago pelo transporte rodoviário de cargas é um valor difícil de ser calculado, pois envolve uma quantidade demasiadamente grande de fatores que devem ser levados em conta.

Neste trabalho, a referência principal a ser utilizada para efetuar esses cálculos é o Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas, elaborado pela Associação Nacional do Transporte de Cargas (NTC). Esse manual foi elaborado pela NTC em 1993, sendo revisado e atualizado em 1999, para auxiliar empresários de companhias de frete a elaborar preços justos e lucrativos para a prestação do serviço de transporte de cargas.

Os dados utilizados e inseridos nos modelos propostos no manual, bem como as tabelas de referência de frete utilizadas, foram todos obtidos no portal Guia do Transportador. (<http://www.guiadotrc.com.br>)

O Guia do Transportador é uma empresa especializada na geração de informação, conhecimento e prestação de serviços, inclusive de consultoria, para o setor de transporte e logística. Atua fazendo pesquisas de preços de insumos, elaborando tabelas de frete e planilhas de custos operacionais, bem como na formação de índices para atualização de preços e serviços de transporte de carga e passageiros (Guia do Transportador, 2011).

Antes de mais nada, dada a abrangência dos dados manipulados neste capítulo, é preciso que se definam algumas premissas de cálculos. O pretendido aqui é calcular o custo de transporte de todo o GLP comercializado em botijões P13 no Brasil no ano de 2009, ano base de referência para os dados mais atualizados obtidos da ANP. É considerado que todo esse volume é transportado desde as distribuidoras até os postos de revenda em apenas um tipo de veículo e que todas as transportadoras assumem o mesmo lucro operacional, não havendo diferença nas tarifas de uma empresa para outra.

Também é considerado que todos os caminhões partem com capacidade total ocupada pelos botijões e que não há pedidos fracionados por parte dos revendedores.

Os valores finais obtidos são médios, em função da distância percorrida e do número de viagens feitas. Para achar o valor total da tarifa basta multiplicar pelo número total de viagens e pela distância a ser percorrida.

Neste capítulo, será analisada primeiramente toda a metodologia de cálculo de frete proposta pelo Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas da NTC. Em seguida, será apresentado um índice que apresenta a variação dos custos de transporte no Brasil, com o intuito de ilustrar a situação do custo do transporte de carga no país.

Finalmente, na sequência, serão apresentados os cálculos de custo de frete para o caso específico dos botijões de GLP analisados neste trabalho.

4.1. Composição da Tarifa de Transporte

Segundo o manual da NTC, a tarifa de transporte é formada basicamente pelo somatório de cinco parcelas que correspondem ao frete-peso, frete-valor, o GRIS, taxas e generalidades e pedágio.

Abaixo, segue a descrição de cada uma das parcelas que compõem o preço final do frete rodoviário de cargas.

4.1.1. Frete-Peso Rodoviário

O frete-peso corresponde à tarifa que visa remunerar a atividade de transporte entre dois pontos, sem incluir a operação de coleta e entrega. Inclui despesas diretas e indiretas, bem como a taxa de lucro operacional.

É composto pela multiplicação de dois fatores: o custo operacional e a taxa de lucro. O custo operacional é a soma de todos os custos que a empresa terá de arcar para transportar a mercadoria do ponto de origem até o ponto de destino.

No custo operacional incluem-se os custos diretos e indiretos, dividindo-se respectivamente em custo de transferência e despesas administrativas e de terminais (DAT). O custo de transferência, por sua vez, é composto pelos custos fixos e custos variáveis.

O custo fixo não depende da distância percorrida e é pago mesmo com o veículo parado. Ele corresponde à soma de fatores tais como, remuneração de capital empatado, salário de motorista e de pessoal da oficina com encargos sociais, licenciamento do veículo, taxa de reposição do veículo e do equipamento (carroceria) devido à depreciação, seguros do veículo, do equipamento e de responsabilidade civil facultativa.

O custo variável total, por sua vez, é calculado em função da quilometragem percorrida no mês. Ele depende do preço e do consumo de combustível, de lubrificantes para o motor, dos gastos com lavagens e engraxamentos, dos gastos com manutenção, pneus, recauchutagem e peças novas.

As despesas administrativas e de terminais (DAT) são compostas pelos salários e encargos trabalhistas referentes ao pessoal que não está diretamente

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

envolvido com o veículo, como auxiliares de escritório, diretoria, administradores entre outros e gastos com o funcionamento da empresa como aluguel, impostos, materiais de escritório, despesas jurídicas, serviços terceirizados, etc.

Já a taxa de lucro é um fator maior que um que se multiplica ao valor do custo operacional para se obter a tarifa do frete-peso, correspondendo ao lucro da empresa transportadora. A atual planilha da NTC indica um valor de 11% sobre o custo operacional. No entanto, esse percentual pode ser reduzido devido à intensa concorrência entre as empresas transportadoras. Os cálculos apresentados neste trabalho utilizam o percentual de 8% adotado pelo Guia do Transportador.

Finalmente, o manual fornece uma fórmula para o cálculo do frete-peso, mostrada na equação 1:

$$F_R = [A + B.X + DI]. \left[1 + \frac{L}{100} \right] \quad (1)$$

Em que “ F_R ” é o frete-peso em R\$/t, “ A ” representa o custo de espera durante carga e descarga em R\$/t, “ B ” é o custo de transferência em R\$/t.Km, “ X ” é a distância percorrida em Km, “ DI ” representa as despesas indiretas em R\$/t e “ L ” é o lucro operacional em %.

O fator “ A ” é calculado da seguinte forma pela equação 2:

$$A = \frac{CF.T_{cd}}{CAP.H} \quad (2)$$

Em que “ CF ” é o custo fixo mensal, descrito anteriormente, em R\$/mês, “ T_{cd} ” corresponde ao tempo de carga e descarga em horas, “ H ” é o número de horas trabalhadas por mês e “ CAP ” é a capacidade utilizada em cada viagem do veículo em toneladas.

O custo de transferência “ B ”, composto pelos custos fixos e variáveis, é determinado como se segue pela equação 3:

$$B = \left[\frac{CF}{H.V} + CV \right] \cdot \frac{1}{CAP} \quad (3)$$

Aqui, o custo fixo “CF” é dividido pelo total de horas trabalhadas por mês “H” e pela velocidade média do veículo “V” em km/h fornecendo o custo fixo em R\$/Km, assim como o custo variável “CV”.

Finalmente, as despesas indiretas “DI” são calculadas pela simples fórmula abaixo mostrada pela equação 4:

$$DI = \left[\frac{DImensal}{T_{EXP}} \right] \cdot C \quad (4)$$

Em que “C” corresponde ao coeficiente de uso de terminais, fator de ajuste ao tipo de serviço, tendo valor médio igual a 1, e “T_{EXP}” se refere à tonelagem expedida por mês.

Vale ressaltar que o frete-peso é calculado considerando que o veículo utilizado na transferência esteja operando na sua capacidade total (CAP), caso contrário é necessário aplicar-se o adicional de cubagem detalhado em seções seguintes.

Definindo um parâmetro que independa do modelo do veículo utilizado, foi concebida a idéia de densidade de carga que corresponde ao peso total da carga em kg dividido pelo seu volume em m³. A partir desse conceito, foi determinada a densidade ideal de carga, base para os cálculos de frete-peso. Esse valor, segundo o Guia do Transportador, é de 300 kg/m³, sendo de extrema importância para a cubagem.

4.1.2. Frete-Valor

O frete-valor visa resguardar a empresa transportadora de possíveis danos, avarias ou furtos sofridos durante a operação de transporte. Logo é proporcional ao valor da carga e ao tempo que ela fica em posse da transportadora.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Esse valor é representado mediante percentual sobre o valor em nota fiscal da mercadoria a ser transportada e varia de acordo com a faixa de distâncias a serem percorridas na transferência.

Mais especificamente, destina-se a cobrir os custos com o seguro das instalações e RCTR-C obrigatório, referente ao reembolso das reparações aos danos causados à carga transportada, quando decorrentes de acidentes no percurso, como colisões, incêndios e outros, com exceção aos casos de dolo.

Ele visa cobrir também os custos da administração desses e demais seguros, bem como as despesas com indenizações de mercadorias não cobertas por seguros (avarias de manuseio, violações, extravios, greves entre outros) e os custos da mão-de-obra utilizada nessas atividades.

A Tabela 9, fornecida pelo Guia do Transportador e de origem da NTC, exemplifica como varia a alíquota de frete-valor de acordo com a distância percorrida.

Tabela 9 - Alíquotas de Frete-Valor

Alíquotas de frete-valor	
Distância em Km	Alíquota em %
0000 - 0250	0,3
0251 - 0500	0,4
0501 - 1000	0,6
1001 - 1500	0,7
1501 - 2000	0,8
2001 - 2600	0,9
2601 - 3000	1,0
3001 - 3400	1,1
3401 - 6000	1,2
Coleta e Entrega	0,15

(Fonte: Guia do Transportador 2011)

4.1.3. Taxas, Generalidades e Pedágio

As taxas são tarifas específicas para serviços extras, necessários ao transporte de certa carga, e que não estão previstos no frete-peso ou no frete-valor. Estas apenas são cobradas quando o serviço extra é prestado.

Existe um número muito grande de taxas e generalidades, entre acréscimos e decréscimos, que podem ser aplicadas a uma atividade de transporte rodoviário de cargas. Dentre essas taxas pode-se citar a taxa de despacho, de coleta e de entrega, tributos estaduais e/ou federais e frete mínimo para o caso de frete resultar em valor abaixo do mínimo especificado.

Como acréscimos ao valor do frete, estão a cubagem, os adicionais de limpeza de cargas não limpas, as armazenagens de responsabilidade do usuário, as taxas de coletas e entregas em andares, em ruas interditadas, envolvendo manuseio de cargas alheias às envolvidas no transporte, efetuadas fora de dias ou horas normais de operação, fora do perímetro urbano, em ruas de horário restrito e que envolvem pessoal adicional ou a utilização de equipamentos especiais.

Além dessas taxas, ainda podem ocorrer taxas de acréscimo devido à presença de embalagens deficientes, despachos de pequenos volumes a granel, taxas referentes à entrega que apresente contra-cobrança do valor da mercadoria, devolução de nota fiscal, reentrega, taxas de pagamentos à prazo, de imobilização do veículo, de volumes sem marcação que exijam esse custo por parte da transportadora, de meios auxiliares de passagens e pedágio e taxas referentes à inconsistência no fluxo de tráfego.

Sobre as condições das estradas, ainda existem taxas para transporte por rodovias não pavimentadas, taxas devidas a restrições de peso por eixo e devidas à conjugação de mais de um trecho de estradas diferentes. Apenas as mais impactantes para o trabalho em questão serão apresentadas com mais detalhes a seguir. São elas: a cubagem e a taxa de despacho.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

A taxa de cubagem é um acréscimo feito sobre a tarifa de frete-peso total e é praticada toda vez que se utilizar carga volumosa que faça com que a capacidade volumétrica do veículo seja esgotada antes que o limite de peso seja atingido.

Definida a densidade de carga ideal em 300 Kg/m³, define-se o “peso cubado” da carga que corresponde à multiplicação da densidade ideal pelo volume da carga transportada. Assim, todos os cálculos são feitos com base no peso cubado, caso este seja maior que o peso real da carga. A equação 5 define o peso cubado.

$$PC = 300 \cdot V_{carga} \quad (5)$$

Sendo “PC” o peso cubado e “V_{carga}” o volume da carga.

Já a taxa de despacho é aquela cobrada para ressarcir a empresa transportadora frente dos gastos com a operação de coleta, despacho e entrega de mercadorias transportadas. É praticada conforme duas políticas. De acordo com o manual da NTC, se a carga for inferior a 100Kg, é cobrada uma taxa fixa de R\$ 16,55 por cada operação conjunta de coleta e entrega. Se a carga for superior ao referido peso, é cobrado R\$ 0,13 por quilograma transportado.

A Tabela 10 mostra algumas das generalidades expostas acima de acordo com dados atualizados em dezembro de 2010 pelo Guia do Transportador.

Tabela 10 - Taxas, Generalidades e Pedágio

Tipo de Cobrança	Forma de Cobrança	Sugestão
Taxa de Permanência da Carga	por ton/dia ou fração	R\$ 16,35
- seguro da carga durante a permanência	s/ o valor da mercadoria	0,20%
Cubagem	300 kg/m ³	300 kg/m ³
Devolução	sobre o frete original	100%
Reentrega	sobre o frete original	50%
- até valor do frete de R\$ 53,53 cobrar	Por conhecimento	R\$ 30,50
Estadia de veículos por tipo de veículo	Toco (3/4)	R\$ 475,81
	Truck	R\$ 512,41
	Conjunto (Cav.+Carreta)	R\$ 878,41
	Carreta (3 eixos)	R\$ 195,20
Pedágio (Atualização pelo índice de pedágio em 01/2011)	100 kg ou fração	R\$ 3,30
TAS - Taxa de Adm. SEFAZ	por conhecimento	R\$ 2,32
TDE - Taxa de Dificuldade Entrega	sobre o frete original	20%
- até valor do frete de R\$ 133,55 cobrar	por conhecimento	R\$ 30,42
TRT - Taxa de Restrição ao Trânsito	sobre o frete original	15%
- até valor do frete de R\$ 80,00 cobrar	Por conhecimento	R\$ 12,00
Generalidades para empresas que atuam na região do Amazonas		
Seguro Fluvial com origem/destino AM	s/ o valor da mercadoria	0,12%
TRF - Taxa Redespacho Fluvial	s/ o valor da mercadoria	7%
- até valor de mercadoria de R\$ 812,11 cobrar	p/ Redespacho Fluvial	R\$ 64,78
Taxa de Administração de Suframa	por conhecimento	R\$ 26,84
PRINCIPAIS SERVIÇOS ADICIONAIS		
Paletização	por palete padrão PBR	R\$ 29,16
Taxa de Agendamento	s/ o valor do frete	20%
- até valor do frete de R\$ 72,26 cobrar	por conhecimento	R\$ 16,47
Devolução de canhoto de Nota Fiscal	por documento ou canhoto	R\$ 1,37
Entrega com veículo dedicado	por entrega	R\$ 475,81
Coletas sábados, domingos e feriados	sobre o frete original	30%
- até valor do frete de R\$ 1.391,76 cobrar	p/ coleta	R\$ 475,81

(Fonte: Guia do Transportador 2011)

Na tabela, percebe-se que algumas das taxas mostradas não correspondem às taxas citadas no manual da NTC. Isso ocorre, pois muitas taxas de acréscimo são agrupadas compondo um único valor. Um exemplo é a taxa denominada TRT sobre as restrições de transporte que correspondem à passagem por municípios com restrições a caminhões, ou ainda a taxa TDE que trata de todos os

empecilhos possíveis à entrega das cargas, como entregas fora de perímetros urbanos, em calçadas, em andares e utilizando equipamentos especiais, entre outras.

Por fim, em transportes por rodovias que existem pedágio, segundo a lei 10.290, a taxa de pedágio deve ser paga pelo contratante do serviço (embarcador) mediante fornecimento de vale-pedágio ao carreteiro. O repasse da empresa transportadora ao embarcador por esse serviço é feito pela cobrança da taxa de pedágio indicada na Tabela 10, de R\$ 3,30 por cada 100Kg de carga ou fração.

4.1.4. GRIS

O GRIS (gerenciamento de riscos), muito associado ao frete-valor, corresponde a uma tarifa cobrada para cobrir eventuais despesas caso aconteça roubo de carga. Ela cobre o custo referente ao seguro facultativo de desvio de carga, sendo um complemento para o frete-valor.

Ela visa cobrir os eventuais gastos com rastreamento de veículos, diluição de riscos, transferência de riscos, além de funcionários utilizados para esses fins. No entanto, não engloba escoltas, utilização de veículos blindados entre outras atividades complementares.

Segundo dados da NTC apresentados pelo Guia do Transportador, o valor mínimo da alíquota do GRIS é de 0,30% sobre o preço da mercadoria em nota fiscal. Para mercadorias de até R\$ 1.250, é sugerido o valor fixo de R\$ 4,33 por despacho.

4.2. Variações de Custo e Números-Índices

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Uma forma de se avaliar historicamente a evolução de preços ou custos de uma determinada atividade ou produto é com o auxílio dos números-índices. Esses, segundo a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE - 2011), são o resultado do encadeamento de variações percentuais ao longo do tempo de algo que queira se medir.

Os índices são capazes, além da comparação entre preços e custo, de determinar variações cambiais de moeda, incrementos de produção, evolução do custo de vida de uma determinada população, entre outras.

Para um número-índice, se estabelece uma base em um tempo específico em que se determina um valor igual a 100. A partir daí, o índice para o período de tempo seguinte é obtido aplicando-se a variação percentual para aquele período.

Para o caso do transporte rodoviário de cargas, a NTC contratou a FIPE também no ano de 1993 para elaboração conjunta de um índice que pudesse medir a evolução do custo do frete. Esse índice, revisado conjuntamente com o manual da NTC em 1999, tem por base geral a fórmula do frete-peso descrita na seção 2.3.1 e recebe o nome de INCT (Índice Nacional de Variação de Custos do Transporte Rodoviário de Carga).

O INCT, também chamado de INCTF é composto pela soma de dois componentes: o $INCTF_R$, que trata da variação dos custos do percurso rodoviário em si, e o $INCTF_{OU}$, que trata das variações de custos das operações urbanas (coleta e entrega).

O $INCTF_R$ é o próprio frete-peso rodoviário que não considera as operações de coleta e entrega de carga, como mencionado anteriormente, sendo definido pela equação 1.

Já o $INCTF_{OU}$ é o frete-peso de coleta e entrega, sendo definido pela equação 1 retirando as despesas indiretas que são as mesmas já computadas no $INCTF_R$ e adicionando uma taxa de GRIS para a operação de coleta e entrega, conforme mostra a equação 6.

$$F_{OU} = \left[A_{OU} + B_{OU} \cdot X + \frac{GRIS}{TEXPOU} \right] \cdot \left[1 + \frac{L}{100} \right] \quad (6)$$

Aqui, “F_{OU}” se refere ao frete-peso de operações urbanas (INTCF_{OU}), “A_{OU}” se refere ao tempo de espera durante carga e descarga no cliente, “B_{OU}” ao custo de transferência das operações de coleta e entrega e “TEXP_{OU}” à tonelagem expedida para as referidas operações.

A Tabela 10 mostra a variação do INCTF mais recente obtido pelo portal Guia do Transportador.

Tabela 11 - INCTF em Função das Distâncias

Distância	Km	R\$/t	INCT-F	Var. s/. Julho/94 (%)	Var. 36 meses (%)	Var. 24 meses (%)	Var. 12 meses (%)
Muito Curtas	50	645,78	389,21	289,21	20,19	12,59	7,54
Curtas	400	745,49	381,74	281,74	19,71	11,93	7,06
Médias	800	949,61	380,43	280,43	19,46	11,55	6,7212
Longas	2.400	1.613,53	386,45	286,45	18,95	10,43	5,82
Muito Longas	6.000	2.683,90	394,49	294,49	18,02	9,54	4,87

(Fonte: Guia do Transportador 2011)

Pela análise dos dados, percebe-se que a base 100 adotada se refere a Julho de 1994 (período em que o índice começou a ser avaliado). Em relação a este referencial, o índice apresenta um aumento percentual médio de 286,46.

Percebe-se ainda que a tendência de aumento se mantém nos últimos três, dois e no último ano, como mostra as três últimas colunas da tabela. O índice atual se encontra com um valor médio de 386,46 para todas as faixas de distância mostradas na tabela.

Evidentemente, esse resultado denota que desde a criação do índice, e de forma mais detalhada desde os últimos três anos, o preço do frete tem se tornado cada vez maior. Esse fato pode ser justificado pelo aumento dos custos operacionais, como aumento de preço de manutenção de veículos e principalmente dos combustíveis.

O ICOVER (Índice de Custo Operacional de Veículos Rodoviários), de acordo com dado mais atualizado fornecido pelo Guia do Transportador de maio de 2011, aponta para veículos médios, por exemplo, um aumento de 11,39% no índice para os últimos 12 meses.

Outra justificativa, em menor escala, para esse aumento de custo de transporte é a crescente normatização e regulamentação do serviço que ainda é muito pouco regulamentado. Esse processo onera a atividade uma vez que estabelece impostos e taxas de serviço obrigatórias antes inexistentes.

Para o caso das distribuidoras de GLP, essa tendência, indiscutivelmente, gera desafios a serem enfrentados pelas empresas uma vez que o mercado do gás liquefeito de petróleo está atualmente consolidado, como dito anteriormente, em que o consumidor final não suporta mais o repasse de custos. Isso exige, por parte dos distribuidores, logística de transporte de botijões mais eficientes e a aplicação de alternativas que reduzam os custos de transferência e aumentem as margens de lucros sem impactar no preço final do produto.

4.3. Cálculos de Frete para Botijões de Aço

Os cálculos começam definindo o tipo de veículo utilizado no transporte da carga. Para efeitos de simplificação e de compatibilidade com dados pesquisados na literatura, será utilizado apenas um veículo para base de cálculos.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

A Figura 17 mostra os tipos e classificações de caminhões quanto ao seu peso, em leves, médios e pesados e quanto ao número de eixos. O tipo de veículo adotado para este trabalho será o caminhão pesado do tipo 2C de 2 eixos.





CAMINHÃO LEVE (608 e F4000)	2C LEVE		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01
CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01
	3C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO TANDEM			03	10	01
	4C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	TRIPLO TANDEM			04	14	01

Figura 17 - Classificações de veículos rodoviários (caminhões).
(Fonte: UFMG 2011 adaptado DNIT)

4.3.1. Cálculo do Número de Botijões que Cabem no Caminhão

A Tabela 12, adaptada do Guia do Transportador, mostra a capacidade nominal dos mais variados tipos de caminhões e carretas. Para o caminhão escolhido, percebe-se que a capacidade total (CAP) é de **16 a 22 toneladas**. Será utilizado um valor médio de **19 toneladas (19.000 Kg)**.

Tabela 12 - Capacidade Nominal de Veículos de Carga

Tipo	Capacidade	Aproveitamento para cargas fracionadas
Leves	4 a 6 ton	aproveitamento de 65% na carga comum
Médios		
-Toco	6 a 10 ton	aproveitamento de 65% na carga comum
-Truck	10 a 14 ton	aproveitamento de 65% na carga comum
Semi-pesados	14 a 18 ton	aproveitamento de 65% na carga comum
Pesados		
- 2 eixos	16 a 22 ton	aproveitamento de 65% na carga comum
- 3 eixos	20 a 27 ton	aproveitamento de 65% na carga comum
- 3 eixos espaçados	35 a 36 ton	-
- 4 eixos	36 a 39 ton	-
- 6 eixos	45 a 49 ton	-

(Fonte: Guia do Transportador 2011)

Adotando a densidade ideal de carga (d_{ideal}) de 300 Kg/m³, tem-se que o limite de volume do caminhão é de:

$$V_{LIM} = \frac{CAP}{d_{ideal}} = 63,3m^3$$

Foi feita uma pesquisa nas maiores e mais importantes distribuidoras do país, apontadas na seção 3.2.3, com a intenção de recolher as dimensões físicas do botijão P13, o mais utilizado para fins residenciais.

A Tabela 12 mostra as informações encontradas nos sites das respectivas empresas distribuidoras. As dimensões de botijões de outras empresas não estavam disponíveis nos seus respectivos sites.

Tabela 13 - Dimensões dos Botijões P13

Empresa	Altura - h (m)	Diâmetro - ϕ (m)
Liquigás	0,476	0,360
Minasgás	0,460	0,360
Ultragás	0,460	0,360
Média	0,465	0,360

(Fonte: Adaptado das Empresas Distribuidoras)

A partir dessas informações e do valor médio das dimensões do botijão P13, pode-se calcular facilmente o volume de cada unidade aproximando o botijão para um cilindro regular.

$$V_{P13} = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} \cdot h = 0,047m^3$$

Considera-se o volume do paralelepípedo de mesmas dimensões. Esse volume é aproximadamente **0,060 m³**.

Dessa forma, obtém-se o número limite de botijões, dado pelo **limite de volume** que cabe no caminhão escolhido, pela simples divisão abaixo, feitas as devidas simplificações.

$$Nlim^V_{botijões} = \frac{V_{LIM}}{0,060} = 1.050$$

4.3.2. Cálculo do Peso Cubado

Para determinar se há acréscimo devido à cubagem e conseqüentemente a necessidade de se utilizar o peso cubado, deve-se calcular primeiramente o peso total da carga.

No site da ANP, obtém-se a informação de que o peso médio do botijão vazio é de 15 kg. Como o botijão considerado é o P13, que significa uma

capacidade de 13 kg de GLP, o peso total de cada unidade transportada é de **28 kg** em média ($P_{\text{botijão}}$).

A massa total da carga é então determinada multiplicando-se o peso de cada unidade pelo total de unidades que cabem no caminhão escolhido. Esse valor é de aproximadamente **29.400,0 kg**.

Como esse valor é superior à capacidade limite do caminhão (19.000 kg), significa que o transporte é feito em **limite de peso** e não limite de volume. Assim calcula-se o número real de botijões transportados por caminhão pela equação abaixo.

$$N_{\text{lim}}^{P_{\text{botijões}}} = \frac{CAP}{P_{\text{botijão}}} = 678,6$$

Adota-se então o número total de **678** botijões, uma vez que a adoção do número inteiro superior (679) implicaria uma ultrapassagem do limite de peso. Assim, a massa total da carga é de **18.984,0 kg** (P_{carga}).

Com o número total de botijões e com o volume de cada unidade, por simples multiplicação pode-se calcular o volume total de carga que é de **32,1 m³** (V_{carga}).

O peso cubado, definido pela equação 5 da seção 4.1.3, é então calculado da seguinte forma

$$PC = d_{\text{ideal}} \cdot V_{\text{carga}} = 9.634,1 \text{ kg}$$

Como o peso cubado (PC) deu um valor muito inferior ao peso total da carga (o que era de se esperar uma vez que o volume total não é ocupado), o acréscimo de cubagem não é aplicado ao caso estudado e os cálculos são feitos com base no peso real da carga.

4.3.3. Tabelas de Frete-Peso Referencial

Para o cálculo do frete-peso, serão utilizadas tabelas de referências de frete elaboradas pelo Guia do Transportador para uma obtenção rápida de tarifas de frete sem a necessidade de se aprofundar nas parcelas de custos diretos e indiretos que o compõem.

O portal do Guia do Transportador oferece tabelas de frete para diversas ocasiões, como para o transporte de cargas líquidas, frigoríficas, cargas secas fracionadas e cargas comuns lotação.

Entende-se por carga fracionada, segundo técnicos do Guia do Transportador, a carga que não alcança a lotação do veículo (seja pelo seu limite de peso ou pelo seu limite de volume), havendo a necessidade de consolidação com cargas de outros clientes, desde que possuam características semelhantes.

Já a carga lotação é um tipo que preenche na totalidade a capacidade do veículo, seguindo diretamente do ponto de origem ao ponto de entrega da carga, sem necessidade de percursos extras para consolidação em outros clientes. Enquanto que as cargas frigoríficas e líquidas são autoexplicativas.

Para esse estudo de caso, a tabela utilizada é a referente à carga comum lotação, por se tratar da mais adequada. É importante frisar que apesar do produto de interesse, o GLP, ser líquido ele é levado contido em botijões, se comportando como carga seca e não líquido.

A Tabela 13 é referencial de frete lotação para cálculo do frete-peso segundo o Guia do Transportador para veículos pesados. As duas últimas colunas da tabela correspondem a adaptações feitas pelos autores, enquanto que as duas primeiras colunas são informações cedidas pelo referido portal.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Tabela 14 - Frete-Peso Lotação para Veículos Pesados

Veículos Pesados			
Distância	Frete-peso por Lotação	Distância Média	FP Lotação / Distância
(Km)	(R\$/Viagem)	(Km)	(R\$/Viagem.Km)
0 - 50	360,80	25,0	14,43
51 - 100	474,74	75,5	6,29
101 - 150	588,68	125,5	4,69
151 - 200	702,62	175,5	4,00
201 - 250	816,56	225,5	3,62
251 - 300	930,50	275,7	3,38
301 - 350	1.044,44	325,5	3,21
351 - 400	1.158,38	375,5	3,08
401 - 450	1.272,32	425,5	2,99
451 - 500	1.386,26	475,5	2,92
501 - 600	1.614,14	550,5	2,93
601 - 700	1.842,03	650,5	2,83
701 - 800	2.069,91	750,5	2,76
801 - 900	2.297,79	850,5	2,70
901 - 1000	2.525,67	950,5	2,66
1001 - 1100	2.753,55	1.050,5	2,62
1101 - 1200	2.981,43	1.150,5	2,59
1201 - 1300	3.209,31	1.250,5	2,57
1301 - 1400	3.437,19	1.350,5	2,55
1401 - 1500	3.665,07	1.450,5	2,53
1501 - 1600	3.892,95	1.550,5	2,51
1601 - 1700	4.120,83	1.650,5	2,50
1701 - 1800	4.348,71	1.750,5	2,48
1801 - 1900	4.576,59	1.850,5	2,47
1901 - 2000	4.804,47	1.950,5	2,46
2001 - 2200	5.260,23	2.100,5	2,50
2201 - 2400	5.716,00	2.300,5	2,48
2401 - 2600	6.171,76	2.500,5	2,47
2601 - 2800	6.627,52	2.700,5	2,45
2801 - 3000	7.083,28	2.900,5	2,44
3001 - 3500	8.222,68	3.250,5	2,53
3501 - 4000	9.362,09	3.750,5	2,50
4001 - 4500	10.501,49	4.250,5	2,47
4501 - 5000	11.640,89	4.750,5	2,45
5001 - 5500	12.780,29	5.250,5	2,43
5501 - 6000	13.919,70	5.750,5	2,42

(Fonte: os Autores, adaptado do Guia do Transportador 2011)

A Figura 19 é um gráfico com os valores do frete-peso por lotação da tabela plotados em termos da distância percorrida. Chama-se a atenção de que a tarifa de frete-peso é mostrada aqui para valores médios dentro de certas faixas de distância percorrida.

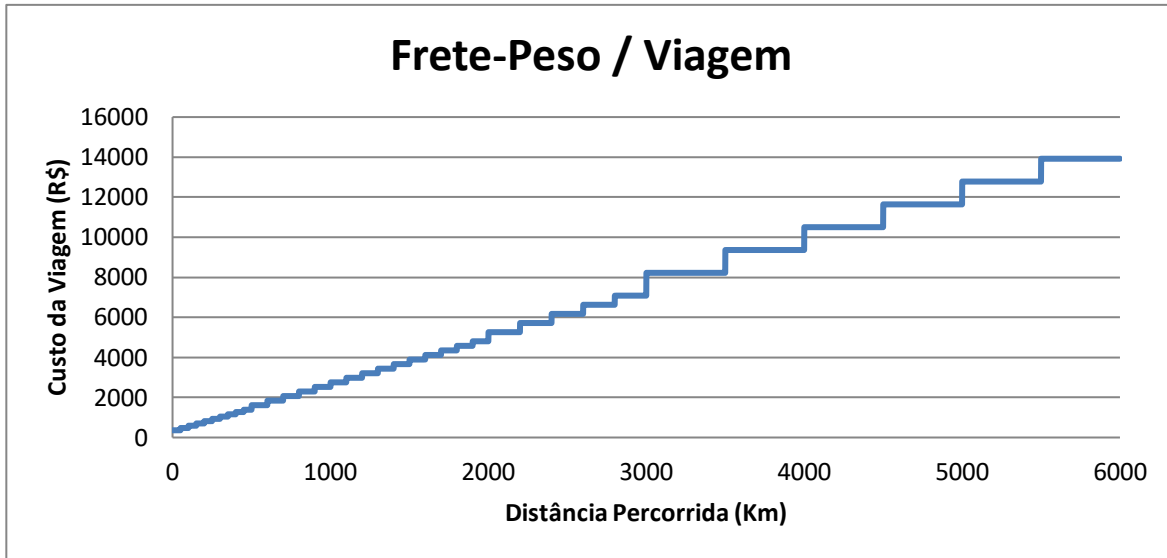


Figura 18 - Frete-peso por lotação para veículos pesados.
(Fonte: os Autores)

As faixas de distância com o mesmo valor médio de frete-peso vão se alongando com o aumento da distância. Isso pode ser explicado, pois quanto maior a distância, menor o custo do frete-peso por quilômetro percorrido.

Finalmente, o gráfico da Figura 20 mostra quanto custa o frete-peso por quilômetro percorrido. Ressalta-se que os valores utilizados para confecção desse gráfico são apenas valores médios, obtidos a partir da tabela de referencial de frete-peso lotação do Guia do Transportador.

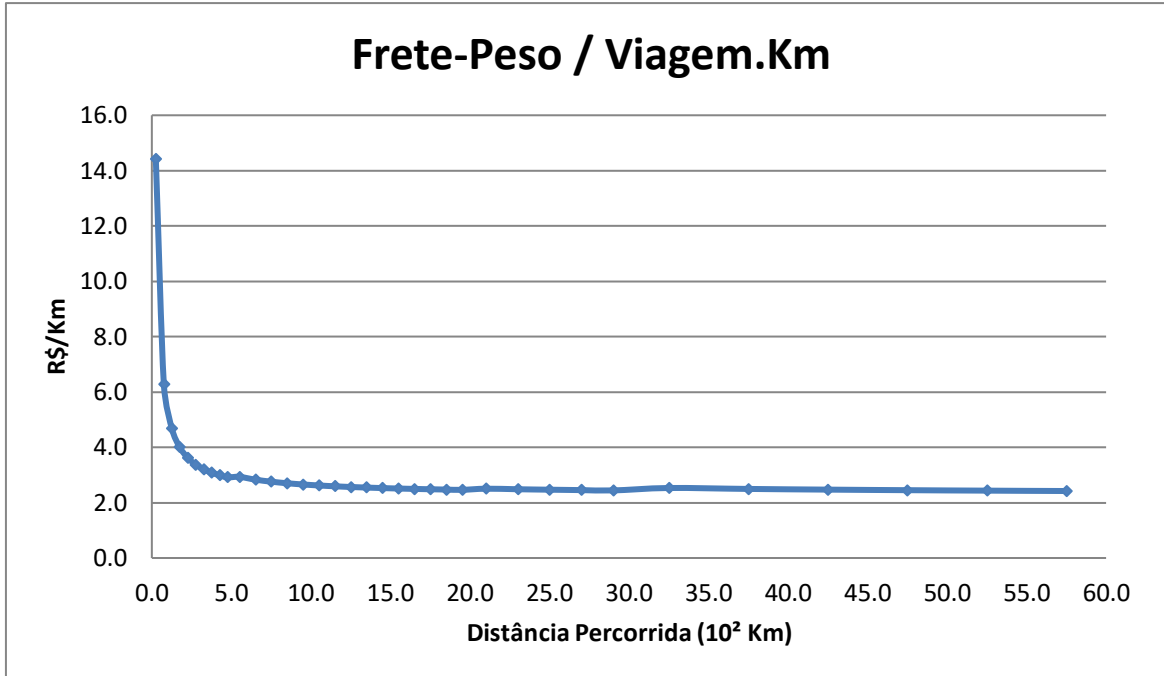


Figura 19 - Frete-peso por lotação por distância percorrida para veículos pesados.
(Fonte: os Autores)

Percebe-se que para distâncias pequenas, o frete-peso por quilômetro rodado é relativamente alto, caindo rapidamente com a distância percorrida até atingir um patamar em torno de 2,5, conforme se pode observar na tabela, confirmando o que foi dito sobre o espaçamentos dos intervalos no gráfico da Figura 20.

Esse fato mostra que para distâncias maiores que **1.000 Km**, o frete-peso por quilômetro praticamente independe da distância percorrida, dependendo apenas do número de viagens necessárias no caso de carga lotação ou da tonelage no caso de carga fracionada.

Isso pode parecer um pouco contraditório a princípio, uma vez que quanto maior a distância percorrida, maiores são os custos variáveis totais, componentes dos custos diretos do frete-peso.

Entretanto, acontece que os custos fixos, que independem da distância total do frete e são medidos segundo valores mensais, ao serem divididos pelas horas

trabalhadas por mês (valor crescente com a distância percorrida) e pela velocidade média, são diluídos ao longo dessa distância.

Assim, por possuírem valores idênticos para pequenas e grandes distâncias, a participação dos custos fixos em relação ao frete-peso por quilômetro rodado diminui alcançando um patamar que corresponde aos custos variáveis por quilômetro que se mantém constantes conforme cresce a distância.

Para pequenas distâncias, a participação percentual dos custos fixo é bem maior que a dos custos variáveis no frete-peso por quilômetro, enquanto que para grandes distâncias a situação se inverte e os custos fixos apresentam participação percentual menor para esse quesito.

Esses gráficos e tabelas serão de grande importância na seção seguinte na definição do valor do frete-peso por quilômetro para o total de viagens necessárias para a distribuição do GLP de uso residencial.

4.3.4. Cálculo do Frete-Peso

Como o transporte é feito por carga lotação, a diferença de tarifa de frete-peso de uma para outra carga, sejam elas quais forem, encontra-se no número de viagens feitas para transportá-las.

Assim, como o objetivo é comparar os custos de transporte dos botijões de aço carbono para aqueles de compósito, deve-se considerar uma distância média nacional entre as bases de distribuição e os postos revendedores. No entanto, como esse valor não foi encontrado, decidiu-se por trabalhar com toda a faixa de valores dada na seção anterior.

Para cálculo da tarifa de frete-peso por quilômetro rodado, é preciso saber a quantidade de viagens necessárias.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Segundo o Anuário Estatístico da ANP 2010, para o ano base de 2009, foram vendidos, pelas empresas distribuidoras no Brasil, um total de **12.113.000,18 m³** de GLP.

Como o que interessa para este estudo é o GLP comercializado em botijões P13, é necessário encontrar o percentual utilizado no setor residencial brasileiro, onde o referido botijão é majoritariamente encontrado.

De acordo com o informado pelo Plano Decenal de Energia 2019, do total informado anteriormente, aproximadamente 80% é referente ao consumo domiciliar do energético.

No entanto, conforme última pesquisa estatística feita pelo IBGE (período de 1993 a 1999) a fim de determinar o tipo de combustível utilizado nos fogões das residências brasileiras (PD232), 97,7% (em média) dos lares que utilizavam o GLP, o faziam em botijões.

Sabe-se, no entanto que na última década muitas modificações ocorreram na distribuição e consumo de GLP nos lares brasileiros. No entanto, pela falta de dados mais atualizados, será feita a extrapolação deste valor médio percentual até o ano base dos outros valores utilizados anteriormente, a saber, 2009.

Assim, tem-se o volume total de GLP comercializado no ano de 2009 em de botijões P13 (V_{vendas}^{P13}), conforme cálculo abaixo.

$$V_{vendas}^{P13} = 12113000,18 * 0,80 * 0,977 = 9.467.520,9 m^3$$

Segundo informações do site da Minasgás, empresa do grupo SHV Gás Brasil, 1m³ de GLP corresponde em equivalência a 2,5 kg do mesmo. Esse fator de conversão permite calcular o equivalente em volume da capacidade do botijão P13 (13 kg).

$$V_{P13}^{GLP} = 13 Kg * \frac{1 m^3}{2,5 Kg} = 5,2 m^3$$

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Enfim, o número total de botijões P13 necessários para transportar todo o GLP comercializado nesse tipo de botijões é de **1.820.678** unidades aproximadamente.

Como a capacidade de cada caminhão é de 678 botijões, valor calculado em seções anteriores, tem-se que o total de viagens necessárias para distribuição desse total de botijões é de aproximadamente **2.686** viagens para uma distância média entre distribuidoras e revendedores.

Multiplicando-se esse valor médio pelos valores das colunas referentes ao frete por lotação e ao frete por lotação por quilômetro respectivamente da Tabela 13 da seção 4.3.3, obtém-se a Tabela 15.

Tabela 15 – Frete-Peso Lotação Médio para GLP em Botijões de Aço-Carbono em 2009

Veículos Pesados		
Distância Média em Km	Frete-Peso R\$	Frete-peso por distância R\$/Km
25,00	969.112,94	38.764,52
75,50	1.275.156,60	16.889,49
125,50	1.581.200,26	12.599,21
175,50	1.887.243,93	10.753,53
225,50	2.193.287,59	9.726,33
275,70	2.499.331,25	9.065,40
325,50	2.805.374,92	8.618,66
375,50	3.111.418,58	8.286,07
425,50	3.417.462,24	8.031,64
475,50	3.723.505,90	7.830,72
550,50	4.335.593,23	7.875,74
650,50	4.947.680,56	7.605,97
750,50	5.559.767,88	7.408,09
850,50	6.171.855,21	7.256,74
950,50	6.783.942,53	7.137,24
1.050,50	7.396.029,86	7.040,49
1.150,50	8.008.117,18	6.960,55
1.250,50	8.620.204,51	6.893,41
1.350,50	9.232.291,84	6.836,20

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

1.450,50	9.844.379,16	6.786,89
1.550,50	10.456.466,49	6.743,93
1.650,50	11.068.553,81	6.706,18
1.750,50	11.680.641,14	6.672,75
1.850,50	12.292.728,47	6.642,92
1.950,50	12.904.815,79	6.616,16
2.100,50	14.128.990,44	6.726,49
2.300,50	15.353.165,09	6.673,84
2.500,50	16.577.339,75	6.629,61
2.700,50	17.801.514,40	6.591,93
2.900,50	19.025.689,05	6.559,45
3.250,50	22.086.125,68	6.794,69
3.750,50	25.146.562,31	6.704,86
4.250,50	28.206.998,93	6.636,16
4.750,50	31.267.435,56	6.581,93
5.250,50	34.327.872,19	6.538,02
5.750,50	37.388.308,82	6.501,75

(Fonte: os Autores)

Plotando-se respectivamente as duas últimas colunas em função da primeira, obtêm-se os gráficos das Figuras 20 e 21 respectivamente, que representam uma aproximação para o custo do frete-peso de todo o GLP comercializado no ano base de 2009, sob as premissas definidas no início do capítulo.

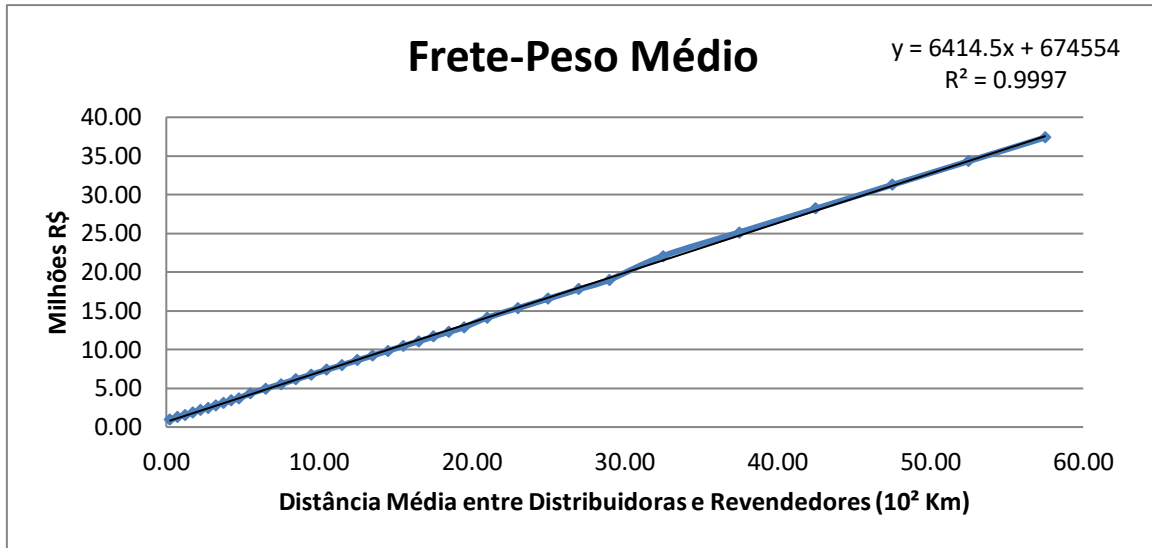


Figura 20 - Frete-peso médio nacional para GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009.

(Fonte: os Autores)

Com os dados obtidos e com uma linha de tendência linear para o gráfico acima, consegue-se uma equação geral que trata do frete-peso em função da distância média nacional entre as bases de distribuição e os postos revendedores ($L_{média}$). Essa equação possui uma confiabilidade muito alta com R-quadrado de 0,9997.

$$FP_{medio} = 6.414,5 * L_{media} + 674.554 \quad (7)$$

Aqui o frete peso médio ($FP_{médio}$) é dado em R\$ e a distância média entre distribuidoras e revendedores ($L_{média}$) é dada em Km.

Os desvios-padrão dos parâmetros são iguais a 45357,88 para o coeficiente linear e 20,03 para o coeficiente angular. Os parâmetros são estatisticamente significativos e os resíduos têm uma distribuição normal e variância constante, validando assim a análise de regressão feita.

Esta equação corresponde à equação 1 apresentada na seção 4.1.1 deste capítulo para o caso específico do transporte de GLP em botijões P13 no ano de 2009.

O gráfico da Figura 21, referente ao frete-peso médio por unidade de distância, segue o mesmo padrão de decaimento exponencial apresentado para os valores referenciais mostrados na seção anterior.

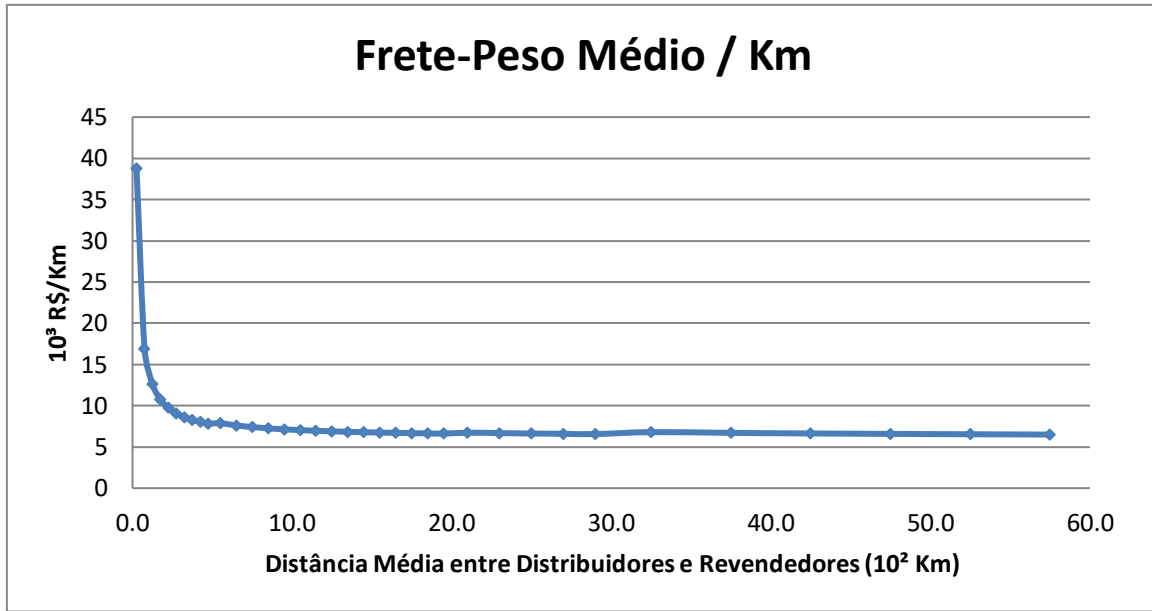


Figura 21 - Frete-peso médio nacional por unidade de distância para GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009.
(Fonte: os Autores)

4.3.5. Cálculo do Frete-Valor, GRIS, Taxas e Pedágio

A taxa de cubagem já foi considerada e conforme visto não se aplica ao caso. Já a taxa de despacho, se aplica por unidade de peso da carga sob um valor de R\$ 0,13 por quilograma transportado.

Considerando o peso total de uma viagem (18984 Kg) e o número total de viagens feitas no ano de 2009 (2686), obteve-se o valor total gasto de **R\$ 6.628.833,12** no referido ano com taxa de despacho, coleta e entrega.

O pedágio, é calculado segundo a alíquota de R\$ 3,30 por cada 100 Kg transportado. Considerando o mesmo peso total e número total de viagens, se

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

obté m o total aproximado gasto com taxas de pedágios que foi de **R\$ 1.682.703,79** em 2009.

Para se calcular o frete-valor e a taxa de GRIS (gerenciamento de riscos) é preciso antes descobrir o valor total da carga transportada.

Por meio de consulta a profissional do ramo, obteve-se a informação que cada botijão de aço-carbono P13, isento de frete, custa aproximadamente **R\$ 80,00**.

Já segundo o Anuário Estatístico da ANP 2010, para o ano de 2009, o preço praticado do kg do GLP foi em média R\$ 2,767 no Brasil. Para um botijão P13, o valor total do GLP transportado é de **R\$ 35,97**.

Assim cada unidade transportada possui um valor agregado de **R\$ 115,97**. Multiplicando esse valor pelo total de botijões necessários para o transporte de todo o volume de GLP no ano de 2009, obtém-se o valor total da carga, que é de **R\$ 211.145.848,3**.

É importante observar que esse valor não corresponde ao valor total pago pelo consumidor final, uma vez que ele paga apenas pelo GLP contido no botijão (R\$ 35,97 em média) já que é feita a troca de um botijão cheio por um vazio. O valor total considerado corresponde ao valor agregado total transportado da carga.

Com esse valor, calcula-se a taxa de GRIS que corresponde a 0,30% do valor total da carga em nota fiscal. O montante total, gasto com essa taxa no ano de 2009, foi de **R\$ 633.435,55**.

Percebe-se que a taxa de despacho apresenta um valor relativo muito grande. Isso ocorre, pois ela representa o valor total do custo das operações de frete nos trechos de coleta, entrega e despacho da mercadoria, uma vez que este valor não é contabilizado pelo frete-peso.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Com base nos valores das alíquotas de frete-valor por distância percorrida estabelecidos na seção 4.1.2 deste capítulo, obtém-se a tabela 16 com os respectivos valores de frete-valor somados às taxas de GRIS, pedágios e despacho.

Tabela 16 – Frete-Valor Médio e Taxas de GRIS, Pedágio e Despacho para GLP em Botijões de Aço-Carbono em 2009

Distância Média	Alíquota de Frete-Valor	Frete-Valor	Frete-Valor Mais Taxas
em Km	%	R\$	R\$
25,00	0,30	633.437,54	9.578.412,00
75,50	0,30	633.437,54	9.578.412,00
125,50	0,30	633.437,54	9.578.412,00
175,50	0,30	633.437,54	9.578.412,00
225,50	0,30	633.437,54	9.578.412,00
275,70	0,40	844.583,39	9.789.557,85
325,50	0,40	844.583,39	9.789.557,85
375,50	0,40	844.583,39	9.789.557,85
425,50	0,40	844.583,39	9.789.557,85
475,50	0,40	844.583,39	9.789.557,85
550,50	0,60	1.266.875,09	10.211.849,55
650,50	0,60	1.266.875,09	10.211.849,55
750,50	0,60	1.266.875,09	10.211.849,55
850,50	0,60	1.266.875,09	10.211.849,55
950,50	0,60	1.266.875,09	10.211.849,55
1.050,50	0,70	1.478.020,94	10.422.995,40
1.150,50	0,70	1.478.020,94	10.422.995,40
1.250,50	0,70	1.478.020,94	10.422.995,40
1.350,50	0,70	1.478.020,94	10.422.995,40
1.450,50	0,70	1.478.020,94	10.422.995,40
1.550,50	0,80	1.689.166,79	10.634.141,24
1.650,50	0,80	1.689.166,79	10.634.141,24
1.750,50	0,80	1.689.166,79	10.634.141,24
1.850,50	0,80	1.689.166,79	10.634.141,24
1.950,50	0,80	1.689.166,79	10.634.141,24
2.100,50	0,90	1.900.312,63	10.845.287,09
2.300,50	0,90	1.900.312,63	10.845.287,09
2.500,50	0,90	1.900.312,63	10.845.287,09
2.700,50	1,00	2.111.458,48	11.056.432,94
2.900,50	1,00	2.111.458,48	11.056.432,94

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

3.250,50	1,10	2.322.604,33	11.267.578,79
3.750,50	1,20	2.533.750,18	11.478.724,64
4.250,50	1,20	2.533.750,18	11.478.724,64
4.750,50	1,20	2.533.750,18	11.478.724,64
5.250,50	1,20	2.533.750,18	11.478.724,64
5.750,50	1,20	2.533.750,18	11.478.724,64

(Fonte: os Autores)

O gráfico da Figura 22 mostra a evolução ao longo da distância percorrida destes valores, mostrando que pouco varia com a distância percorrida, uma vez que apenas o frete-valor possui essa propriedade.

O gráfico é mostrado na mesma escala do gráfico das figuras anteriores para efeitos de comparação entre os valores.

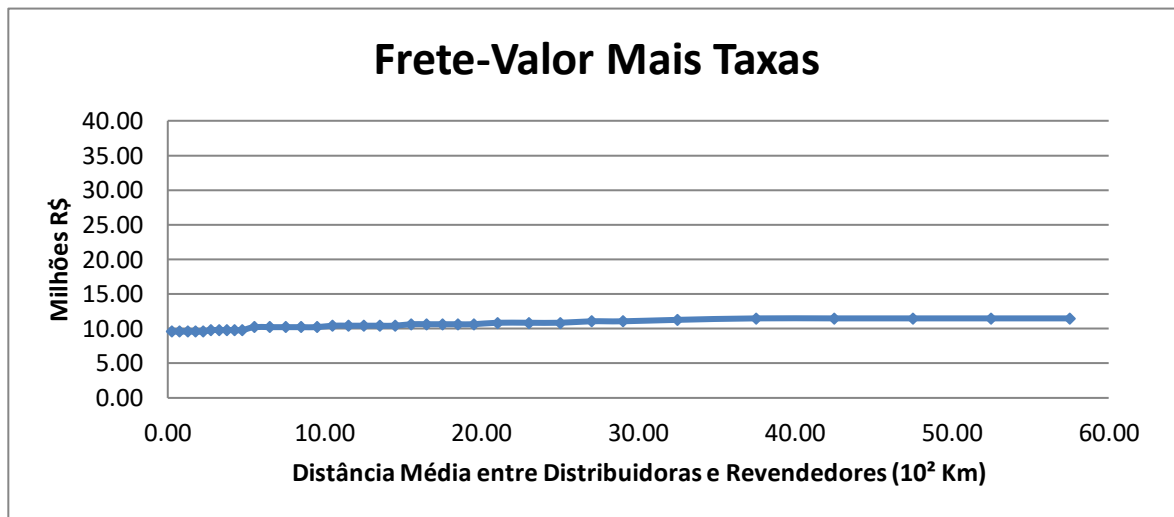


Figura 22 - Frete-valor médio mais taxas de GRIS, despacho e pedágio para GLP em botijões de aço-carbono em 2009.

(Fonte: os Autores)

4.3.6. Tarifa Total de Frete

Somando os valores de frete-peso e frete-valor mais taxas, apresentados nas tabelas 15 e 16 respectivamente e plotando os resultados em um gráfico,

obtem-se o valor total da tarifa de frete para o caso específico estudado, mostrado na Figura 23.

Os valores de frete-peso e frete-valor foram plotados em conjunto com os valores do frete total e uma linha de tendência foi traçada, obtendo-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9994.

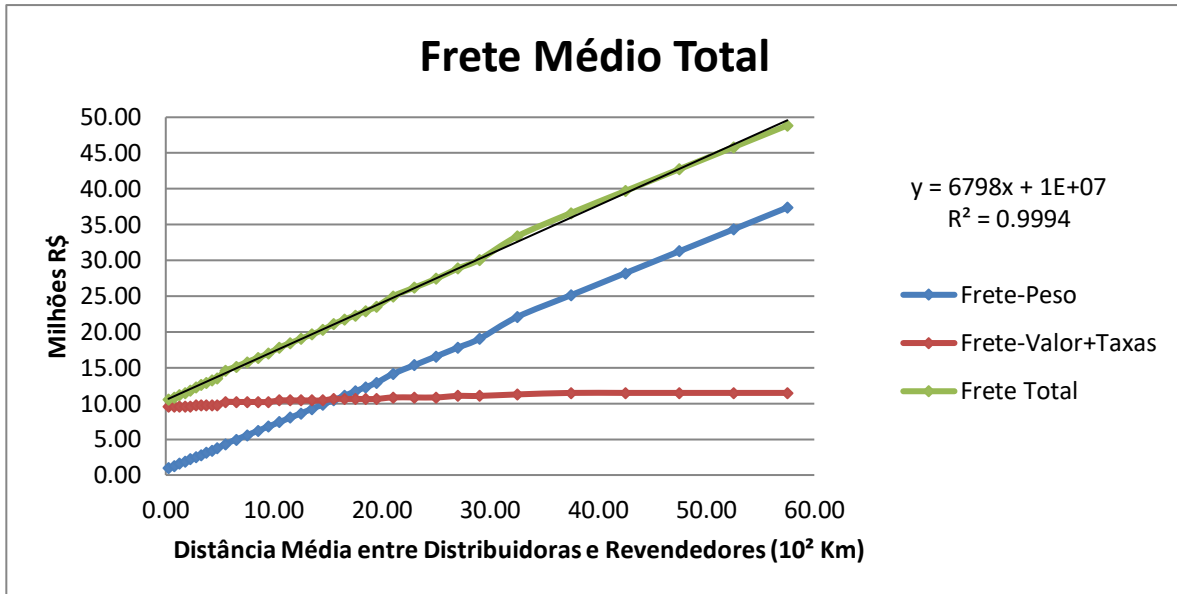


Figura 23 - Frete total médio para o GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009.
(Fonte: os Autores)

A equação linear que representa o frete total médio aproximado para o caso estudado em função da distância média entre distribuidoras e revendedores é mostrado na equação 8.

$$FT_{\text{médio}} = 6.798 * L_{\text{média}} + 10.485.298 \quad (8)$$

Aqui o frete peso médio ($FP_{\text{médio}}$) é dado em R\$ e a distância média entre distribuidoras e revendedores ($L_{\text{média}}$) é dada em Km.

Os desvios-padrão dos parâmetros são iguais a 66964,31 para o coeficiente linear e 29,57 para o coeficiente angular. Os parâmetros são estatisticamente

significativos e os resíduos têm uma distribuição normal e variância constante, validando assim a análise de regressão feita.

O valor real do frete pode ser obtido substituindo o valor da distância média entre as distribuidoras e os revendedores na equação acima.

Mais uma vez, é importante lembrar que o valor que pode ser retirado da equação 8 para os gastos totais com frete dos botijões P13 para o ano base de 2009 é apenas um valor médio. O valor real depende da distância real de cada posto revendedor para a base de armazenamento da qual recebe o seu suprimento de botijões.

Assim, o montante total gasto em 2009 com frete do GLP em botijões P13 corresponde ao somatório do frete praticado por cada entrega a cada um dos postos revendedores. Esse valor pode demonstrar variações em relação ao valor médio encontrado neste trabalho, positiva ou negativamente. No entanto, esse resultado demonstra uma possibilidade de estimativa para esse valor.

A seguir, os mesmos cálculos são definidos para a situação hipotética em que o transporte é feito em botijões feitos de materiais compósitos.

4.4. Cálculos de Frete para Botijões de Compósito

Para a sequência dos cálculos e posterior comparação, é preciso antes de mais nada definir qual tipo de botijão de compósito será adotado. O botijão que mais se parece com aquele de aço-carbono é o da Amtrol-Alfa, com idêntica capacidade para o GLP (13 kg).

No entanto, como não foi achada informação sobre a massa do botijão vazio, será considerado o botijão da Ragasco. A massa do botijão vazio é de 6,3 kg, com capacidade para 12 kg de GLP. Esse botijão é todo feito em materiais compósitos e possui 306 mm de diâmetro e 571 mm de altura.

4.4.1. Cálculo do Número de Botijões e Peso Cubado

Como para o aço carbono, é preciso verificar quantos botijões cabem em um caminhão. Sabe-se que o limite de volume do mesmo é de 63,3 m³.

Pela equação do paralelepípedo, percebe-se que cada unidade do botijão da Ragasco possui um volume de **0,053 m³** aproximadamente. Esse resultado permitiria uma número máximo de **1184** botijões por caminhão, levando em conta o limite de volume.

$$Nlim^V_{botijões} = \frac{V_{LIM}}{V_{Ragasco}} = 1.184$$

A partir desse total, considerando o peso total do botijão mais o gás contido (18,3 kg), obtém-se o peso total teórico da carga por caminhão. Esse valor é de **21.667,2 kg**.

O valor, ainda que bem próximo, excede a capacidade do caminhão considerado para os cálculos (19.000 kg). Isso mostra que, assim como para o botijão de aço-carbono, o transporte do GLP em botijões de materiais compósitos é feito em **limite de peso** e não é limitado por volume.

Assim calcula-se o número limite de botijões em cada carregamento, dividindo-se a capacidade do caminhão pelo peso unitário de cada botijão cheio. Esse cálculo é mostrado pela equação abaixo, dando um peso total de carga de **18.995,50 kg** ao se fazer as devidas simplificações.

$$Nlim^P_{botijões} = \frac{CAP}{P_{botijão}} = 1.038$$

Pela simples multiplicação do volume cada unidade pelo total de unidades obtidos acima, obtém-se o volume total de carga que é **55,5 m³**. Esse valor é próximo do limite de volume (63,3 m³) mostrando que o espaço disponível para carga é bem otimizado.

O peso cubado da carga é obtido multiplicando-se o seu volume total pela densidade ideal de carga, obtendo-se um valor de **16.649,4 Kg**. Como era de se esperar, já que o transporte é feito em limite de peso, esse valor é inferior ao valor do peso real da carga. Assim os cálculos de frete são feitos considerando-se o peso real da carga.

4.4.2. Cálculo do Frete-Peso

Utilizando o mesmo total de vendas de GLP em botijões, estimado para o ano base de 2009 obtido na seção 4.3.4 de **9.467.520,90 m³**, calcula-se o número total de botijões de compósito que seriam necessários para o transporte desse volume total.

Utilizando o mesmo fator de conversão para a capacidade do botijão, acha-se o volume de GLP transportado por cada botijão com a seguinte equação:

$$V_{Ragasco}^{GLP} = 12 \text{ Kg} * \frac{1 \text{ m}^3}{2,5 \text{ Kg}} = 4,8 \text{ m}^3$$

Assim, dividindo-se o volume total comercializado pelo valor obtido acima, tem-se que seriam necessários **1.972.401** botijões Ragasco no total para o transporte de tal volume.

Considerando que cada viagem pode transportar, segundo o limite de peso, 1.038 botijões, seriam necessárias exatamente **1.900** viagens para se transportar todo o volume de GLP comercializado no ano de 2009.

Utilizando-se das mesmas tabelas referenciais para o cálculo do frete-peso e considerando uma possível distância média entre as bases de distribuição e os postos revendedores, obtém-se a Tabela 17.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Tabela 17 - Frete-Peso Lotação Médio para GLP em Botijões de Compósito em 2009

Veículos Pesados		
Distância Média	Frete-Peso	Frete-peso por distância
em Km	R\$	R\$/Km
25,00	685.522,93	27.420,92
75,50	902.009,51	11.947,15
125,50	1.118.496,09	8.912,32
175,50	1.334.982,67	7.606,74
225,50	1.551.469,26	6.880,13
275,70	1.767.955,84	6.412,61
325,50	1.984.442,42	6.096,60
375,50	2.200.929,00	5.861,33
425,50	2.417.415,58	5.681,35
475,50	2.633.902,17	5.539,23
550,50	3.066.875,33	5.571,07
650,50	3.499.848,49	5.380,24
750,50	3.932.821,66	5.240,27
850,50	4.365.794,82	5.133,21
950,50	4.798.767,99	5.048,68
1.050,50	5.231.741,15	4.980,24
1.150,50	5.664.714,32	4.923,70
1.250,50	6.097.687,48	4.876,20
1.350,50	6.530.660,64	4.835,74
1.450,50	6.963.633,81	4.800,85
1.550,50	7.396.606,97	4.770,47
1.650,50	7.829.580,14	4.743,76
1.750,50	8.262.553,30	4.720,11
1.850,50	8.695.526,46	4.699,01
1.950,50	9.128.499,63	4.680,08
2.100,50	9.994.445,96	4.758,13
2.300,50	10.860.392,29	4.720,88
2.500,50	11.726.338,61	4.689,60
2.700,50	12.592.284,94	4.662,95
2.900,50	13.458.231,27	4.639,97
3.250,50	15.623.097,09	4.806,37
3.750,50	17.787.962,91	4.742,82
4.250,50	19.952.828,73	4.694,23
4.750,50	22.117.694,55	4.655,87
5.250,50	24.282.560,37	4.624,81
5.750,50	26.447.426,19	4.599,15

(Fonte: os Autores)

O gráfico da Figura 24 mostra os valores do frete-peso plotados em função da distância média entre distribuidores e revendedores ($L_{\text{média}}$). A linha de tendência linear foi traçada obtendo a equação da reta típica do frete-peso. (equação 1), obtendo-se um coeficiente de correspondência de 0,9997.

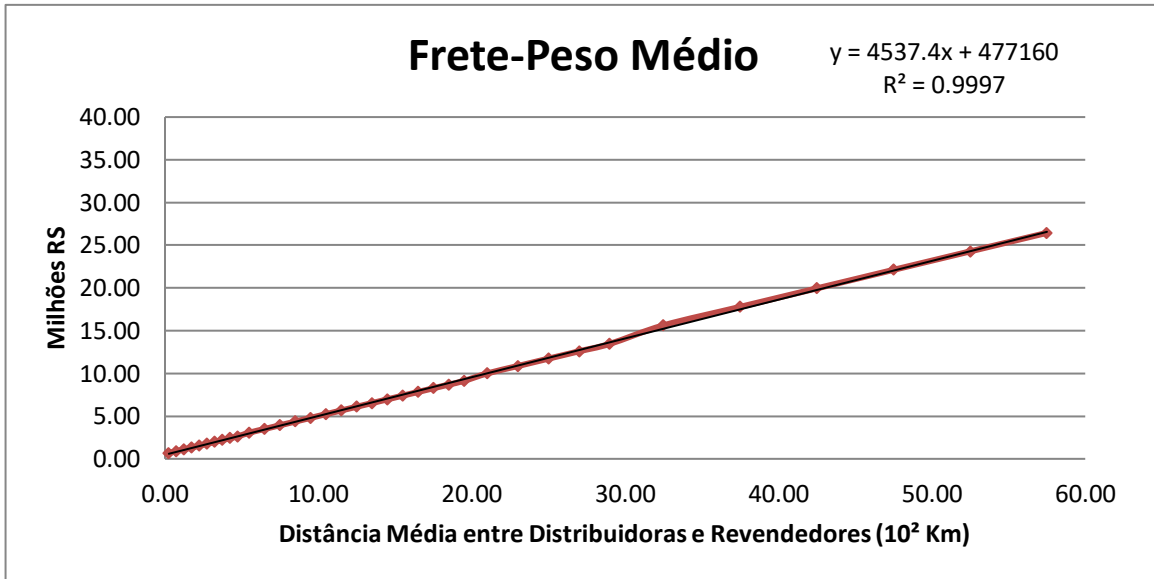


Figura 24 - Frete-peso médio nacional para GLP em botijões de compósito para veículos pesados em 2009.
(Fonte: os Autores)

A equação que descreve o frete-peso é a seguinte é dada pela equação 9.

$$FP_{\text{medio}} = 4.537,4 * L_{\text{media}} + 477.160 \quad (9)$$

Aqui o frete peso médio ($FP_{\text{médio}}$) é dado em R\$ e a distância média entre distribuidoras e revendedores ($L_{\text{média}}$) é dada em Km.

Os desvios-padrão dos parâmetros são iguais a 32084,88 para o coeficiente linear e 14,17 para o coeficiente angular. Os parâmetros são estatisticamente significativos e os resíduos têm uma distribuição normal e variância constante, validando assim a análise de regressão feita.

Finalmente o gráfico da Figura 25 mostra o comportamento do frete-peso médio por unidade de distância mostrando o mesmo comportamento de

decaimento exponencial como antes, se aproximando assintoticamente do valor referente ao custo variável por unidade de distância que independe de tal parâmetro.

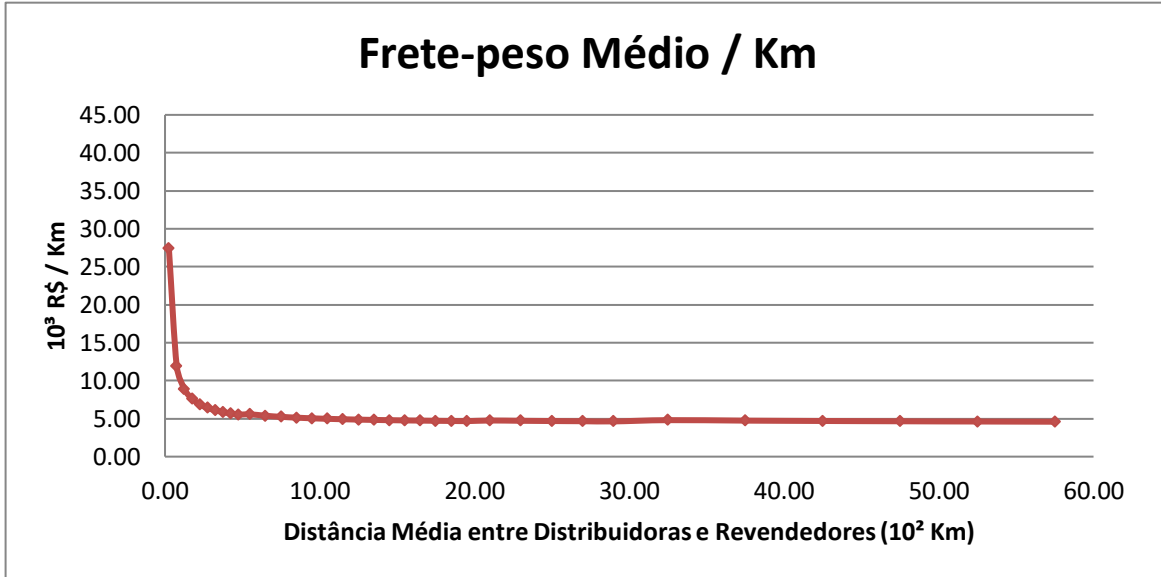


Figura 25 - Frete-peso médio nacional por unidade de distância para GLP em botijões de compósito para veículos pesados em 2009.
(Fonte: os Autores)

Sabe-se da literatura que para caminhões pesados, uma redução de 10% no peso da carga carregada provoca uma redução de 5,3% no consumo de combustível (Sandberg 2001).

No entanto, como o transporte é feito por carga lotação, com capacidade total de carga ocupada, essa redução não se aplica por viagem. A redução no consumo de combustível total e, conseqüentemente no custo variável (já que aquele corresponde a 69% desse, de acordo com tabela do Guia do Transportador atualizada em Junho de 2011) ocorre devido à diminuição do número de viagens.

4.4.3. Cálculos do Frete-Valor, GRIS, Taxas e Pedágios

Em relação às taxas, já foi visto que a taxa de cubagem não se aplica. A taxa de despacho por viagem, a R\$ 0,13 por quilograma, é obtida multiplicando-se pela

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

massa total da carga movimentada (18.995,4 kg). Esse valor é de **R\$ 2.469,40**. Multiplicando-se pelo total de viagens necessárias obtém-se o valor total que seria gasto com despacho, coleta e entrega, que seria de **R\$ 4.691.863,80**.

Já com o pedágio, sob a tarifa de R\$ 3,30 para cada 100 kg, teria sido gasto **R\$ 1.191.011,58** no ano base de 2009 com tarifas de pedágio para o transporte de GLP em botijões de materiais compósitos.

Para o GRIS e para o frete-valor, é preciso que se calcule o valor agregado da mercadoria transportada. O GLP, como visto na seção anterior, possuía um valor de **R\$ 35,97** para o ano de 2009.

Segundo uma pesquisa conduzida por uma entidade americana a serviço do Propane Research & Education Council, uma projeção aceitável de preços de mercado, realizada em 2003 para botijões de materiais compósitos aceitável, estaria na faixa de **US\$ 50,00**.

Considerando a cotação média do dólar no ano base de 2009 fornecida pelo banco central de **R\$ 1,997**, tem-se que o valor aproximado do novo modelo de botijão deveria ser de **R\$ 99,85**.

Esse valor daria um valor agregado por unidade transportada de **R\$ 135,82**, que por sua vez, multiplicado pelo total de botijões necessário dá um valor agregado total de **R\$ 267.891.503,80**.

Com a alíquota de GRIS em 0,30% do valor total da carga obtém-se uma taxa de gerenciamento de riscos total de **R\$ 803.674,51**.

Assim, esses três valores somados entre si e com o custo referente ao frete-valor geram a tabela 18 representada a seguir.

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Tabela 18 – Frete-Valor Médio e Taxas de GRIS, Pedágio e Despacho para GLP em Botijões de Compósito em 2009

Distância Média	Alíquota de Frete-Valor	Frete-Valor	Frete-Valor + Taxas
em Km	%	R\$	R\$
25,00	0,30	803.674,51	7.490.224,40
75,50	0,30	803.674,51	7.490.224,40
125,50	0,30	803.674,51	7.490.224,40
175,50	0,30	803.674,51	7.490.224,40
225,50	0,30	803.674,51	7.490.224,40
275,70	0,40	1.071.566,02	7.758.115,91
325,50	0,40	1.071.566,02	7.758.115,91
375,50	0,40	1.071.566,02	7.758.115,91
425,50	0,40	1.071.566,02	7.758.115,91
475,50	0,40	1.071.566,02	7.758.115,91
550,50	0,60	1.607.349,02	8.293.898,91
650,50	0,60	1.607.349,02	8.293.898,91
750,50	0,60	1.607.349,02	8.293.898,91
850,50	0,60	1.607.349,02	8.293.898,91
950,50	0,60	1.607.349,02	8.293.898,91
1.050,50	0,70	1.875.240,53	8.561.790,42
1.150,50	0,70	1.875.240,53	8.561.790,42
1.250,50	0,70	1.875.240,53	8.561.790,42
1.350,50	0,70	1.875.240,53	8.561.790,42
1.450,50	0,70	1.875.240,53	8.561.790,42
1.550,50	0,80	2.143.132,03	8.829.681,92
1.650,50	0,80	2.143.132,03	8.829.681,92
1.750,50	0,80	2.143.132,03	8.829.681,92
1.850,50	0,80	2.143.132,03	8.829.681,92
1.950,50	0,80	2.143.132,03	8.829.681,92
2.100,50	0,90	2.411.023,53	9.097.573,43
2.300,50	0,90	2.411.023,53	9.097.573,43
2.500,50	0,90	2.411.023,53	9.097.573,43
2.700,50	1,00	2.678.915,04	9.365.464,93
2.900,50	1,00	2.678.915,04	9.365.464,93
3.250,50	1,10	2.946.806,54	9.633.356,43
3.750,50	1,20	3.214.698,05	9.901.247,94
4.250,50	1,20	3.214.698,05	9.901.247,94
4.750,50	1,20	3.214.698,05	9.901.247,94
5.250,50	1,20	3.214.698,05	9.901.247,94
5.750,50	1,20	3.214.698,05	9.901.247,94

(Fonte: os Autores)

O gráfico da Figura 26 ilustra a variação do frete-valor mais taxas com a distância média percorrida entre revendedores e distribuidoras. Novamente, este valor cresce em estágios uma vez que as alíquotas de frete-valor são dadas para faixas de distâncias.

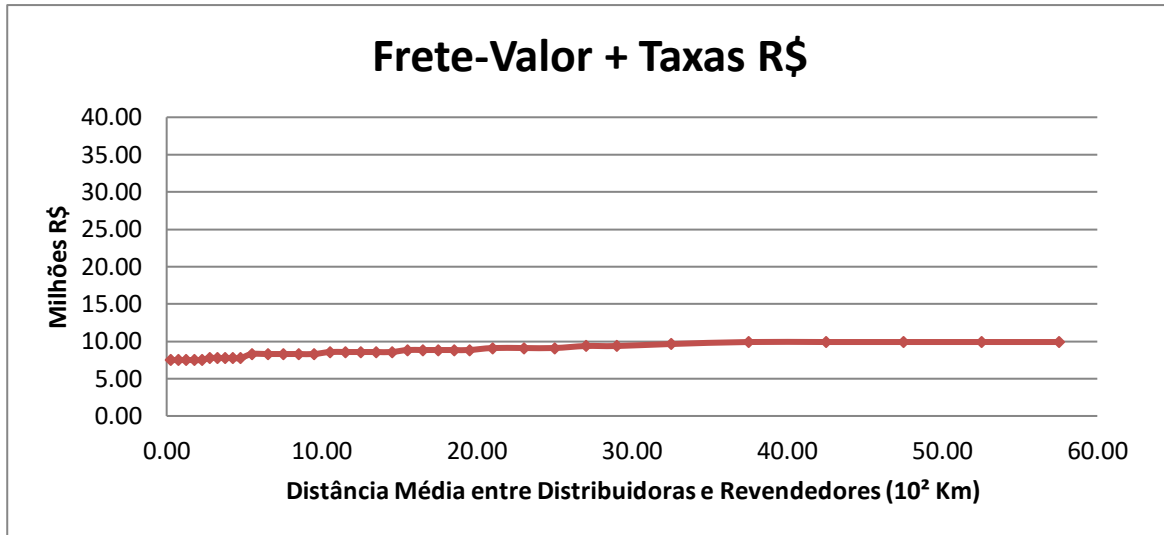


Figura 26 - Frete-valor médio mais taxas de GRIS, despacho e pedagio para GLP em botijões de compósitos em 2009.
(Fonte: os Autores)

4.4.4. Cálculo do Frete Total

Somando-se os valores de frete-peso, de frete-valor, de GRIS, de taxas e de pedágios, obtêm-se, como antes, os valores da tarifa total de frete por distância média entre revendedores e distribuidores.

O gráfico da Figura 27 corresponde aos valores das Tabelas 17 e 18 acima somados.

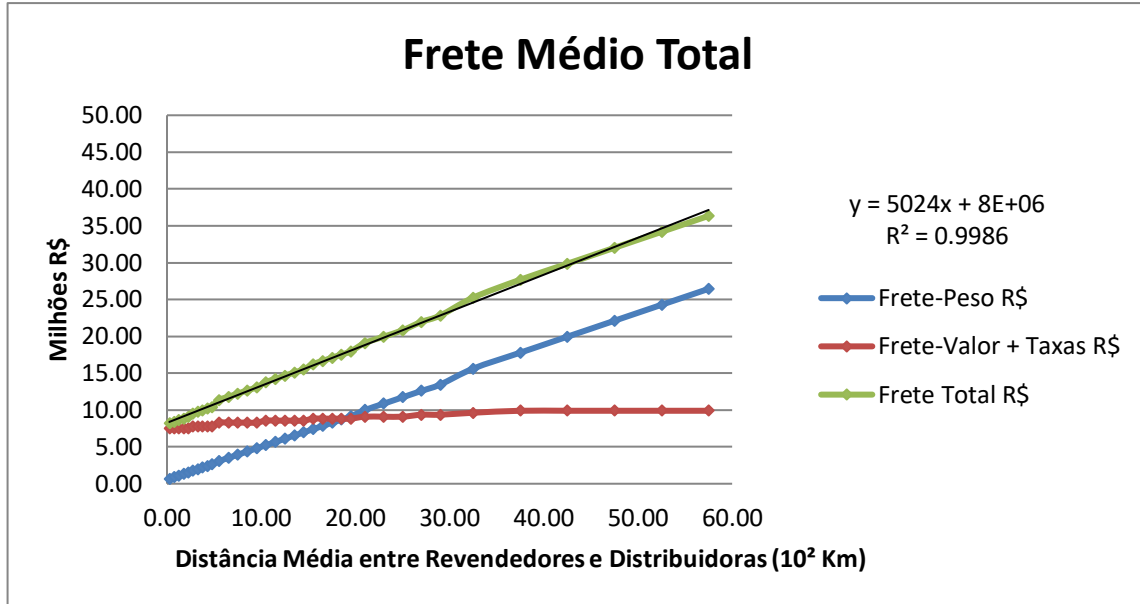


Figura 27 - Frete total médio para o GLP em botijões de aço-carbono para veículos pesados em 2009. (Fonte: os Autores)

A linha de tendência traçada dá uma equação aproximada para o frete total que é representado pela equação 10.

$$FT_{m\u00e9dio} = 5024 * L_{m\u00e9dia} + 8.262.156 \quad (10)$$

Aqui o frete peso médio ($FP_{m\u00e9dio}$) é dado em R\$ e a distância média entre distribuidoras e revendedores ($L_{m\u00e9dia}$) é dada em Km.

Os desvios-padrão dos parâmetros são iguais a 72115,02 para o coeficiente linear e 31,84 para o coeficiente angular. Os parâmetros são estatisticamente significativos e os resíduos têm uma distribuição normal e variância constante, validando assim a análise de regressão feita.

4.5. Considerações Finais

Neste capítulo, enfim, foram obtidos os dados de frete para os botijões de aço-carbono e de materiais compósitos.

Em uma análise preliminar, pôde-se reparar, entre outras coisas, um valor do custo total de transporte médio de fato reduzido para o botijão de compósito da Ragasco.

Essa redução se dá pela otimização do uso do espaço do caminhão, sendo necessário um número menor de viagens. Essas e outras comparações estão mais bem estruturadas no capítulo seguinte.

5. Análise de Resultados

Este capítulo abordará a análise comparativa de dados, visando determinar os parâmetros que tornam o transporte de certa carga mais barato ou mais caro.

Como regra geral, tem-se como premissas que a tarifa de frete total para qualquer carga é afetada diretamente conforme o comportamento de três parâmetros fundamentais: a massa total transportada, o valor da carga e a distância a ser percorrida.

Em relação à distância percorrida, em princípio, o custo do frete aumenta com o incremento da distância entre origem e destino da atividade de transporte da carga. Esse aumento é dirigido principalmente pelo aumento dos custos variáveis de transferência, uma vez que se tornam maiores os gastos com gasolina, manutenção, lubrificação entre outros.

Já em relação à tonelagem total expedida, quanto maior for o peso da carga, maior se torna a base de cálculos para as taxas de despacho, de coleta, de entrega e de pedágio. No entanto, o maior impacto é sentido em relação à densidade da carga. Quanto maior a proporção entre massa e volume, maior será a quantidade de viagens necessárias para se transportar um mesmo volume de carga e, conseqüentemente, maior será a tarifa total de frete.

Finalmente o valor da carga tem impacto direto no cálculo do frete-valor e da taxa de GRIS, em uma proporção direta em que quanto maior o valor da carga, maiores serão essas taxas. O frete valor cresce também com a distância. No entanto, essa taxa de crescimento é muito pequena.

Abaixo, segue a comparação entre os valores separados das componentes que compõem a tarifa de frete total para o caso estudado, entre o transporte de GLP em botijões de aço-carbono e de materiais compósitos.

5.1. Comparação entre Frete-Peso

A Figura 28 mostra um gráfico comparativo entre as tarifas de frete-peso do transporte de GLP nos dois tipos de botijões considerados.

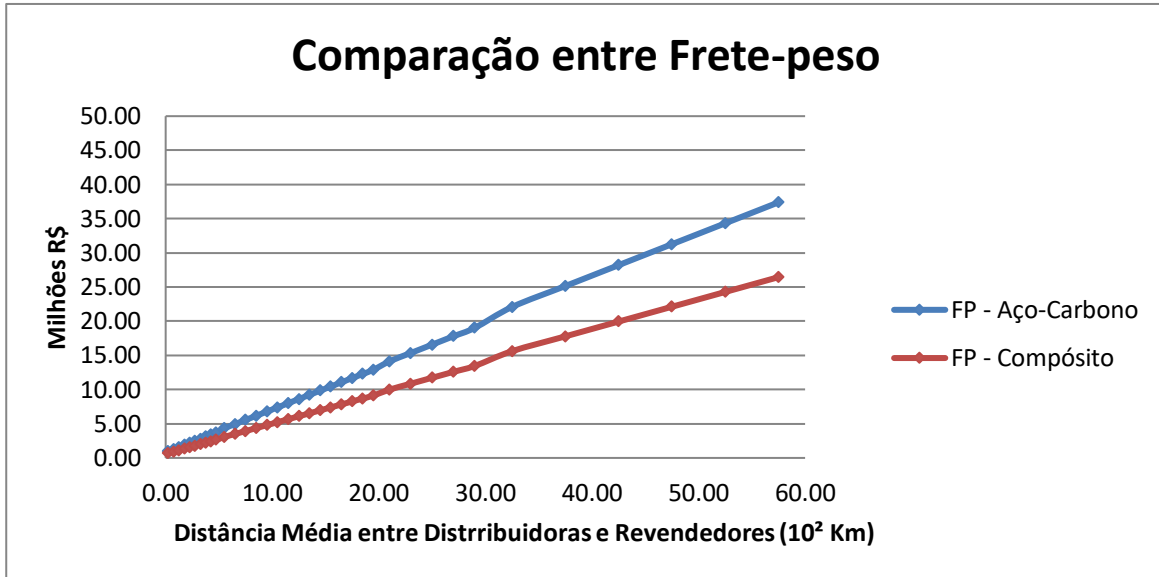


Figura 28 - Frete-peso para o transporte nacional de GLP.
(Fonte: os Autores)

Pelo gráfico, percebe-se que para pequenas distâncias, qualitativamente, a diferença entre os valores é praticamente nula. Essa diferença pode ser quantitativamente estabelecida, verificando o valor do frete-peso para distância igual a zero Km nas equações (7) e (9), para os botijões de aço-carbono e compósito, respectivamente.

Pela equação (7), percebe-se que para uma distância média pequena entre revendedores e distribuidoras, o valor do frete tende a R\$ 674.554,00. Já pela equação (9), este valor tende a R\$ 477.160,00.

Considerando a ordem de grandeza dos valores manipulados neste trabalho, pode-se dizer que essa diferença é praticamente insignificante, podendo ser atribuída a possíveis erros de aproximação devido ao ajuste linear dos dados da

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

tabela. No entanto, analisando a estrutura da equação (1), podem-se tirar conclusões razoáveis para esta diferença.

Percebe-se que os valores dos parâmetros “A” e “DI” são os diretamente responsáveis pelo coeficiente linear da reta (os valores do frete-peso para distâncias nulas). Esses parâmetros correspondem respectivamente, como definido na seção 4.1.1, aos custos com o veículo parado e aos custos com as despesas indiretas.

Como para o caso do botijão de aço-carbono, é exigida uma frota maior de caminhões, dado o número maior de viagens, é razoável presumir que os gastos administrativos e os demais gastos indiretos podem sofrer algum incremento.

Os custos fixos, componentes que afetam diretamente o custo com o veículo parado, também podem ser um pouco maiores uma vez que mais honorários são pagos aos motoristas para realizarem o maior número de viagens. Todos esses fatores juntos ajudam para a elevação, mesmo que discreta do coeficiente linear.

No entanto, a diferença significativa se encontra no coeficiente angular, que diminui de 6.414,5 para o botijão de aço-carbono, para 4.537,4 para o botijão de compósito.

Analisando novamente a equação (1), percebe-se que o coeficiente angular corresponde diretamente ao parâmetro “B” apenas, que faz referência aos custos de transferência, fixos e variáveis. Dentre esses, apenas os custos variáveis variam de acordo com a distância percorrida, sendo tanto maiores quanto maior for essa distância.

É exatamente esse fato que explica o comportamento das retas de frete-peso a grandes distâncias, pois percebe-se que quanto maior a distância, maior a diferença de custo de transporte entre os dois meios de armazenagem do GLP, evidenciando que devido à maior quantidade de viagens feitas, os custos variáveis, para o caso dos botijões de aço-carbono, crescem a uma taxa superior àquela apresentada pelos custos variáveis para o caso do botijão de compósito.

5.2. Comparação entre Frete-Valor e Taxas

A Figura 29 evidencia as diferenças entre o frete-valor e as taxas consideradas no estudo para os custos de transporte em botijões de aço-carbono e compósito.

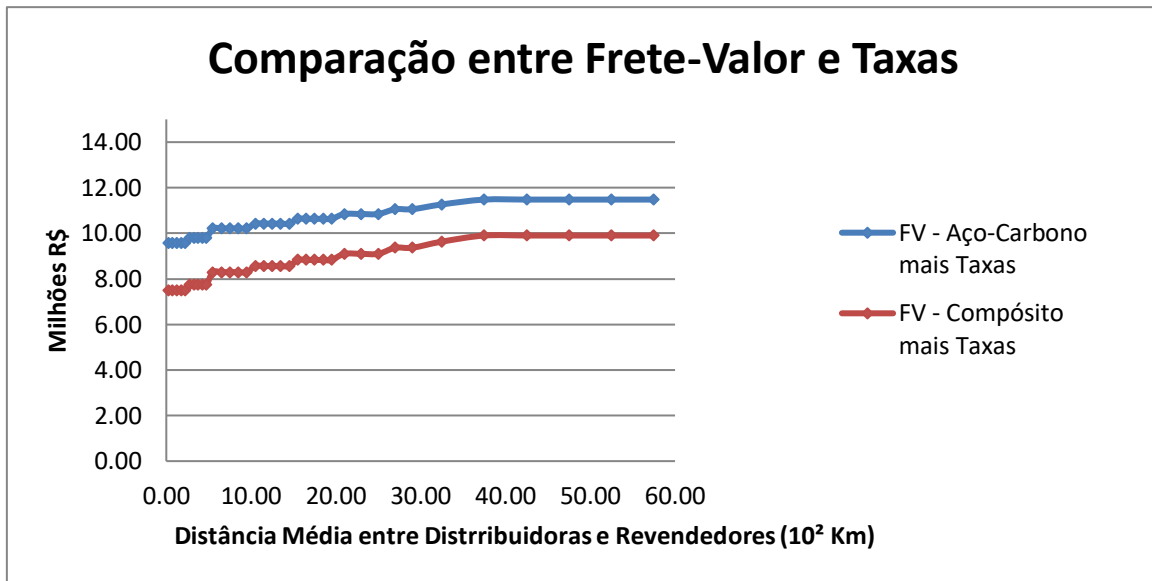


Figura 29 - Frete-Valor e taxas para o transporte nacional de GLP.
(Fonte: os Autores)

A tarifa do frete-valor incide sobre o valor em nota fiscal total da mercadoria transportada. Como a carga é heterogênea, esse valor corresponde aos valores somados do botijão e do GLP.

Como os botijões de compósito possuem preço de mercado superior (estimativa de R\$100 aproximadamente, R\$20 reais mais caro que o botijão de aço-carbono), naturalmente também possuem frete-valor maior. O mesmo vale para a taxa de GRIS.

No entanto, percebe-se no gráfico o comportamento inverso. Isso ocorre devido às taxas de pedágio e de despacho (essa última, componente mais

expressivo dos valores somados) que são diretamente proporcionais ao peso total da carga transportada, naturalmente maior para os botijões de aço-carbono.

O balanço final da soma dessas taxas, a saber, frete-valor, GRIS, pedágio e despacho, resultam num valor ligeiramente mais alto para o os custos de transporte em botijões de aço-carbono do que para os de compósito.

5.3. Comparação entre Frete Total

O gráfico da Figura 30 traz a comparação da tarifa total de frete para o transporte dos dois casos considerados.

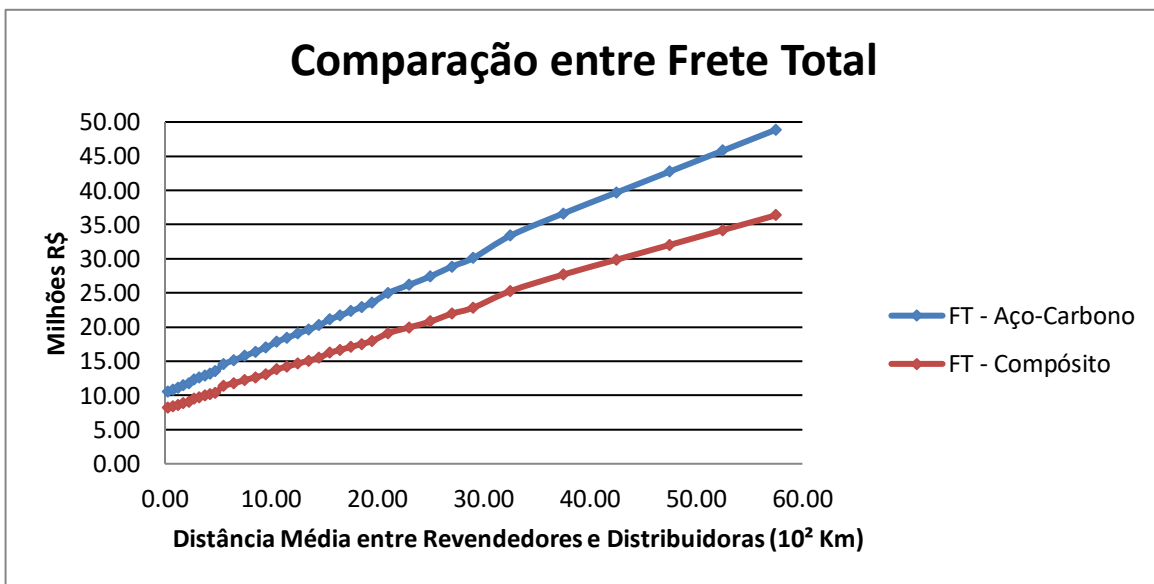


Figura 30 - Comparação entre frete total médio nacional.
(Fonte: os Autores)

Finalmente, o frete total mostra o mesmo comportamento do frete-peso com uma diferença agora considerável para pequenas distâncias decorrente da diferença do frete-valor e das taxas.

5.4. Considerações Finais

Com a análise comparativa dos dados obtidos com o cálculo das tarifas de frete para o transporte do montante total de GLP comercializado no ano base de 2009 em botijões de aço-carbono e hipoteticamente em botijões de compósitos pode-se tirar algumas conclusões elencadas nos parágrafos a seguir.

O frete-peso é o elemento principal de diferenciação das tarifas de frete entre o transporte feito por botijões de aço-carbono e o possível transporte em botijões de compósitos.

Considerando a distância média entre os revendedores e as empresas distribuidoras, tem-se que, para pequenas distâncias o frete para o caso do compósito teria uma diferença absoluta pequena em relação ao real gasto, com uma diminuição de R\$ 2 milhões para o ano todo.

Já para distâncias médias grandes, o frete com botijões de compósitos teria sido consistentemente menos custoso que o frete real praticado com os botijões de aço-carbono. Para o limite de aplicação dos dados das tabelas de frete referenciais, por exemplo, em distâncias médias de 6000 Km, mesmo não sendo comum para o trecho distribuidoras-revendas, a diferença seria de R\$ 10 milhões ao ano.

É inegável, portanto, que os custos totais logísticos, abordados no Capítulo 3 três deste trabalho, são de fato reduzidos com a aplicação dessa inovação tecnológica no setor de gás liquefeito de petróleo, com consistentes reduções nos custos totais médios de transferência que variam de 22,5% para pequenas distâncias, até 25,6% para grandes distâncias, em relação ao total gasto para tal fim no ano de 2009.

Entretanto, é importante ressaltar que os dados obtidos e as decisões acerca da adoção ou não desta inovação na prática, estão sujeitos a alguns condicionantes, tais como o valor real da distância média entre revendedores e

bases de distribuição, valor real praticado pelo mercado do botijão de compósito e do barateamento do custo de produção dos novos botijões de compósito.

Os custos de produção, portanto, constituem hoje um dos maiores empecilhos para a aplicação dos botijões de compósito em larga escala na cadeia logística do GLP no Brasil. Por se tratar de uma tecnologia recente e de ponta, esses vasos de pressão ainda possuem alto custo de produção se comparado com os tradicionais vasos metálicos.

Assim, o resultado obtido não pode ser levado em conta como único parâmetro determinante na adoção ou não desta proposta de inovação, devendo ser apenas um instrumento de análise preliminar.

6. Conclusões

Os materiais compósitos correspondem hoje, sem dúvida, a uma das maiores expectativas de inovação em mercados de aplicações estruturais onde prevaleciam, praticamente sem competição, os metais. Desde estruturas de sustentação para plataformas de petróleo e aplicações estruturais em foguetes aeroespaciais até a confecção de equipamentos capazes de suportar altas pressões, são inúmeras as possibilidades.

Em paralelo, dada a condição de maturidade do mercado brasileiro de GLP, em que os consumidores finais não suportam mais repasses de custos, somados aos crescentes custos de transporte de cargas indicados pelos números-índices específicos, as empresas distribuidoras de GLP no Brasil se encontram frente ao desafio de buscar alternativas de tecnologia e logística para reduzir esses custos.

Essas duas realidades culminam na proposta de substituição dos antigos e tradicionais botijões de aço-carbono pelos botijões de compósitos abordados aqui.

O apelo para essa nova aplicação se encontra na redução de peso, na alta resistência à corrosão e, em menor importância, na atribuição de características diferenciais, como a possibilidade de avaliar visualmente o nível de líquido dentro do botijão.

Reduzindo-se o peso do botijão, além de torná-lo mais fácil de carregar quando cheio (passa a ser enquadrado na categoria de carga portátil, ou seja, abaixo de 20 kg), diminui-se ainda os custos totais de transporte, uma vez que eles se baseiam, entre outros fatores, na massa total da carga transportada.

Já a resistência à corrosão dos botijões de compósitos elimina a necessidade de reposição dos mesmos devido à oxidação do metal, ou mesmo elimina a necessidade de investimento em tecnologias de combate à corrosão, como o revestimento com tintas à base de zinco, custo este não considerado no trabalho.

A possibilidade de visualização do conteúdo de GLP contido no botijão é de grande atratividade para o conforto do consumidor final que poderá determinar exatamente quando deve trocar seu botijão, antes que o mesmo se esgote.

Entretanto, a principal desvantagem para essa nova aplicação se encontra no alto custo de produção dos botijões de compósito. Esse problema pode ser contornado com projetos de subsídios e incentivos fiscais do governo para a produção de tal produto em território nacional.

Este trabalho, apesar de oferecer apenas estimativas médias para o frete dos botijões de ambos os tipos, apresenta resultados preliminares para uma análise primária da comparação entre os custos de transporte logístico dos dois tipos de botijões que apontam no sentido favorável da aplicação da inovação tecnológica.

Como propostas de trabalhos futuros, os autores sugerem o estudo de viabilidade econômica de produção do botijão no mercado interno brasileiro com otimização de localização de fábricas em territórios nacionais.

Outra proposta consiste no aprofundamento do estudo para o ramo final da cadeia de distribuição logística (entre revendedores e consumidores finais) com foco em regiões específicas do país.

7. Referências Bibliográficas

Agência Nacional do Petróleo (2010). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010.

ALVES, C. A.; TEIRGARTEN, M. A relação entre varejo e distribuição na cadeia do GLP: analisando as estratégias de cooperação e de alianças. *Revista Gerenciais*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 101-109, 2008.

ANTUNES, P. J.; DIAS, G. R.; NUNES, J. P.; VAN HATTUM, F. W. J.; OLIVEIRA, T.; (2008). Finite Element Modelling of Thermoplastic Matrix Composite Gas Cylinders, *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 2008 21: 411

ARAÚJO JR., J. T.; (2009). A evolução recente dos preços de GLP.

Associação Nacional de transporte de cargas (ANTC), (2001), Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas

BALLOU, R. H.; Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. São Paulo, Editora Bookman, 2001

Battelle and Memorial Institute; Propane Education & Research Council; (2003). Market Potential for Composite Propane Cylinders.

Cartilha do Sindicato Nacional de Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo (Sindicás) – GLP no Brasil: Perguntas Frequentes. Vol. 1 (2007).

Cartilha do Sindicato Nacional de Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo (Sindicás) – GLP no Brasil: Perguntas Frequentes. Vol. 2 (2007).

COSTA, J. C.; RODRIGUEZ, J. B.; LADEIRA, W. J.; (2005). A gestão da cadeia de suprimentos: Teoria e Prática

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

Empresa de pesquisa energética (EPE) , (2007), Plano nacional de energia 2030

Empresa de pesquisa energética (EPE), (2010), Plano decenal de expansão de energia 2019

FIRMEZA, O. S.; SILVA, F. R. R.; DUTRA N. G. S.; (2006). A logística de destroca de vasilhames aplicada às companhias distribuidoras de GLP e seu reflexo no ambiente urbano.

GAMEIRO, A. H.; (2003). Índices de Preço para o Transporte de Carga: O Caso da Soja a Granel.

HOA, S. V.; (2009). Principles of the Manufacturing of Composite Materials, DEStech Publications, Inc.

<http://ipemsp.wordpress.com/botijao-de-gas> Acessado em 15/05/ 2011

<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br> Acessado em 11/06/2011

<http://www.acinh.com.br/cotacao.asp> Acessado em 11/06/2011

<http://www.anp.gov.br>. Acessado em 06/06/2011

<http://www.brasilgas.com.br> Acessado em 25/05/ 2011

<http://www.cscmp.org> Acessado em 25/05/2011

<http://www.etg.ufmg.br/ensino/transportes> Acessado em 11/06/2011

<http://www.fipe.org.br/web/index.asp> Acessado em 09 e 10/06/2011.

<http://www.guiadotrc.com.br> Acessado em 09 e 10/06/2011.

<http://www.liquigas.com.br> Acessado em 25/05/2011

<http://www.minasgas.com.br/> Acessado em 25/05/2011

Projeto Final de Curso – EQ/UFRJ

<http://www.sindigas.org.br> Acessado em 09 e 10/06/2011.

http://www.transportadorabr.com.br/rctr_c Acessado em 09/06/2011.

<http://www.ultragaz.com.br> Acessado em 11/06/2011

<https://gestao.dnit.gov.br> Acessado em 11/06/2011

KOPPERT, J. J. M.; BOER, H.; WEUSTINK, A. P. D.; BEUKERS, A.; BERSEE, H. E. N.; (2007). Virtual Testing of Dry Filament Wound Thick Walled Pressure Vessels, In: Proceedings of the 15th Int. Conference on Composite Materials (ICCM 15), Kyoto, Japan.

LEITÃO, E. S.; MARINUCCI, G.; CARVALHO, O.; ANDRADE, A.; (2006). – dos compósitos poliméricos bobindasa em diversas orientações do reforço, em: 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais Caracterização mecânica

MALLICK, P. K.; (2007). Fiber – Reinforced composites materials, manufacturing and design, CRC Press 3rd edition.

MANO, E. B.; MENDES, L. C.; (1999). Introdução a Polímeros. Editora Edigar Blücher – 2ª edição.

NOVAES, A. G.; (1989). Sistemas Logísticos: transporte, armazenagem e distribuição física de produtos. Editora Edgard Blücher - SP

SANDBERG, T.; (2001). Heavy Truck Modeling for Fuel Consumption Simulations and Measurements.

SHIVAMURTHY, B.; SIDDARAMAIAH; PRABHUSWAMY, M. S.; (2010). Design, Fabrication, and testing of Epoxy/ Glass-reinforced Pressure Vessel For High pressure Gas Storage, Journal of Reinforced Plastics and Composites 2010
29

SOARES, A. C.; (2003). Diagnóstico e modelagem da rede de distribuição de derivados de petróleo no Brasil