

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA

**O uso do reservatório de UHEs para o transporte hidroviário:
O caso de FURNAS**

Thiago Roberto Batista

Itajubá, Junho de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA

Thiago Roberto Batista

O uso do reservatório de UHEs para o transporte hidroviário: O
caso de FURNAS

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Energia
como parte dos requisitos para obtenção do
Título de Mestre em Ciências em
Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Planejamento e
gestão de sistemas energéticos

Orientador: Prof. Afonso Henriques
Moreira Santos, DSc

Coorientador: Prof. Alexandre Augusto
Moreira Santos, DSc

Itajubá, Junho de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ENERGIA

Thiago Roberto Batista

O uso do reservatório de UHEs para o transporte hidroviário:
O caso de FURNAS

Dissertação aprovada por banca examinadora em 17 de abril de 2015, conferindo ao autor o título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.**

Banca Examinadora:

Prof. Afonso Henriques Moreira Santos,
Prof. Alexandre Augusto Moreira Santos,
Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior,
Prof. Roberto Alves de Almeida

Itajubá, Junho de 2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu orientador Prof. Afonso Henriques Moreira Santos, o meu reconhecimento pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém com muita sabedoria, dedicação e com Dom no ensino da Ciência.

Ao meu coorientador Prof. Alexandre Augusto Moreira Santos pela troca de conhecimentos ao longo do desenvolvimento do meu trabalho e pela disposição de me passar suas experiências relacionadas ao tema principalmente durante as visitas técnicas realizadas na região onde foi desenvolvida o trabalho.

Aos amigos da iX Estudos e Projetos, Reinaldo, Gerson, Barbara, Camilo, Rodolfo, Thiago Balisa, Marlene e Stefanny pela convivência e sugestões.

Agradeço também ao DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) por permitir o compartilhamento de informações graças a sua parceria junto a UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá) para a elaboração do Estudo de Viabilidade Econômica, Técnica e Ambiental – EVTEA de Implementação da Hidrovia do Lago da Barragem de Furnas.

Agradeço também ao José Wagner Leite Ferreira e Rui Gelehrter da Costa Lopes pela grande contribuição de informações relacionados ao tema de hidrovias ao longo do desenvolvimento do meu trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por estar sempre norteando minha vida.

A minha filhinha maravilhosa Maria Clara e minha esposa querida Gabriela que tem sempre dividido comigo tristezas, alegrias e conquistas.

Aos meus queridos pais João e Ludmila e a minha irmã Rafaela, que são pessoas que estão sempre presentes em minha vida e que amo muito.

RESUMO

O Brasil dispõe de uma grande área para navegação nos reservatórios das usinas hidrelétricas, praticamente disseminada por todo o território nacional. Os critérios operativos dos reservatórios deveriam atender a interesses múltiplos, conforme estabelecido na lei 9.433 em seu artigo 20 e inciso II, porém o domínio histórico do setor elétrico sobre os reservatórios impôs que a operação destes atendesse quase que exclusivamente os interesses eletro energéticos. A proposta de uma hidrovia para o reservatório da hidrelétrica de FURNAS além de fortalecer o estabelecimento de um nível de referência que permita a garantia dos interesses múltiplos, proporciona ainda o desenvolvimento de setores econômicos até então considerados inviáveis em função do grande deslocamento rodoviário, além de melhorar capacidade de concentração de cargas, a minimização do consumo de combustível, ocasionando a não emissão de gases poluentes, a redução do tráfego em rodovias, dentre outros. Para isto, essa dissertação de mestrado apresenta uma contribuição quanto a duas alternativas metodológicas de avaliação da viabilidade de utilização do modal hidroviário em reservatórios. O primeiro modelo trata de mercados existentes e o segundo para mercados potenciais. Estas alternativas são aplicadas para o reservatório de FURNAS e podem vir a serem indutoras de desenvolvimento futuro de novos sistemas de integração de transporte de carga para os pequenos produtores de insumos regionais.

Palavras-chave: Critérios Operativos, Hidrovia, Usos Múltiplos.

ABSTRACT

Brazil has a large area for navigation in the reservoirs of hydroelectric power plants, practically spread throughout the country. The operating criteria of the reservoirs should serve multiple interests, as established by law 9,433 in Article 20 and section II, but the historical domination of the electricity sector on the reservoirs imposed that the operation of these would meet almost exclusively electro energy interests. The proposal for a waterway to FURNAS hydroelectric reservoir and strengthen the establishment of a reference level that allows the guarantee of multiple interests, yet provides the development of economic sectors hitherto considered unfeasible due to the large roading, and improve attention span of loads, minimizing fuel consumption, leading to no greenhouse gas emissions, the reduction of traffic on highways, among others. For this, this dissertation presents a contribution as the two methodological alternatives assessment of the feasibility of using the waterway in reservoirs. The first model is existing markets and the second to potential markets. These alternatives are applied to and Furnas reservoir and are likely to be inducing further development of new freight transportation system integration for small producers of regional inputs.

Keywords: Operating criteria, Waterway, Multiple Uses.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
2.1 - Objetivo Geral	3
2.2 - Objetivos Específicos	3
3 - REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 - Usos Múltiplos	4
3.2 - Modal de transporte Hidroviário	5
3.3 - Custo Logístico	7
3.4 - Furnas	8
4 - DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO	11
4.1 - Modelos Para Mercados Existentes	11
4.2 - Projeção de Mercado	11
4.3 - Comparação entre Alternativas	12
4.3.1.1. Análise Técnica	12
4.3.1.2. Análise Econômica	20
4.3.1.3. Análise Ambiental	23
4.4 - MODELOS PARA MERCADOS POTENCIAIS	25
4.4.1.1. Transportes de Cargas	25
4.4.1.2. Transporte de Passageiros	28
5 - APLICAÇÃO PARA O LAGO DE FURNAS	31
5.1 - Descrição da área de estudo	31
5.2 - Possíveis rotas para a hidrovia de FURNAS	37
5.2.1.1. Interligação com a cidade de Pouso Alegre	39
5.2.1.2. Interligação com o rio São Francisco	41
5.2.1.3. Hidrovia do Rio Grande	43
5.3 - Demanda Hidroviária	46
5.4 - Proposta de Operação	49
5.4.1.1. Avaliação das cotas do lago de Furnas	49
5.4.1.2. Avaliação da navegabilidade	51
5.4.1.3. Pontes	52
5.4.1.4. Embarcações	54
5.5 - Avaliação de Alternativas (Aplicação dos modelos ao Lago de Furnas)	55

5.5.1.1. Resíduos sólidos	55
5.5.1.2. Substituição de trecho rodoviário	61
5.5.1.3. Passageiros Universitários	66
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	73
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
8 - ANEXOS	79
8.1 - Municípios da área de estudo	79
8.2 - Distâncias intermunicipais	82
8.3 - Dinâmica de passageiros	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Custos unitários para construção do empurrador e da balsa.....	21
Tabela 5.1: Cota média e desvio padrão da série histórica de 1963 a 2014.....	50
Tabela 5.2: Vão livre vertical e Profundidade do leito para a cota 762,0.....	53
Tabela 5.3: População dos municípios da área de influência direta para 2014 e 2025.....	56
Tabela 5.4: Resultado para o modal rodoviário.....	58
Tabela 5.5: Resultado para o modal Hidroviário.....	60
Tabela 5.6: Custos de cada área de Armazenagem.....	62
Tabela 5.7: Custo operacional das duas áreas de Armazenagem.....	62
Tabela 5.8: Outros custos das áreas de Armazenagem.....	62
Tabela 5.9: Aquisição dos comboios 3x2. Fonte: RODRIGUES et al (2008)..	63
Tabela 5.10: Custo operacional dos comboios.....	63
Tabela 5.11: Outros custos relativos ao processo de travessia dos comboios.....	64
Tabela 5.12: Custos envolvidos no custo do cavalo mecânico + Semi reboque.....	64
Tabela 5.13: Custos envolvidos no custo do cavalo mecânico.....	65
Tabela 5.14: Composição dos custos para os dois caminhos de transporte.....	65
Tabela 5.15: Principais Instituições da Área de Influência Direta.....	67
Tabela 5.16: Vagas ofertadas durante o ano.....	67
Tabela 8.1: Áreas dos municípios localizados na Área de influência direta.....	79
Tabela 8.2: Áreas dos municípios localizados na Área de influência indireta.....	80
Tabela 8.3: Matriz de distâncias Rodoviárias em km.....	83
Tabela 8.4: Matriz de distâncias Hidroviária em km.....	84
Tabela 8.5: Matriz de distâncias Rodoviária complementar a Hidroviária em km.....	85
Tabela 8.6: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de exatas para $\alpha = 0,7$	87
Tabela 8.7: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de exatas para $\alpha = 1$	88
Tabela 8.8: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Humanas para $\alpha = 0,7$	90
Tabela 8.9: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Humanas para $\alpha = 1$	91
Tabela 8.10: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Biológicas para $\alpha = 0,7$	93
Tabela 8.11: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Biológicas para $\alpha = 1$	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.8: Capacidade de carga e ocupação de espaço físico, por modal de transporte.	6
Figura 4.9: Parâmetros de comparação entre modais de transporte.	7
Figura 4.1: Esquema das características físicas medidas nas pontes.....	13
Figura 4.2: Embarcação para transporte de resíduos sólidos - Exemplo 1.....	15
Figura 4.3: Embarcação para transporte de resíduos sólidos – Exemplo 2.....	16
Figura 4.4: Embarcações para transporte de carretas ou cargas diversas - Exemplo 1.....	17
Figura 4.5: Embarcações para transporte de carretas ou cargas diversas- Exemplo 2.....	17
Figura 4.6: Transporte de passageiros - Catamarã Porto Alegre - Guaíba. (Foto: CatSul)..	18
Figura 4.7 - Curva de Utilidade.....	23
Figura 4.10: Modelo de localização do centro de processamento para distâncias lineares..	26
Figura 4.11: Modelo de localização do centro de processamento para distâncias físicas....	27
Figura 4.12: Disposição de centros de oferta e demanda de passageiros.....	28
Figura 4.13: Modelo Unitário.....	29
Figura 6.1: Localização dos municípios pertencentes à área de influência direta e indireta.	32
Figura 6.2: Principais rodovias da região.....	33
Figura 6.3: Principais ferrovias e aeroportos da região.....	34
Figura 6.4: Hidrografia principal afluente ao lago de Furnas.....	35
Figura 6.5: Vazões médias mensais dos principais rios contribuintes do lago de Furnas....	36
Figura 6.6: Rota Longitudinal.....	38
Figura 6.7: Regiões prioritárias para o estabelecimento de rotas.....	39
Figura 6.8: Interligação Pouso Alegre ao reservatório de FURNAS.....	41
Figura 6.9: Dique interceptor do rio Piumhi no município de Capitólio – MG.....	42
Figura 6.11: Proposta de uma hidrovia para o rio Grande, através de canais e lagos de hidrelétricas.....	44
Figura 6.12: Interligação por meio de um canal entre a usina de Furnas e Marcarenhas....	44
Figura 6.13: Interligação por meio de um canal entre a usina de Marcarenhas até Jaguará.	45
Figura 6.14: Interligação por meio de um canal entre a usina de Porto Colombia até o rio Pardo.....	45
Figura 6.15: Interligação por meio de um canal entre a usina de Marimbondo até Água Vermelha.....	46
Figura 6.16: Interligação por meio de um canal entre a usina de Ilha Solteira e Água Vermelha.....	46

Figura 6.17: Produtos predominantes na área de influência direta. Fonte IBGE (2014).	48
Figura 7.1: Curva de Permanência das cotas médias mensais no reservatório de Furnas....	49
Figura 7.3: Lago de Furnas, principais vias de acesso e pontes estudadas no projeto.	52
Figura 7.4: Roteiro de viagem para o levantamento de campo.	53
Figura 7.18: Lanchas para o transporte de estudantes na zona rural de Alfenas (MG).....	54
Figura 7.20: Municípios potencias para destinação dos resíduos sólidos pelo modal rodoviário.	59
Figura 7.21: Municípios potencias para destinação dos resíduos sólidos pelo modal hidroviário.	60
Figura 7.20: Custos do transporte em função do valor do frete.	66
Figura 7.22: Comportamento do índice de ponderação em relação a distância para IGC=5.69	

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de uma grande área para navegação nos reservatórios das usinas hidrelétricas, praticamente disseminada por todo o território nacional. Até mesmo a Amazônia começa a se transformar, com a construção das centrais hidrelétricas no Rio Xingu, Madeira e Tapajós. Os caudalosos cursos d'água, típicos deste país tropical, têm passado, notadamente ao longo dos últimos cinquenta anos, por grandes transformações, tornando-se grande parte de seus percursos rios de águas lânticas.

No Brasil, até a década 2000, a participação termelétrica era mínima, exigindo-se grandes volumes de armazenamento flexíveis para garantir a confiabilidade de suprimento eletroenergético. A partir de então, com a chegada do gás boliviano e com a construção de um grande número de centrais termelétricas (que hoje representam cerca de 30% da capacidade total de geração) (ANEEL, 2014), e em consequência do racionamento de energia elétrica de 2001, que evidenciou os riscos dos critérios operativos vigentes, a termelétricidade passou a ter papel de maior relevância na operação do sistema, transformando-se de geração suplementar à hidroeletricidade à uma geração complementar.

De outra parte, em um período anterior, o Brasil teve um significativo crescimento econômico, praticamente, suportado pelo transporte rodoviário, consequência de uma clara política que se iniciou em meados da década de 1950, com o intuito de fortalecer a recém criada indústria automobilística no país. Assim, ferrovias foram desativadas ou não modernizadas e o transporte de cabotagem, que garantiu a integração do país por séculos, estagnou-se.

O crescimento do consumo na última década e a fraca expansão da malha rodoviária levou a uma crise de mobilidade no país, seja no transporte urbano, seja interurbano. As consequência disto são os aumentos dos custos de transporte e do tempo do mesmo, além da perda de confiabilidade. Associado diretamente a isto, tem-se o aumento de acidentes com vítimas fatais, maior consumo de combustível e maior contribuição à poluição. Lembra-se que uma barcaça tem a capacidade de transporte equivalente a trinta e cinco carretas de capacidade de vinte e cinco toneladas cada.

Aproveitando-se desta mudança de cenário, onde os reservatórios das hidrelétricas tornam-se mais adaptados à navegação e a necessidade de melhoria logística é premente, as hidrovias podem tornar-se vetor logístico fundamental e de relativo curto prazo, pois pode-se iniciar a navegação de forma regionalizada e ir expandindo-a, através da interligação dos reservatórios, preferivelmente por canais que dão ainda maior capilaridade.

Este trabalho se desenvolveu junto a uma parceria realizada entre o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e a UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá) para a elaboração do Estudo de Viabilidade Econômica, Técnica e Ambiental – EVTEA de Implementação da Hidrovia do Lago da Barragem de Furnas, e analisa formas de viabilização da hidrovia em reservatórios, de forma mais específica, estuda o reservatório da Central Hidrelétrica de Furnas.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Nessa dissertação pretende-se apresentar uma contribuição ao avanço da utilização de reservatórios de Usinas Hidrelétricas (UHEs) para o transporte hidroviário no Brasil, buscando tornar mais eficiente a logística de transportes no Brasil, a capacidade de concentração de cargas, a redução do consumo de combustível, a redução da emissão de gases poluentes, o não congestionamento nas estradas, dentre outros.

2.2 - Objetivos Específicos

- ✓ Gerar um modelo de hidrovia aplicado ao reservatório da UHE Furnas;
- ✓ Avaliar cotas do reservatório que atendam os interesses comuns entre os usuários de água;
- ✓ Avaliar a navegabilidade do reservatório;
- ✓ Avaliar alternativas de utilização da hidrovia.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão bibliográfica, objetiva-se apresentar alguns conceitos e informações pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente apresenta-se o conceito de usos múltiplos, buscando destacar a importância da gestão dos recursos hídricos. Na sequência apresenta-se as características do modal hidroviário, destaca-se o custo que representa a logística nos preços dos produtos e a operação das cotas do reservatório de FURNAS.

3.1 - Usos Múltiplos

A construção de usinas hidrelétricas foi a responsável pela transformação de muitos rios, sem vocação natural para a navegação, para uma condição de navegabilidade potencial. Diz-se “potencial” posto não haver na maioria dos lagos condições reais para a navegação. Primeiramente, a inexistência de sistemas de transposição criam verdadeiras ilhas de navegação, notadamente para lazer e turismo, impedindo o transporte significativo de mercadorias. Segundo, e não menos importante, as variações intensas e frequentes dos níveis impedem a implantação de rotas de navegação e de aportagem, além de encarecerem sobremaneira possíveis sistemas de transposição.

Os critérios operativos dos reservatórios deveriam atender a interesses múltiplos. Entretanto, no Brasil, o domínio histórico do setor elétrico sobre os reservatórios associados a hidrelétricas impôs que a operação destes atendesse quase que exclusivamente os interesses eletro energéticos.

De acordo com a Lei 9.433/97, em situações de escassez de água, os usos prioritários dos recursos hídricos são o consumo humano e a dessedentação de animais, sendo que os demais não possuem prioridade definida. Portanto, a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo dos mesmos. Ainda de acordo com a lei, os Comitês de Bacia Hidrográfica têm como uma das áreas de atuação o estabelecimento de critérios e promoção do rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

Sabe-se que de acordo com o Decreto Nº 24.643 de 1934, em seu artigo 143, que todos os aproveitamentos de energia hidráulica deverão satisfazer as exigências acauteladoras dos interesses gerais como: Alimentação e necessidades das populações ribeirinhas, salubridade pública, irrigação, proteção contra as inundações, conservação e livre circulação do peixe, o escoamento e rejeição das águas. Devendo ainda atender a outros aspectos, como beleza cênica e paisagística do rio beneficiando tanto a população do entorno, como os usuários que se localizam adiante da casa de máquinas, com vazões regularizadas, assim como garantir que não haverá perda de energia ao sistema.

O uso múltiplo das águas de um reservatório pode gerar um grande desenvolvimento socioeconômico na região, gerando empregos e melhorando a qualidade de vida da população envolvida, desde que seja considerado no planejamento que os recursos levantados pelas atividades econômicas relacionadas aos usos múltiplos seja aplicada com esse intuito. (FERNANDES e BURSZTYN, 2008)

De acordo com PDRH (2013), constata-se que a unidade de gestão GD3, que é uma sub-bacia do rio Grande, é caracterizada pelos seguintes usos múltiplos dos recursos hídricos: aquicultura, agropecuária, consumo humano e consumo industrial.

O setor elétrico busca um ótimo global não levando em conta as necessidades locais, como é o caso das comunidades, que desenvolvem suas atividades econômicas no entorno do reservatório de Furnas e que têm sofrido enormemente, com os deplecionamentos, não apenas pelas intensidades, mas, sobretudo, pelas suas durações.

Segundo CERNE (2006) o setor energético caminha para utilização de critérios operativos que levem em conta a altura do reservatório, de modo que a produtividade não será mais considerada constante. Assim os riscos de déficit energético, como se tem observado recentemente, ficam reduzidos. Outra vantagem encontrada com operação com a consequente melhora do nível dos reservatórios está no fato de os diversos usos associados aos reservatórios hidrelétricos ficam garantidos, de modo a não privilegiar apenas a geração de energia e reduzindo a pressão social sobre a operação dos mesmos.

Segundo CERNE (2006) ao se manter os reservatórios com armazenamentos mais elevados, a confiabilidade do sistema aumenta devido ao maior estoque energético garantido. Portanto, a transparência da operação implica, além de garantia tanto da geração quanto aos demais usos associados ao sistema, implica também em menor risco para os agentes e investidores do setor elétrico. CERNE (2006) apresentam alguns critérios para a operação dos reservatórios e algumas análises relacionadas a ponderação de interesses de usos de água relacionados.

3.2 - Modal de transporte Hidroviário

No Brasil, apesar do elevado potencial existente, de requerer menores investimentos e de gerar menor impacto ambiental, não se tem priorizado a navegação como meio de transporte e a sua utilização atualmente é bastante reduzida.

É sabido que o modo hidroviário é o modo mais apropriado para transportar cargas em volumes substanciais, principalmente produtos com baixa razão valor-peso, não perecíveis e produtos cujo custo de estoque não é alto, que é o caso das commodities agrícolas (Batalha, 2008).

Segundo Bowersox e Closs (2001), dentre as desvantagens do transporte hidroviário estão a baixa velocidade de deslocamento e a pequena flexibilidade de transporte, já que é usualmente necessário combinar a utilização desse modo com outros capazes de trazer a carga do ponto de origem até a hidrovia e levar a carga da hidrovia até o ponto de destino. Por outro lado, a ineficácia do modo hidroviário também está relacionada à restrição de profundidade, às limitações das eclusas e ao espaço limitado para passagem dos comboios entre os vãos das pontes (Reis, 2007).

De acordo com Santana (2007), sob o ponto de vista puramente ambiental e quando em operação o sistema hidroviário, se comparado com os outros modais, proporciona menor poluição do ar devido à baixa emissão de gases poluentes; menor nível de ruído; menor nível de desmatamento; e menores índices de acidentes fatais.

Logo, o transporte fluvial é a alternativa que apresenta melhor eficiência econômica e ambiental. Estudos comparativos entre os diferentes modais em relação aos gastos de energia, como por exemplo, dados apresentados pelo Departamento de Transportes dos Estados Unidos – USDT (1994) no relatório Environmental Advantages of Inland Barge Transportation (Vantagens ambientais do transporte hidroviário), demonstram que o transporte fluvial é a modalidade mais eficiente energeticamente. A Figura 3.1 e a Figura 3.2 ilustram este fato.

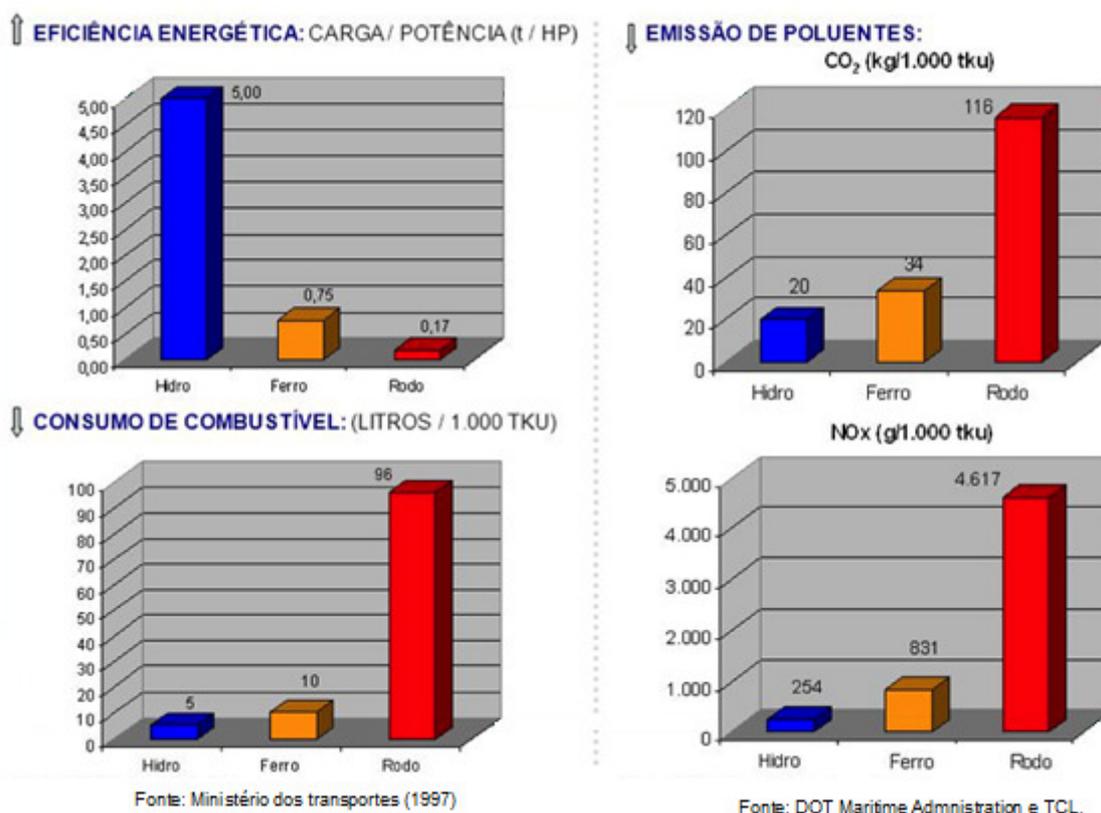
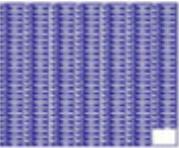


Figura 3.1: Capacidade de carga e ocupação de espaço físico, por modal de transporte.

MODAIS	HIDROVIÁRIO	FERROVIÁRIO	RODOVIÁRIO
CAPACIDADE DE CARGA	1 COMBOIO DUPLO TIETÊ (4 CHATAS E EMPURRADOR)  6.000 T	2,9 COMBOIOS HOPPER (86 VAGÕES DE 70 T) 	172 CARRETAS DE 35 t BI-TREM GRANELEIRAS 
COMPRIMENTO TOTAL	150 m	1,7 Km	3,5 Km (26 Km EM MOVIMENTO)

Fonte: Ministério dos Transportes.

Figura 3.2: Parâmetros de comparação entre modais de transporte.

Nos últimos anos, com a crescente importância dada aos impactos ambientais de obras de grande porte sobre os recursos hídricos, tem sido adotado, de forma ainda difusa e desorganizada, o conceito de minimização da necessidade de intervenções (retificações, derrocamentos, dragagens, etc.) a partir da utilização de embarcações adaptadas às características das vias fluviais. Assim, tem sido buscado o menor impacto possível sobre as condições ambientais por meio da utilização da tecnologia existente, da revisão das dimensões e das próprias concepções de embarcações.

Mesmo os atuais tipos de navegação existentes no lago, ainda, necessitam de mais incentivos para sua expansão, de forma a beneficiar a região onde a navegação é implantada, viabilizando a conquista de novos mercados, redução do custo do frete, etc.

Além dos benefícios econômicos, a navegação pode ainda produzir enormes benefícios ambientais como economia de combustível, redução de emissões de poluentes, redução do tráfego e demanda sobre as rodovias, redução de acidentes. Sua expansão pode representar um importante crédito ambiental para a região do entorno do lago de Furnas.

3.3 - Custo Logístico

O transporte é um dos componentes que mais influencia o custo Brasil, tornando o produto mais caro e diminuindo a sua competitividade no mercado internacional.

Para a escolha do modo de transporte de carga, os atributos usualmente considerados como mais importantes são o preço (frete), o tempo médio de viagem, a variabilidade do tempo de trânsito e as perdas e danos (Ballou, 2006).

No transporte em hidrovia, explicou PEGORARO (1994), há considerável ganho em energia. Com um HP movimentada 159 quilos em rodovia, 500 quilos em ferrovia e 4.000 em

hidrovia. Deste modo, o custo do frete fluvial tende a ser de 6 a 8 vezes inferior ao ferroviário e cerca de 20 vezes mais barato que o rodoviário, isso se não ocorressem fatores estranhos, como preços políticos de certos combustíveis e regulamentos ilógicos para a navegação, para o pessoal embarcado e dos portos que elevam os custos de forma irracional.

Koo & Larson (1985) destacam a importância da eficiência do sistema de transporte sobre os produtores e consumidores, além da sua vital função de ligação entre a produção e o mercado agrícola de produtos e insumos.

Caixeta (1995), avaliando as modalidades de transporte, destaca que os modos ferroviário e hidroviário requerem menores taxas de energia por t/km e menores custos de manutenção. No entanto, também destaca a necessidade de conjugação com o transporte rodoviário, o que diminui a competitividade da ferrovia e hidrovia, em jornadas de curta e média distâncias.

Segundo Rodrigues 2007, na maior parte das indústrias, a atividade de transporte representa um dos elementos mais importantes na composição do custo logístico. Nas nações desenvolvidas, os fretes costumam absorver cerca de 60% do gasto logístico total e entre 9% e 10% do Produto Nacional Bruto (PNB). Assim, a contratação de serviços de transporte deve buscar eficiência e qualidade, com base em relacionamentos de parceria.

3.4 - Furnas

Anteriormente a construção do reservatório de FURNAS, a maior parte dos municípios possuía vocação agropecuária, mas com o alagamento das áreas produtivas diversificaram suas atividades. Com o reservatório surgiram pequenos comércios e o turismo, que representa como potencial natural para geração de renda na região. Estes injetam recursos na economia local, gerando empregos e impostos para os municípios.

Furnas foi a primeira usina hidrelétrica construída pela empresa Furnas Centrais Elétrica S. A., por meio do Decreto nº 41.066 de 28 de fevereiro de 1957, sendo que a primeira unidade entrou em operação comercial em setembro de 1963. As duas últimas máquinas entraram em operação em 1974, contemplando a capacidade de 1.216 MW para um total de oito unidades.

Esse empreendimento localiza-se na parte sul do estado de Minas Gerais, situa-se a 355 km de Belo Horizonte, 580 km do Rio de Janeiro e 492 km de São Paulo. O reservatório de Furnas é considerado hoje como o “Mar de Minas” por possuir a maior extensão de água no estado de Minas Gerais e ser um dos maiores lagos artificiais do mundo. Na sua cota máxima normal (768 metros), o reservatório possui volume útil de 17.217 hm³, área alagada de 1.473 km² e perímetro de aproximadamente 3.500 km, correspondente à metade da costa brasileira. Tais dimensões tornam

o reservatório de Furnas o de maior impacto social do Brasil, influenciando diretamente 29 municípios do estado de Minas Gerais.

A formação do reservatório da UHE Furnas se deu a partir da inundação de terras produtivas dos municípios de Minas Gerais, causando grandes impactos econômicos nessa região. Em virtude dessa inundação, os municípios recebem uma compensação financeira da empresa Furnas Centrais Elétricas S. A. e buscam novas formas de geração de renda por meio dos usos múltiplos do reservatório, do turismo, da pesca esportiva, dos esportes náuticos, da agricultura e da pecuária.

Em 2001, ano da crise de energia e do crescimento de energia elétrica, esse reservatório passou por um momento crítico, no qual sua área alagada foi reduzida em 59%. O deplecionamento do lago tornou latente um problema que há muito tempo atinge as populações lindeiras. O deplecionamento de grande profundidade e com duração maior que um ano e meio provocou sérios prejuízos socioeconômicos e ambientais para os municípios da região, cujo saneamento e economia dependem diretamente da água armazenada no lago.

Dados da Associação dos Municípios do Lago de Furnas – ALAGO (2014) mostram que os principais impactos do deplecionamento foram:

- ✓ Redução no movimento de turistas;
- ✓ Diminuição da produção agrícola;
- ✓ Transtorno nas propriedades lindeiras para a dessedentação animal;
- ✓ Redução na qualidade e quantidade de peixes;
- ✓ Dificuldades para atividades comerciais de piscicultura.

Buscando a atenuação desses impactos, pretende-se mostrar que é possível a adoção de um modelo de operação que pondere os usos múltiplos da água, atendendo os interesses das populações de jusante e de montante.

Atualmente o cenário de crise energética se repete, onde o reservatório atingiu na data de 05/02/2015 segundo o ONS (Operador Nacional do Sistema) a cota de 752,80 m, cota está inferior a menor cota média mensal registrada na época da crise de 2001 de 753,17 no mês de outubro.

Apesar de os critérios operativos dos reservatórios de UHEs contemplarem os interesses regionais, priorizando as necessidades energéticas nacionais, pretende-se, neste trabalho, considerar um maior equilíbrio dos usos.

Nesse contexto, este trabalho surge com a ideia de estudar a implantação da hidrovía no lago de Furnas como forma de aproveitar sua posição geográfica, que é caracterizada por grande produção agropecuária em praticamente toda sua extensão e uma população lindeira de elevado nível socioeconômico (IDH entre 0,650 e 0,765) circundada por municípios com universidades de

alto nível pedagógico que indicam perspectivas de crescimento educacional superiores às demais regiões do estado e do Brasil.

Segundo uma pesquisa realizada com COSTA (2014) na Alago, usuários da água do lago e investidores, estabelecem a necessidade da manutenção de uma cota altimétrica mínima de 762 metros, para o nível da água do Lago de Furnas. Somente assim serão viabilizados os empreendimentos turísticos na região. Segundo COSTA (2014) é notório o prejuízo econômico provocado pela atual variação do nível da água, inviabilizando qualquer investimento na infraestrutura turística e comprometendo a sobrevivência da população ribeirinha. Sabe-se que a variação é necessária, mas também é importante o debate sobre as condições dessa variação, estabelecendo uma cota mínima economicamente viável para Furnas e para as cidades da Alago.

4 - DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

No desenvolvimento metodológico são apresentados dois modelos de avaliação da viabilidade de utilização do modal hidroviário para transportes em reservatórios. O primeiro modelo trata de mercados existentes e o segundo para mercados potenciais.

4.1 - Modelos Para Mercados Existentes

Tratando-se de mercados existentes, pode-se dispor de informações de grande relevância para avaliação dos mesmos, uma vez que existe histórico de dados. Para este modelo são apresentadas duas formas de avaliação da viabilidade de um mercado, sendo a primeira baseada na projeção do mesmo em função do histórico de informações disponíveis e a segunda na comparação de alternativas propostas.

4.2 - Projeção de Mercado

Para a projeção de mercado pode-se utilizar de metodologias já existentes, sendo estas da forma qualitativa ou quantitativa.

Os métodos qualitativos não dispõem de um modelo matemático formal, frequentemente porque os dados disponíveis não são imaginados como representativos do futuro (previsão de longo prazo). Há vários métodos qualitativos, como a abordagem Delphi ou opinião de especialista, pressupostos gerenciais, bem como as pesquisas de mercado, dados externos e pesquisa (MUN, 2010).

Nos métodos quantitativos os dados históricos das variáveis de interesse são disponíveis. Estes métodos são baseados numa análise dos dados históricos relativos à série temporal de uma variável específica de interesse e possivelmente outras relacionadas à série temporal e também examina as relações de causa e efeito da variável com outras variáveis relevantes. Essas abordagens de previsão geralmente se distribuem em três categorias:

- ✓ Séries Temporais – Realiza a análise de séries temporais sobre a forma padrão passada dos dados para, a partir daí projetar os resultados futuros. Isto funciona bem para situações estáveis em que as condições são esperadas permanecerem as mesmas. Como exemplo, podemos citar as receitas em diferentes anos, os índices de inflação, as taxas de juros, a participação no mercado, taxas de falhas, e assim por diante;
- ✓ Regressão – Prevê os resultados futuros usando relações passadas entre uma variável de interesse (variável dependente) e várias outras variáveis que podem influenciá-la (variáveis independentes). Isso funciona bem para situações em que se precisam identificar os

diferentes efeitos das diferentes variáveis. Nesta categoria se inclui a regressão linear múltipla;

- ✓ Simulação – Aleatoriamente gera muitos cenários para um modelo de previsão dos resultados possíveis. Este método funciona bem onde não se tem dados históricos, mas se pode construir o modelo da situação para analisar o seu comportamento. Atualmente a simulação de Monte Carlo é usada largamente nestas situações e os suplementos do MS-Excel são popularmente conhecidos para automatizar esta tarefa.

4.3 - Comparação entre Alternativas

O modelo de comparação de alternativas depende do estudo de projeção de mercado, porém este tem que ser fundamentado basicamente por três pontos: avaliação técnica, avaliação econômica e avaliação ambiental, ou seja, trata-se de um EVTEA. Este se fundamenta pois o mesmo é que permite avaliar uma alternativa de transporte frente a outra, buscando identificar aquela que se demonstre mais viável.

4.3.1.1. Análise Técnica

Para a análise técnica, são identificadas e analisadas todas as questões relativas aos problemas e soluções técnicas, especificando e quantificando todos os elementos imprescindíveis à configuração das alternativas de projeto, em especial:

Avaliação de cotas para o modal hidroviário: Nesta etapa são avaliadas as frequências e a variação das cotas no reservatório. A curva de permanência dos níveis no reservatório, que é confeccionada a partir de uma série histórica (média mensal), permite identificar quais níveis no lago ocorrem com maior frequência. A leitura da curva informa que em X % do tempo, o nível do reservatório ficou acima do valor Y de cota. Desta forma a curva de permanência auxilia na determinação do tipo de embarcação que se adequaria as frequentes variações de cota do lago, tornando-se possível ponderar as variações de nível do reservatório, o vão livre vertical e a profundidade do mesmo, além de permitir a identificação dos locais de maior navegabilidade. Além da permanência das cotas no reservatório, deve ser avaliado ainda, a variação das cotas durante o ano, a fim de se identificar em que época do ano as mesmas são mais propícias de ocorrer, permitindo assim efetuar o estudo de viabilidade de operação das embarcações.

Pontes em reservatórios: As pontes surgem como os principais obstáculos encontrados nos reservatórios. O levantamento das pontes tem como pretensão, auxiliar na identificação dos tipos

de veículos viáveis para transitar no reservatório em suas condições atuais, de forma que não seja necessário a adequação da via ao veículo, reduzindo assim, as intervenções, os impactos ambientais e os gastos excessivos.

Para definição das características das sessões onde se encontram as pontes, torna-se necessário definir alguns conceitos (Figura 4.1).

- ✓ Vão livre vertical (H_{vv}): é o espaço livre localizado entre a parte inferior da viga da ponte e a superfície d'água, que dá o limite superior por onde a embarcação pode passar.
- ✓ Profundidade (P): é o espaço livre localizado entre a superfície d'água e o leito do reservatório, que dá o limite inferior por onde o calado da embarcação pode passar.
- ✓ Comprimento total (L_{vn}): é o comprimento entre os pilares da ponte medido na região de maior profundidade;
- ✓ Comprimento total (L_t): é o comprimento da ponte medido da margens esquerda à direita.

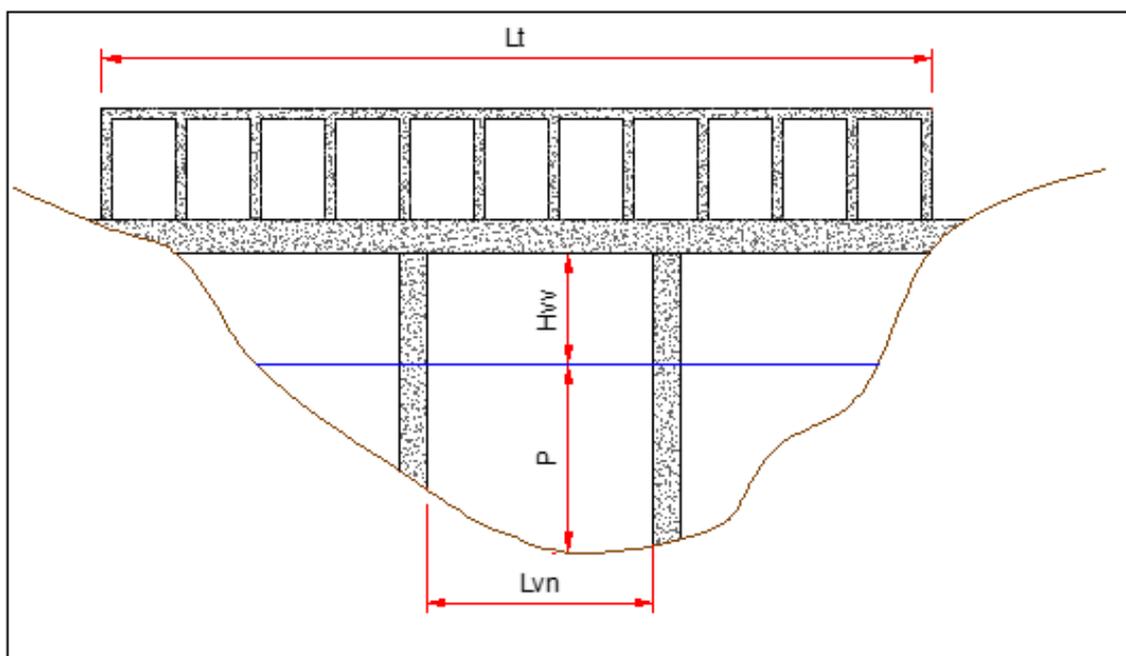


Figura 4.1: Esquema das características físicas medidas nas pontes.

Cargas e Passageiros: A definição de cargas e passageiros torna-se fundamental para caracterização do transporte a ser desenvolvido em uma região. Para essa identificação, uma das fontes de informações é a base de dados do IBGE.

Cargas: Com relação ao transporte de cargas torna-se necessário inicialmente o levantamento da produção característica da região de estudo, considerando a quantidade, as rotas e a periodicidade da produção, além de avaliar o seu potencial crescimento frente a mudança do modal de transporte.

As indústrias desempenham um papel fundamental para a viabilização da hidrovia no reservatório com relação as cargas, uma vez que a hidrovia promove alguns benefícios, tais como:

- ✓ Aumento do mercado consumidor;
- ✓ Expansão da rede de abastecimento de matéria-prima;
- ✓ Facilidade de escoamento da produção para os municípios lindeiros com custo reduzido;
- ✓ Maior confiabilidade no escoamento da produção;
- ✓ Redução de custos para o transporte da matéria-prima.

É muito importante destacar que a hidrovia poderá representar papel na distribuição de alguns produtos por meio da inserção do caminhão sobre embarcações (“ferry-boat”) em certas regiões do lago até um ponto mais próximo do destino.

Passageiros: O crescimento do transporte de passageiros depende da finalidade do transporte. A identificação desses passageiros e seus itinerários permite a avaliação da possibilidade da alteração das rotas até então realizadas nas rodovias para a hidrovia. Essa mudança proporciona principalmente maior segurança para os passageiros, menores emissões de poluentes, além da redução de veículos nas rodovias.

Um importante setor que poderá utilizar a hidrovia está relacionado à rede de atendimento a hospitais. A presença de hospitais regionais e com maior capacidade de atendimento, proporciona entre os municípios no entorno do lago um grande fluxo de pacientes até então realizado pelas rodovias existentes.

As faculdades e instituições de ensino superior também podem ser grandes colaboradores para a viabilização da hidrovia. Esses centros de educação podem oferecer um maior desenvolvimento educacional das cidades no entorno do reservatório, pois a hidrovia permitirá essa mobilização de estudantes de maneira mais rápida e segura.

Para o turismo, sempre é esperado um grande crescimento. Diversas atividades, como por exemplo os esportes náuticos, a balneabilidade e a recreação lindeira, tendem a se desenvolver.

Definição da embarcação-tipo adotada: A embarcação tipo é uma abstração que reúne as características para as quais a hidrovia é projetada, ou seja, ela é projetada para um comprimento “x” de embarcação, para uma boca “y” e para um calado máximo “z”, sendo que concomitantemente definem uma embarcação hipotética chamada tipo.

Apresenta-se aqui três tipos de embarcações:

- ✓ Automotor para transporte de resíduos sólidos urbano;

- ✓ Comboio Fluvial – balsa + empurrador – para transporte de veículos rodoviários e carga no convés;
- ✓ Embarcação de Passageiros.

Destaque especial se deve dar ao automotor de movimentação de resíduos sólidos. Trata-se de um sistema integrado de movimentação de carga com uma logística reversa da cadeia alimentar local, possui uma escala conveniente para ser atrativa ao uso de um modal de custo baixo e é uma proposta ambientalmente em acordo com as necessidades regionais.

Além dessas vantagens tem como vantagem adicional ser um sistema que pode atrair a atenção para outras cargas regionais: por exemplo as cargas em veículos rodoviários movimentando produtos rurais de pequena escala e o transporte de passageiros.

Automotor para transporte de resíduos sólidos urbano

O projeto dos automotores de resíduos sólidos leva em consideração as características socioeconômicas da região de interesse e da produção potencial. O tamanho e a capacidade destes automotores levam em consideração a produção e a frequência da coleta dos resíduos produzidos.

Os contêineres podem ser removidos verticalmente no terminal central onde se localiza a usina de beneficiamento dos resíduos sólidos. Caso o terminal não possua equipamento de transbordo do porte sugerido, a movimentação do resíduos sólidos pode ser realizada por pequenos guindastes do tipo multi articulado dotados de garras na extremidade para morder e transbordar a carga desde a embarcação até o terminal. Os guindastes serão posicionados no terminal central. Os automotores por sua vez serão equipados com compactadores de resíduos sólidos na extremidade de cada contêiner. Os terminais intermediários deverão ser dotados de lixeiras onde serão despejadas por equipamentos de transbordo hidráulicos localizados nas embarcações.

Seguem as ilustrações na Figura 4.2 e na Figura 4.3 para duas capacidades de transporte de carga.

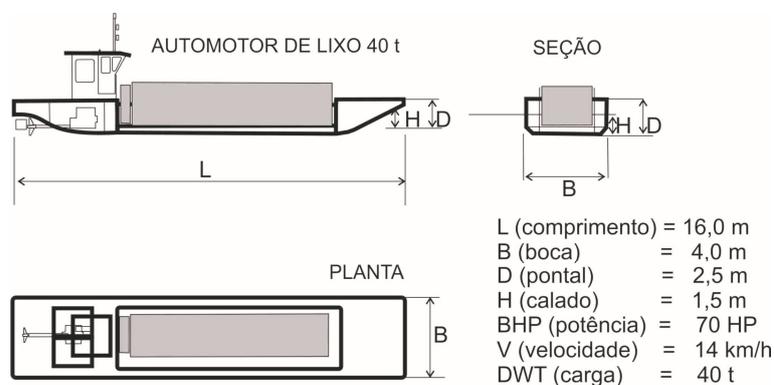


Figura 4.2: Embarcação para transporte de resíduos sólidos - Exemplo 1

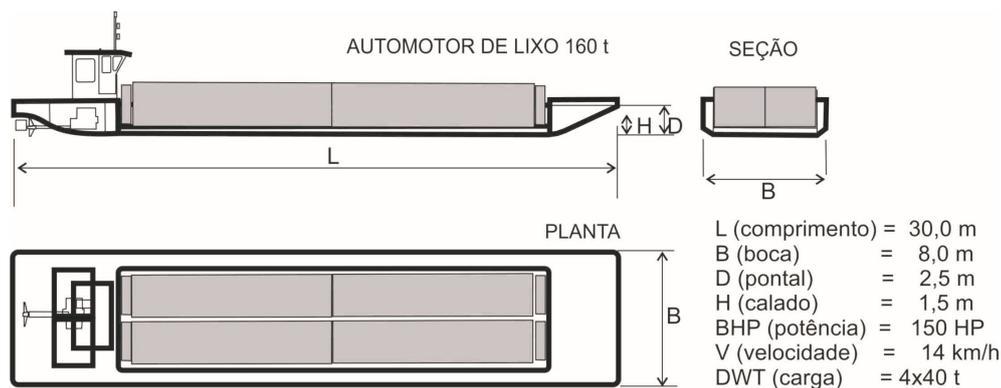


Figura 4.3: Embarcação para transporte de resíduos sólidos – Exemplo 2

Comboio Fluvial – balsa + empurrador

A concepção para esse tipo de embarcações difere substancialmente da concepção do sistema de transporte de resíduos sólidos. Neste caso as cargas que provavelmente podem migrar para a hidrovia são aquelas produzidas por pequenos produtores locais, geralmente movimentadas em pequenos e médios caminhões, e, as cargas dos produtores regionais maiores. Também eventualmente podem migrar as cargas de passagem que trafegam pelas rodovias adjacentes. Para essas cargas é mais apropriado o emprego de balsas não propelidas e de convés corrido. São barcaças mais flexíveis que as tradicionais com porões, não exigem terminais com equipamentos de movimentação de carga e podem ser carregadas ou descarregadas por meio de rampas simples posicionadas ao longo da margem do lago. Ou seja, não exigem praticamente investimentos nos terminais.

As barcaças por sua vez são movimentadas por pequenos empurradores, podendo ser movimentadas também por automotores. O sistema empurrador + barcaça dá enorme flexibilidade operacional em trajetos curtos. O empurrador pode deixar uma determinada balsa operando num terminal e levar uma outra sem grandes dificuldades operacionais: somente se exige a faina de mover os cabos de amarração por parte da tripulação.

O sistema concebido de barcaça + empurrador são ilustrados para duas capacidades de transporte, conforme apresentados na Figura 4.4 e a Figura 4.5.

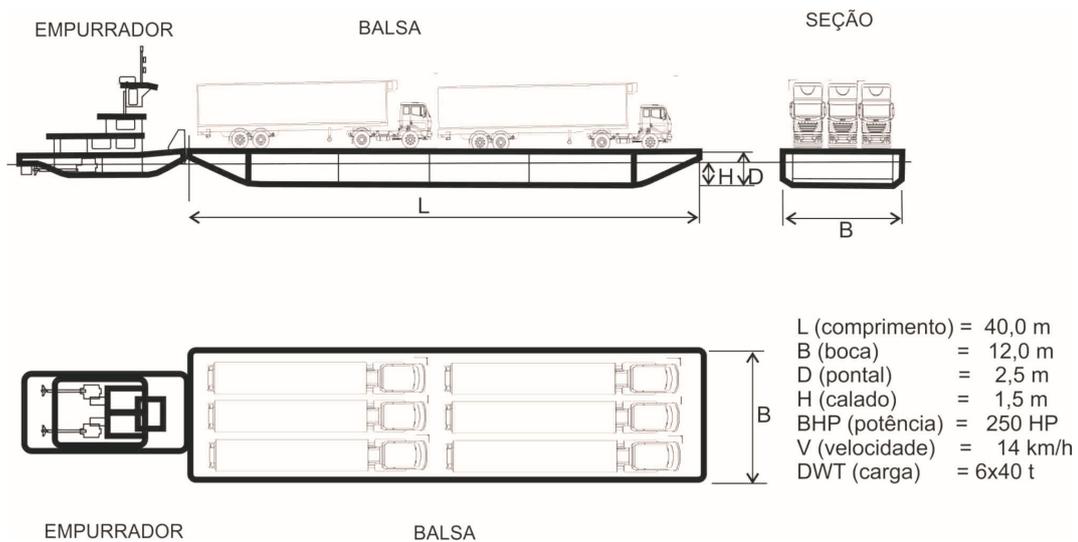


Figura 4.4: Embarcações para transporte de carretas ou cargas diversas - Exemplo 1

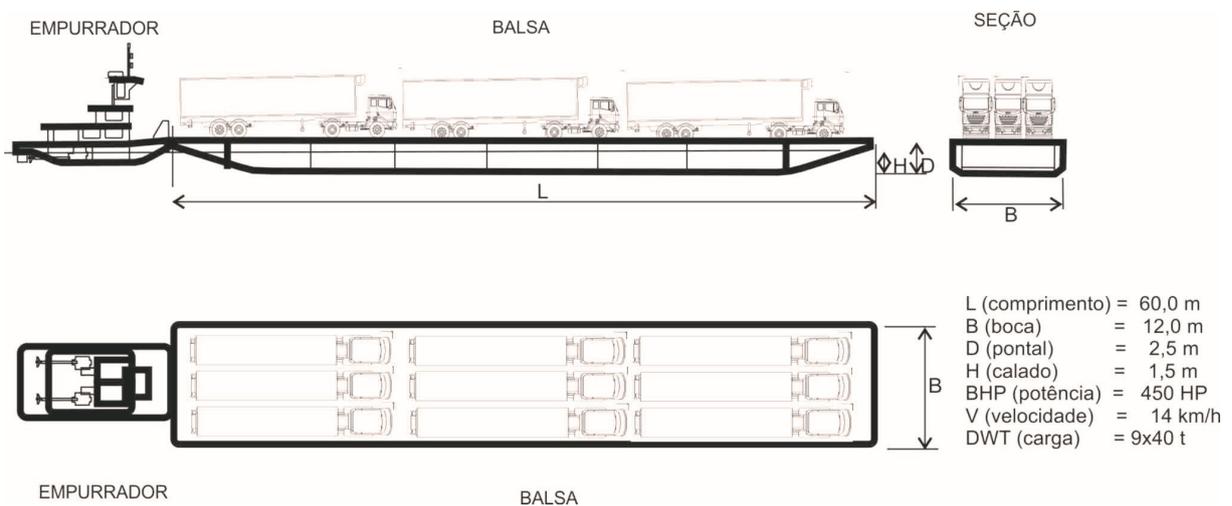


Figura 4.5: Embarcações para transporte de carretas ou cargas diversas- Exemplo 2.

Embarcação de Passageiros

São embarcações que permitem a movimentação rápida e segura de passageiros, sendo estes turistas, estudantes, dentre outros. Esse movimento pode bem ser incentivado ao se implantarem terminais multimodais simples. Um exemplo deste tipo de embarcação é apresentada na Figura 4.6 que representa o transporte de passageiros entre Catamarã até Guaíba.



Figura 4.6: Transporte de passageiros - Catamarã Porto Alegre - Guaíba. (Foto: CatSul).

Condições de Navegabilidade: A análise das condições de navegabilidade está relacionada a avaliação de cotas do reservatório, buscando identificar as que permitem uma correta navegação de acordo com as embarcações definidas no projeto. Toma-se como base a avaliação de cotas anteriormente realizada, juntamente com a caracterização das pontes (Principais obstáculos) e a definição das embarcações, para que se torne possível a avaliação das condições de navegabilidade. Nesta etapa é definida a cota mais adequada para que ocorra a melhor navegabilidade no reservatório.

Rotas navegáveis: Para definição de uma possível hidrovia, torna-se necessário a realização de um estudo de possíveis rotas que se desenvolveriam. Através de uma pesquisa de campo e de análises de fluxos de mercadorias em estradas existentes ao redor do reservatório é possível a definição de rotas iniciais. O desenvolvimento de novas rotas se dariam de acordo com o desenvolvimento econômico da região após a mudança do modal de transporte.

Portos e terminais: Os portos fluviais destinam-se, basicamente, ao transbordo das cargas dos meios de transportes terrestres para as embarcações e vice-versa. Buscando o adequado funcionamento desta finalidade, os portos fluviais devem dispor das facilidades necessárias, de um lado ao acesso dos veículos terrestres, e do outro lado, ao acesso de embarcações.

Os portos devem ainda dispor de equipamento básico essencial à movimentação das cargas e de depósitos destinados à armazenagem das mercadorias. Necessitam também de uma série de facilidades acessórias, tais como oficinas, estaleiros de manutenção e reparos, sistema de

abastecimento de combustíveis e víveres, etc, que permitam a execução de trabalhos complementares durante os períodos forçados de imobilização dos veículos.

Um terminal hidroviário apresenta como consequência várias peculiaridades. O esquema operacional em um terminal intermodal possui diferenças entre o processo básico dos modais rodo e ferroviário, como por exemplo, a classificação e pesagem são feitos depois do descarregamento, trazendo consequências para a estrutura física do terminal.

Segundo Andrade (2002), um terminal hidroviário é composto por:

- ✓ Canal de acesso e egresso: Corresponde à interface com a hidrovia. Deve ter dimensões e características adequadas; em determinados casos é necessário executar obras de infraestrutura para a atracação e fundeio condizentes com a embarcação crítica;
- ✓ Região de fundeio: É a região onde as chatas, cheias ou vazias, ficam posicionadas aguardando carga/descarga ou, simplesmente, o transporte. Face à baixa incidência de vento, ondas e correntes, muitas vezes não são necessárias obras de infraestrutura de acostagem, podendo a barça se posicionar, fundear na própria margem da hidrovia, dependendo precisamente, das restrições da via. Por isso, as embarcações podem ser fundeadas ao longo da margem;
- ✓ Área de evolução: A área de evolução por sua vez, é uma região virtual, onde serão realizadas as manobras das chatas; suas dimensões são fixadas em função do comboio crítico que frequentará o terminal;
- ✓ Sistema de atracação: Espaço reservado para atracação da embarcação, onde equipamentos de transbordo executam o carregamento ou descarregamento da embarcação. Pode ser provido de berços, com certa infraestrutura portuária, ou então, em casos específicos pode ser a própria margem da via, onde as chatas são carregadas ou descarregadas.

Sinalização: Define-se aqui sinalização como o conjunto de sistemas, recursos visuais, sonoros, radioelétricos, eletrônicos, que permitam ao navegante conduzir o navio com segurança e economia. Quando tratamos de sinalização nos dias de hoje, o navegante dispõe de sofisticados equipamentos que oferecem precisão de posicionamento em tempo real, cartas náuticas mais detalhadas, impressas ou digitalizadas.

Para a hidrovia em reservatórios existem algumas regras especiais para o balizamento fluvial e lacustre, que serão descritas a seguir (DHN):

- ✓ Quando as hidrovias interiores possuírem características semelhantes ao ambiente marítimo, relacionadas principalmente com a retitude do curso ou com a distância das margens, a sinalização utilizada deve ser a prevista para o balizamento marítimo;

- ✓ Quando as hidrovias interiores apresentarem características que impeçam a utilização dos sinais citados no item acima (balizamento marítimo), devem ser usados os sinais complementares também tratada na norma NORMAM-17/DHN (2008).

O auxílio da navegação é projetado e utilizado para aumentar a segurança e a eficiência da navegação. Nessa categoria são considerados os auxílios visuais, sonoros e radioelétricos. Seguem as definições da 3ª Edição da NORMAM-17/DHN (2008):

- ✓ um auxílio visual à navegação pode ser natural ou construído pelo homem;
- ✓ os auxílios sonoros são utilizados no Brasil, basicamente, para a sinalização de plataformas de perfuração e exploração submarina; e
- ✓ um auxílio radioelétrico será sempre considerado de forma independente, mesmo que esteja instalado em um auxílio visual, em função da informação transmitida ao navegante ser distinta daquela do auxílio visual onde porventura esteja instalado.

4.3.1.2. Análise Econômica

A análise econômica para determinação do modal mais viável frente as cargas e passageiros a serem transportados em uma região de estudo, deverá ser devidamente apresentada e discriminada, tendo em vista a construção de cenários: situação atual e alternativas propostas. Deverão ser indicados os custos e gastos envolvidos em cada alternativa, considerando, no mínimo:

- ✓ Custos de implantação: deverão ser demonstrados os custos com execução dos estudos e projetos, construção da obra (incluindo a supervisão) e eventuais serviços a serem executados particularmente para a hidrovia;
- ✓ Custos de conservação;
- ✓ Custos de manutenção;
- ✓ Custos operacionais;
- ✓ Custos de tempo de viagem;
- ✓ Outros custos.

Torna-se necessário então a busca de valores de referência que poderão ser utilizados para composição dos custos envolvidos na mudança do modal de transporte. RODRIGUES et al (2008), apresenta alguns custos unitários referente a construção do empurrador e da balsa, conforme apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Custos unitários para construção do empurrador e da balsa.

Descrição	Custo Unitário
Aço Estrutural	R\$/ton
Aço empurrador	R\$ 7,500.00
Amarração e Fundeio	R\$/unid.
Molinete	R\$ 180,000.00
Deck Winches	R\$ 15,000.00
Ancoras e amarras	R\$ 10,000.00
Cabeços, buzinas e rodetes	R\$ 15,000.00
Equipamento de Salvatagem	R\$/unid.
Balsas infláveis 10 pessoas	R\$ 12,000.00
Bote de resgate e berco	R\$ 15,000.00
Sistema de Combate de incêndio	R\$/unid.
Sistema Hi Fog	R\$ 150,000.00
Deteccção e alarme de incêndio	R\$ 100,000.00
Extintores portáteis	R\$ 100.00
Propulsão	R\$/Potência
Grupo geradores Principais	R\$ 825,295.04
Motores Elétricos	R\$ 275,098.35
Propulsores azimutais	R\$ 825,295.04
Sistema de Lastro, Esgoto Incêndio	R\$/unid.
O.D,O.L, Água Pot.; e Refrigeração	
Separador de água e óleo	R\$ 25,000.00
Purificador de O.D e O.L	R\$ 50,000.00
Compressores de ar e reservatório	R\$ 25,000.00
Sistema tratamento sanitário 10 pessoas	R\$ 25,000.00
Hidrofor de água doce e salgado	R\$ 3,000.00
Grid-Box Coolers	R\$ 60,000.00
Sistema de Carga no Convés	R\$/unid.
Guindaste telescópico	R\$ 200,000.00
Auxiliares	R\$/unid.
Holofote Busca	R\$ 3,000.00
Bússola	R\$ 2,000.00
Luzes de navegação	R\$ 60,000.00

No fluxo de caixa da análise financeira devem ser considerados como investimentos os gastos operacionais, que são os gastos com a manutenção das condições de navegabilidade da hidrovia e as despesas de manutenção das instalações implantadas (pessoal e serviços).

Com base nas potencialidades de cada alternativa estudada, e na metodologia adotada, poderão ser definidos e calculados os benefícios que resultarão da realização dos investimentos da hidrovia. Os benefícios passíveis de identificação e de cálculo para fins de avaliação nos estudos de viabilidade técnico-econômica de uma hidrovia são definidos como benefícios diretos e indiretos.

Os benefícios diretos são resultantes de investimentos que impliquem em minimização dos custos de transporte, tais como:

- ✓ Redução dos custos operacionais;
- ✓ Ampliação das atividades econômicas na área;
- ✓ Redução dos custos generalizados de transportes;
- ✓ Redução da emissão de poluentes, pela utilização de modais menos poluentes;
- ✓ Redução dos custos de acidentes, apropriados conforme o tipo de obra e, conseqüentemente, conforme o tipo de tráfego considerado.

Os benefícios Indiretos são decorrentes do desenvolvimento socioeconômico da região em face dos investimentos realizados, tais como:

- ✓ Melhoria da acessibilidade, inclusive a novos mercados;
- ✓ Modificações nos usos do solo;
- ✓ Maior circulação de bens;
- ✓ Reaplicação das terras para fins mais produtivos;
- ✓ Obtenção de economias de escala;
- ✓ Melhoria do padrão de vida das populações estabelecidas na área de influência do projeto.

A avaliação do efeito dinâmico do investimento em infraestrutura de transportes na área de influência do estudo deverá estar relacionada à previsão da atividade econômica e sua demanda por serviços de transporte e também aos benefícios computados em função do ganho dos usuários do sistema de transportes objeto do estudo.

Para fins de avaliação da viabilidade dos empreendimentos em estudo, deverá ser elaborada, para cada alternativa considerada, uma análise comparativa entre os custos envolvidos na realização dos empreendimentos e os benefícios que deles se esperam.

Um importante conceito a ser considerado durante a análise econômica está relacionado a preferência de um usuário frente aos modais de transportes disponíveis. Para isso apresenta-se o conceito de utilidade, que em economia, significa satisfação. Conforme a Figura 4.7, a utilidade, ou satisfação, que um determinado bem ou serviço fornece a um determinado consumidor, é uma função crescente a partir de zero, com incrementos decrescentes. O sentimento de satisfação, portanto, a utilidade associada a um determinado bem econômico varia de consumidor para consumidor.

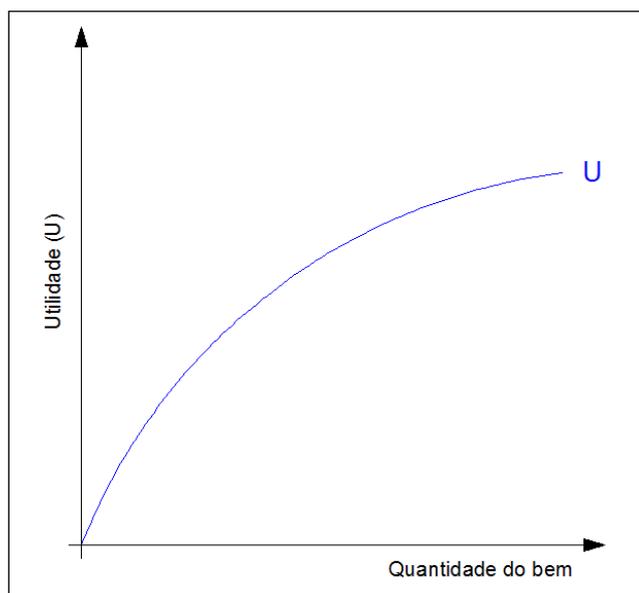


Figura 4.7 - Curva de Utilidade.

Outra questão de grande importância está relacionada ao capital a ser aplicado na implantação das alternativas de modais de transporte. Para capital próprio utiliza-se de taxa de desconto superiores as obtidas no mercado, buscando maior retorno para o investidor. Quando trata-se de bens passíveis de financiamento, utiliza-se de taxa de juros aplicadas no mercado e assim com valores menores, pois a alavancagem passa a ser obtida em instituições financeiras.

4.3.1.3. Análise Ambiental

A avaliação de impactos ambientais relacionados a hidrovias é um assunto bastante complexo, devido às diversas dimensões englobadas nos processos de implantação e operação de hidrovias. A dimensão dos impactos não é apenas espacial, mas também temporal, envolvendo esferas sociais, ecológicas e econômicas. Nesse contexto, os impactos ambientais de hidrovias são discutidos de maneira geral, considerando os diferentes elementos de uma hidrovia, organizados em um espaço físico e temporal.

A fase de implantação consiste basicamente na construção de terminais, eclusas e obras de dragagem e derrocamento, para regularização do leito e para possibilitar a navegação em determinados trechos. Os impactos ambientais relacionados aos terminais e eclusas, quanto à implantação, variam dependendo do local específico e dos tipos de mercadorias que serão embarcadas/desembarcadas no local. Usualmente, as áreas úmidas são aterradas convertendo o habitat de áreas úmidas em habitat terrestre urbanizado. Além disso, os impactos são aqueles relacionados ao desmatamento, em alguns casos, da mata ciliar, aos impactos referentes às dragagens e derrocamentos das margens, e também sobre a disposição final dos resíduos de

construção, que deve ser feita de maneira adequada para não ocorrer poluição do local, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010).

É necessário na fase de implantação a realização de obras de estabilização e proteção de margens de cursos d'água, sob o ponto de vista hidráulico, para manter a seção do curso d'água estável e dentro dos limites estabelecidos para sua utilização, como via de navegação. A ação das ondas e correntezas sobre as margens arrastam o material constituinte, provocando erosão das margens por meio do próprio escoamento, vento, operação de estruturas hidráulicas ou pelo movimento das embarcações (BRIGHETTI e MARTINS, 2001). Assim sendo, essas obras podem causar a modificação do habitat das margens, acarretando na perda da vegetação e na alteração da dinâmica dos organismos que dela dependem.

Uma vez efetuadas as obras de implantação da hidrovia, e com as atividades de transporte hidroviário acontecendo normalmente, outros impactos ambientais podem ocorrer. Basicamente, os impactos ambientais que ocorrem na fase de operação da hidrovia estão relacionados com os movimentos de embarcações e com a manutenção das vias, por meio das mesmas obras e dinâmicas comentadas na fase de implantação.

A operação sobre os terminais que pode ocasionar problemas ambientais está relacionada às atividades de manuseio e transbordo de cargas perigosas, ao abastecimento de embarcações, e à lavagem dos tanques e barcaças. Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), as cargas perigosas são quaisquer cargas que, por serem explosivas, como os gases comprimidos ou liquefeitos, inflamáveis, oxidantes, venenosas, infecciosas, radioativas, corrosivas ou poluentes, possam representar riscos aos trabalhadores, às instalações físicas e ao meio ambiente em geral.

Com a hidrovia em operação, ocorre um aumento na migração populacional e no desenvolvimento urbano na área de influência direta e indireta, resultando em impactos econômicos positivos de grande escala para os municípios abrangidos. Porém, esse desenvolvimento também pode ocasionar alguns impactos ambientais para a área de influência, advindos de atividades de terceiros. Como consequência de algumas dessas atividades, tem-se a transformação do ambiente fluvial e natural, acarretando mudanças na flora, fauna, clima, solo e na qualidade e disponibilidade de água. Dessa forma, deve ser feito um acompanhamento das atividades econômicas da área de influência em questão, a fim de levantar os problemas ambientais associados à hidrovia e minimizá-los de acordo com a legislação ambiental vigente.

Apesar desses impactos citados anteriormente, ao ser comparada com as demais modalidades de transportes, principalmente com as modalidades terrestres - o rodoviário e ferroviário - a hidrovia pode ser considerada como aquela que, talvez, cause menos impactos

sociais e ambientais, pois a via já é existente, ou seja, não necessita de grandes obras de infraestrutura para a sua implantação. Sob o ponto de vista ambiental, e também econômico, o transporte hidroviário diminui a exaustão de recursos naturais, proporcionando menor consumo de combustíveis; menor peso necessário para transportar 1 tonelada de carga útil; maior tempo de vida útil dos veículos; e menor custo de implantação.

4.4 - MODELOS PARA MERCADOS POTENCIAIS

Quando trata-se de mercados potenciais, não existem informações de grande relevância para avaliação dos mesmos, uma vez que não existe histórico de dados. Neste modelo portanto torna-se necessário utilizar de ferramentas que permitam uma avaliação potencial de implantação desses novos mercados. Uma grande base de informações são os modelos espaciais, que permitem a extração de distâncias e a locação dos possíveis mercados demandantes e dos ofertantes de serviços. As análises espaciais são realizadas a partir de um banco de dados geográficos, onde são efetuadas combinações e cruzamentos de dados por meio de operações geométricas e topológicas cujo resultado é a geração de novos dados.

São apresentadas neste trabalho duas formas de avaliação da viabilidade de um mercado potencial, sendo a primeira baseada no transporte de cargas e o segundo baseado no transporte de passageiros.

4.4.1.1. Transportes de Cargas

Para o transporte de cargas propõe-se aqui um modelo de localização de centros de processamento de produtos. Estes centros de processamento são identificados a partir de um modelo de busca envolvendo ferramentas de análises espaciais.

Considerando regiões onde os insumos estão dispersos, este modelo busca localizar os centros de processamento com melhores custo benefício. A metodologia de busca pode ser realizada utilizando distâncias lineares (dl) ou distâncias físicas (df) (distâncias reais) entre o centro supridor de insumos (S) e os centros de processamento (P).

Em uma primeira etapa considera-se que as distâncias das fontes de insumos até os centros de processamento são lineares. Este tipo de metodologia é muito utilizado em indústrias para locação de painéis elétricos, colocação de unidades de processamento de utilidades, tais como ar comprimido, em função do ponto de demanda. A Figura 4.8 representa graficamente este modelo que considera distâncias lineares entre o centro supridores de insumo e os centros de processamento.

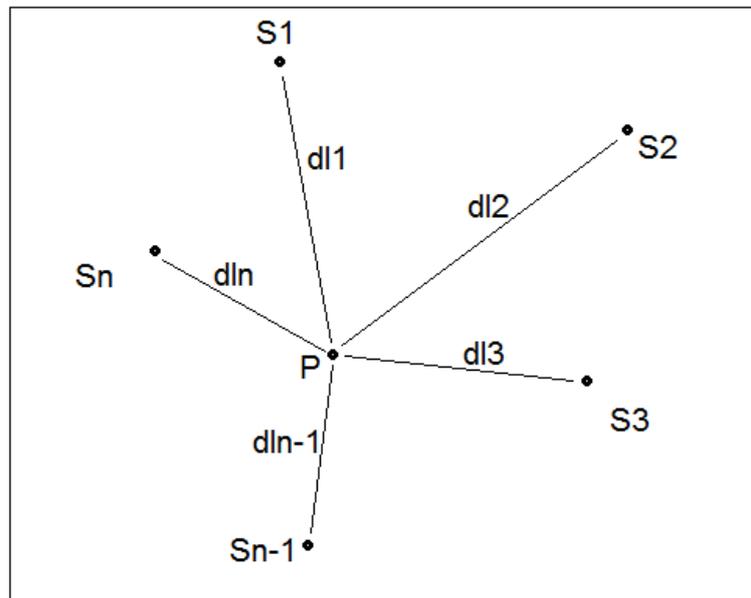


Figura 4.8: Modelo de localização do centro de processamento para distâncias lineares.

Para determinação do local mais adequado para o centro de processamento busca-se minimizar as distâncias entre os centros supridores de insumo e os centros de processamento para uma determinada carga (L). A Equação 4.1 representa este processo de busca.

$$\text{Min } Z(x_p, y_p) = dl_1 \times L_1 + dl_2 \times L_2 + \dots + dln \times L_n \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde:

- ✓ dl – Distância linear entre o centro supridor de insumo e o centro de processamento;
- ✓ L – Carga a ser transportada;
- ✓ (xp, yp) – Coordenadas do ponto de processamento.

Considera-se agora que as distâncias das fontes de insumos até os centros de processamento são as físicas, ou distâncias reais. Este tipo de metodologia pode ser utilizado para localização de locais para instalação de centros de processamento de produtos tais como cana-de-açúcar, eucalipto, café, dentre outros.

A Figura 4.9 representa graficamente este modelo que considera distâncias físicas entre o centro supridores de insumo e os centros de processamento.

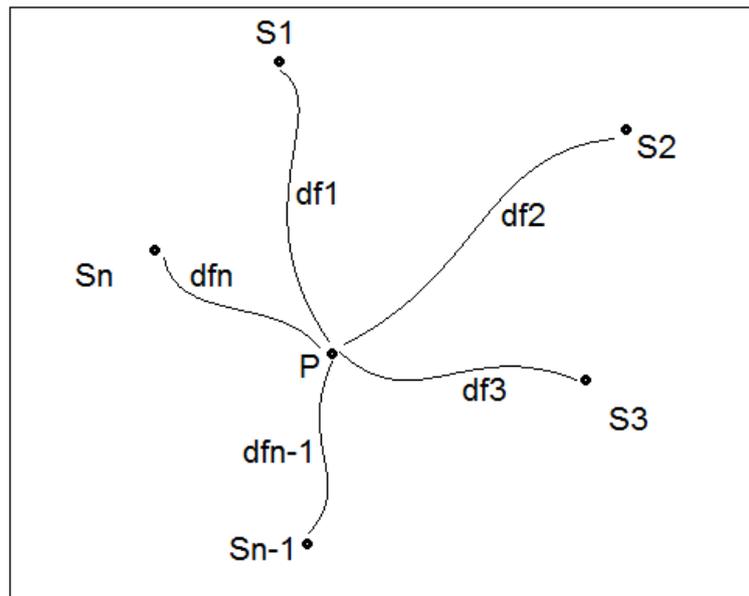


Figura 4.9: Modelo de localização do centro de processamento para distâncias físicas.

Da mesma forma que o processo de busca para distâncias lineares, para a determinação do local mais adequado para o centro de processamento busca-se minimizar as distâncias entre os centros supridores de insumo e os centros de processamento para uma determinada carga (L). A Equação 4.2 representa este processo de busca.

$$\text{Min } Z(xp, yp) = df1 \times L1 + df2 \times L2 + \dots + dfn \times Ln \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde:

- ✓ df – Distância física entre o centro supridor de insumo e o centro de processamento;
- ✓ L – Carga a ser transportada;
- ✓ (xp, yp) – Coordenadas do ponto de processamento.

Para este método de identificação do centro de processamento considerando distâncias físicas, cabe acrescentar duas formas fundamentais de transporte para este trabalho, os de distâncias entre o centro supridor de insumo e o centro de processamento utilizando apenas um modal de transporte e o que considera dois ou mais modais de transporte.

Quando o processo de transporte considera apenas um modal de transporte, considera-se como distância entre o centro supridor de insumos e o centro de processamento a própria distância percorrida. Já para o processo envolvendo mais de um modal de transporte, tem-se o conceito de distância equivalente, que reflete a transformação da distância percorrida por exemplo para o modal hidroviário em distância equivalente rodoviária. Tal transformação permite comparar as distâncias entre duas localidades considerando o mesmo parâmetro. Para determinação da

distância equivalente utiliza-se da distância hidroviária elevando a mesma por um fator α (Equação 4.3). Este fator relaciona todas as preferências ou rejeição de um modal frente ao outro, tais como custos, emissão de poluentes, segurança no transporte, dentre outros.

$$d_{Eq-Rodo} = (D_{Hidro})^\alpha \quad \text{Equação 4.3}$$

4.4.1.2. Transporte de Passageiros

Para o transporte de passageiros propõe-se aqui um modelo de determinação de fluxos potenciais entre centros demandantes e centros ofertantes. O centro ofertante, aqui é representado como uma região de atração. Define-se aqui como centro ofertante (O) o local que dispõe de passageiros para realização de transportes e como centro demandante (D) o local que demanda estes passageiros. A Figura 4.10 representa uma disposição fictícia destes centros de passageiros.

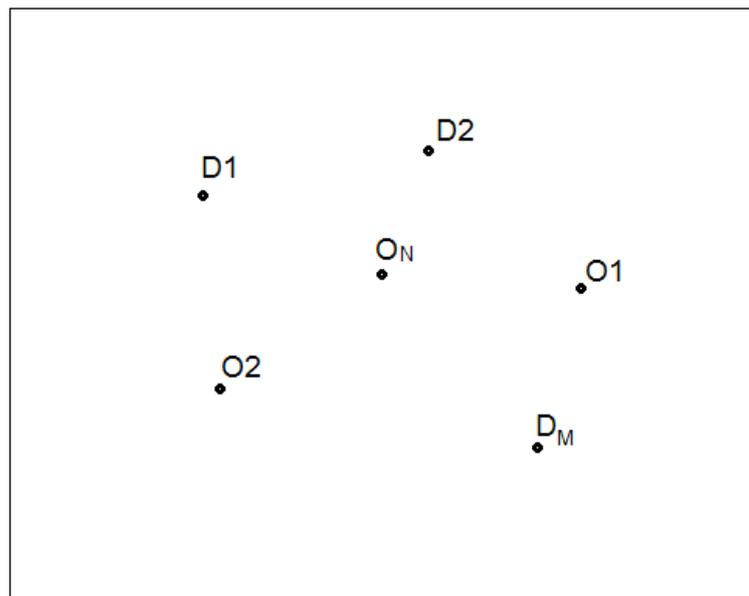


Figura 4.10: Disposição de centros de oferta e demanda de passageiros.

Para definição dos locais preferenciais de deslocamentos dos passageiros, propõe-se neste modelo a determinação de um peso (W) que representa a preferência que um certo passageiro do centro ofertante tem em efetuar o deslocamento em relação aos centros demandantes por um determinado modal de transporte (Equação 4.4).

$$W_{m,n} = A_m \times I(d_{i,n,m}) \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde:

- ✓ A_m – Representa a magnitude relativa de atração de um centro ofertante em relação a um centro demandante;
- ✓ $I(d_{i,n,m})$ – representa a influência de um centro ofertante em função da distância.

O potencial de atração, definido aqui como atração, pode ser influenciada por um ou mais atributos, tais como qualidade do serviço, tempo, custos, dentre outros.

A Figura 4.11, que corresponde a um modelo unitário, representa a influência de atração de passageiros $I(d_{i,n,m})$ em função da distância (d_i).

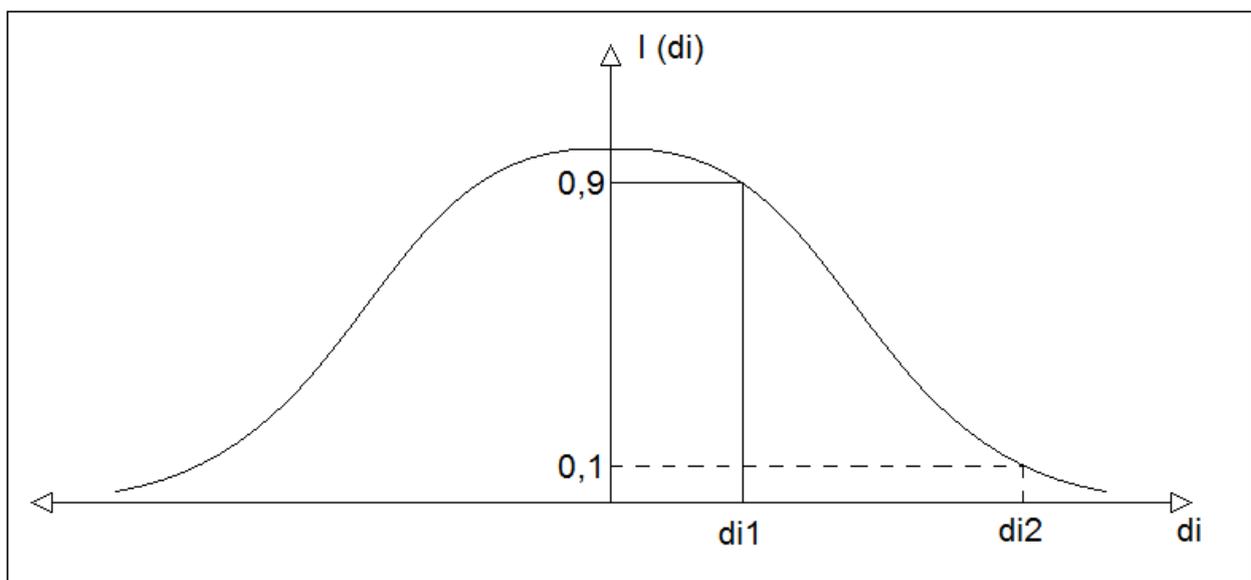


Figura 4.11: Modelo Unitário.

Percebe-se que a influência do centro ofertante em relação ao centro demandante diminui mais expressamente a medida que a distância aumenta.

Tal como apresentado no item anterior que trata de transportes de cargas, as distâncias a serem percorridas pelo transporte de passageiros, também podem ser as distâncias físicas que são aquelas que quando o processo de transporte considera apenas um modal de transporte, e é representada pela própria distância percorrida, ou quando o processo de transporte envolve mais de um modal de transporte, e tem-se o conceito de distância equivalente, que reflete a transformação da distância percorrida por exemplo para o modal hidroviário em distância equivalente rodoviária.

Com o intuito de realizar o balanço entre a oferta e a demanda de passageiros de uma região em estudo, propõe-se a introdução de um centro externo a área de influência, permitindo assim a

migração dos passageiros para áreas externas, uma vez que naturalmente este processo acontecem em ocasiões reais.

A demanda atendida entre dois locais, centro ofertante e centro demandante, pode ser definida como sendo a ponderação do peso ($W_{m,n}$) dos locais, combinado com a demanda do centro demandante, e dividindo pela soma de todos os pesos envolvidos no processo de deslocamento em uma área de influência (Equação 4.5). Cabe ressaltar que algumas condições de contorno podem ser relacionadas neste processo de determinação dos fluxos de passageiros.

$$D_{m,n} = \frac{W_{m,n} \times D_n}{\sum_{i=1}^m W_{m,i}} \quad \text{Equação 4.5}$$

O processo de distribuição dos passageiros se dá sempre respeitando a oferta de pessoas de cada centro ofertante e do centro demandante.

5 - APLICAÇÃO PARA O LAGO DE FURNAS

Na região da UHE de Furnas, que é semelhante ao cenário brasileiro no que se refere ao transporte hidroviário, a navegação no reservatório, atualmente, restringe-se a movimentos insipientes: esportivos, turísticos (grande parte particular), pesca amadora e transporte de passageiros em 9 “ferry-boats” que interligam alguns municípios lindeiros.

O reservatório de Furnas tem condições de explorar seu potencial de navegação de maneira mais eficiente e racional. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que determinadas condições de navegabilidade, definidas pelos níveis máximos e mínimos da água no reservatório, bem como restrições à passagem de embarcações como pontes, variações na topografia de fundo do reservatório, bancos de areia, dentre outros, sejam estudadas.

O transporte de cargas por hidrovias ainda não faz parte da realidade da região, apesar de ser grande produtora de café, grãos e outros produtos agrícolas, além de ter potencial crescente na produção de cana-de-açúcar. Tais produtos, ao serem transportados em hidrovias, podem reduzir os custos atribuídos ao frete, acidentes e outras externalidades que acentuam os preços dos produtos da região, podendo dessa forma afetar negativamente a atratividade dos mesmos no mercado.

5.1 - Descrição da área de estudo

Para este trabalho foram definidas duas áreas de estudo, sendo a primeira de influência direta para implantação da hidrovia e a segunda de influência indireta. Com a delimitação dessas áreas, pretende-se orientar o estudo e a avaliação da influência dos municípios ao redor do reservatório da hidrelétrica de Furnas. A Figura 5.1 apresenta os municípios das áreas de influências considerados neste trabalho, enquanto a Tabela 8.1 e a

Tabela 8.2, inseridas em anexo a este trabalho, apresentam suas respectivas áreas territoriais inseridas nas áreas de influência direta e indireta, respectivamente.

Na primeira área de influência são considerados todos os municípios lindeiros ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas, que possivelmente desempenharão com maior frequência a utilização da hidrovia. Ao total foram identificados 29 municípios com área total aproximada de 14.600,00 km², sendo apenas dois desses uma exceção neste trabalho, pois mesmo não banhando o reservatório, foram considerados diretamente afetados por estarem localizados em uma região entre os municípios lindeiros.

A segunda área de influência foi determinada mediante o traçado de uma área com raio de 100 km a partir do eixo principal previsto para a hidrovía. Tal estimativa de área foi realizada por profissionais ligados ao projeto os quais julgaram-na suficiente para avaliar a influência sobre a hidrovía. Foram identificados 101 municípios, sendo uma área total aproximada de 46.900,00 km².

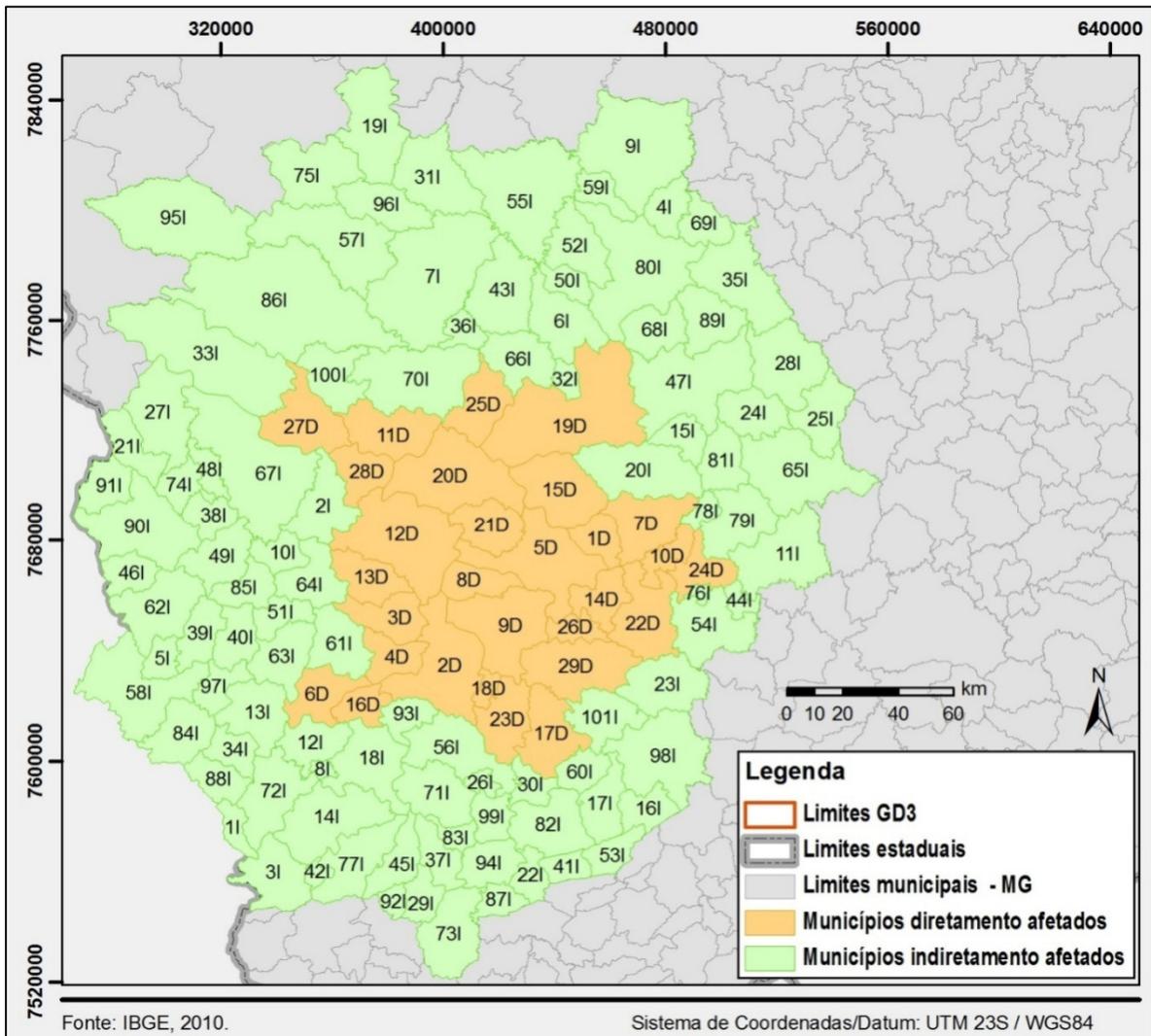


Figura 5.1: Localização dos municípios pertencentes à área de influência direta e indireta.

A região de estudo, contemplando as áreas de influência direta e indireta, é cortada por diversas rodovias estaduais e federais, abrigando ainda alguns aeroportos municipais de pequeno porte.

Entre as rodovias, destacam-se MG-050 e a BR-381, que atendem tanto ao turismo na região do Reservatório de FURNAS quanto ao escoamento da produção industrial e agrícola, principalmente para a exportação, além de ligar a unidade de gestão às principais capitais do país: Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo (Figura 5.2).

Os produtos agrícolas da região do entorno do lago de Furnas são escoados por rodovias de interligação entre os municípios lindeiros, onde um terço delas são estradas de terra. Além disso, o mau estado de conservação e sinalização inadequada de boa parte das vias prejudica o transporte dos produtos e aumentam o risco de acidentes nas estradas.

As características geográficas do lago, em termos de acesso, podem ser vistas como outra barreira aos produtores lindeiros, já que o reservatório possui uma área alagada de cerca de 1.473 km² e aproximadamente 3.500 km de perímetro, características estas que os produtores devem transpor dia-a-dia, por vias terrestres, para escoar a produção que tende a se expandir com a introdução da cana-de-açúcar.

Os aeroportos presentes na região de estudo são de pequeno porte e são utilizados para o transporte de passageiros e pequenas cargas, realizados por algumas empresas de taxi aéreo, mas não possuindo horários fixos de voos. Os aeroportos estão localizados nos municípios de Alfenas, Boa Esperança, Campos Gerais, Campo Belo, Campo do Meio, Formiga, Paraguaçu, São José da Barra e Três Pontas (Figura 5.3).

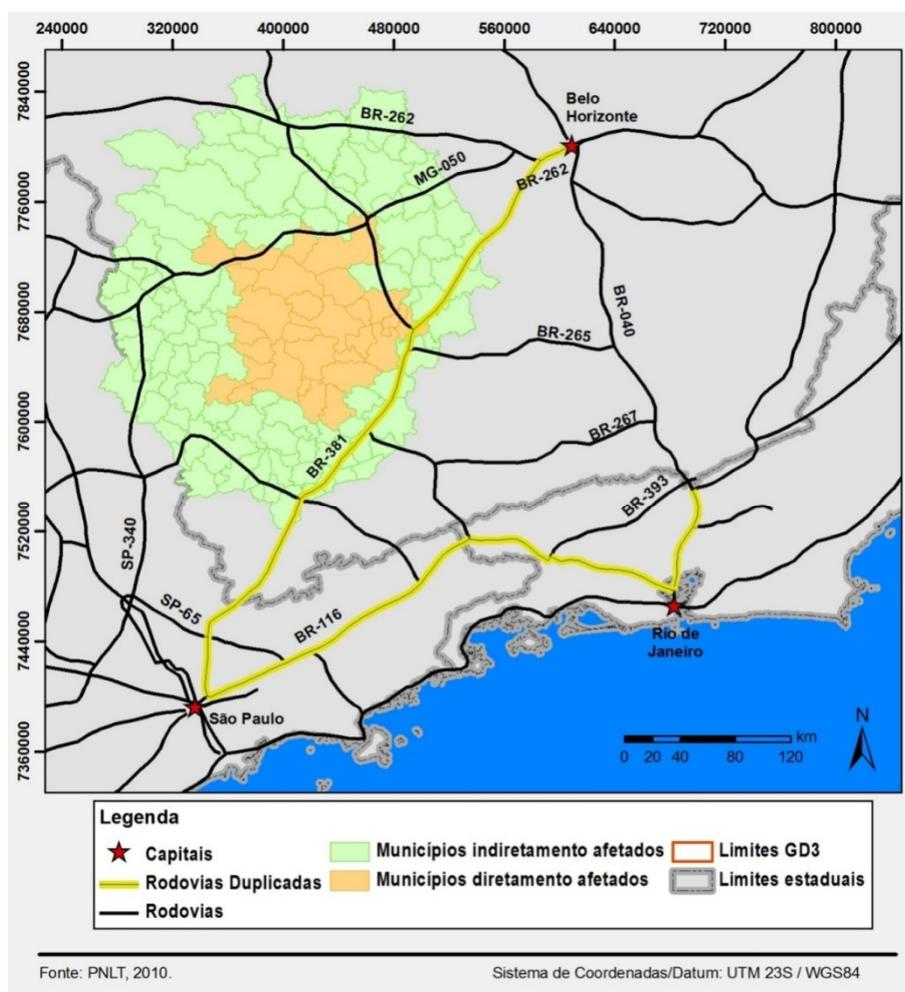


Figura 5.2: Principais rodovias da região.

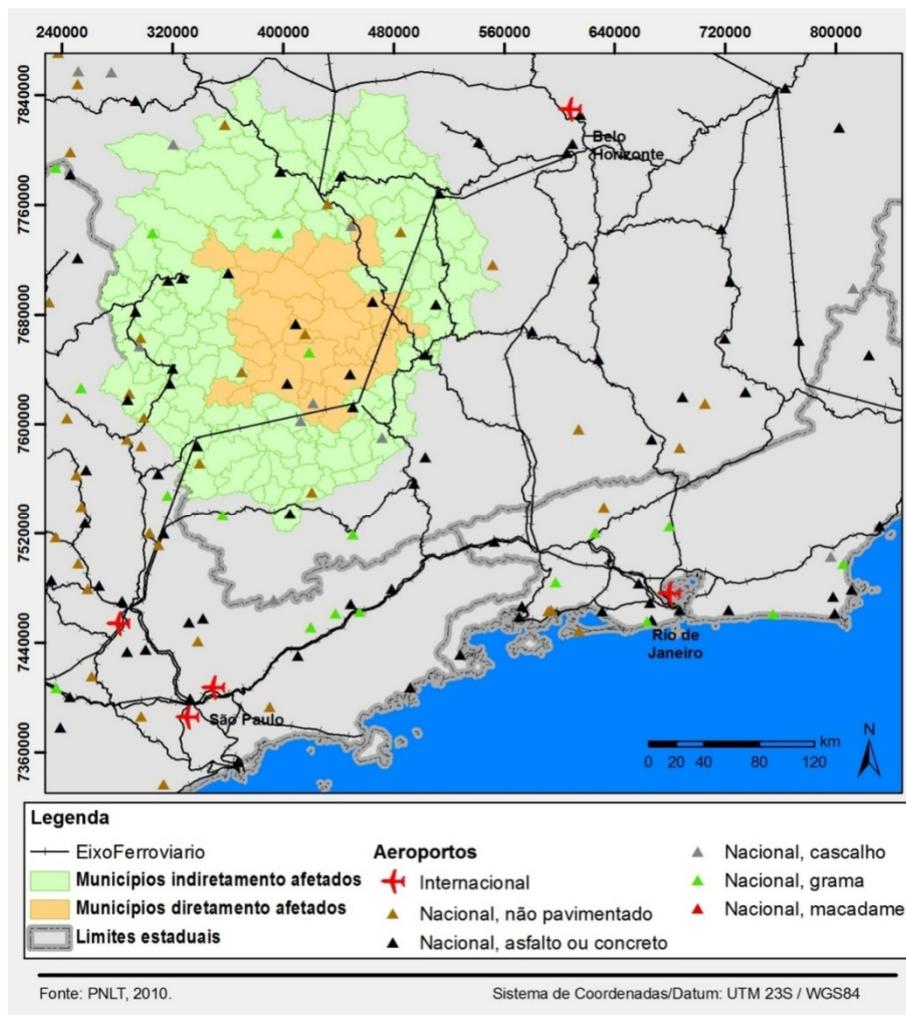


Figura 5.3: Principais ferrovias e aeroportos da região.

O lago de Furnas é abastecido por diversos rios, que nascem em diferentes partes do estado de Minas Gerais e São Paulo, fazendo parte da cabeceira da bacia do rio Grande. Na Figura 5.16 é ilustrada a hidrografia dos principais rios afluentes ao lago de Furnas, destacando as áreas de influência direta e indireta.

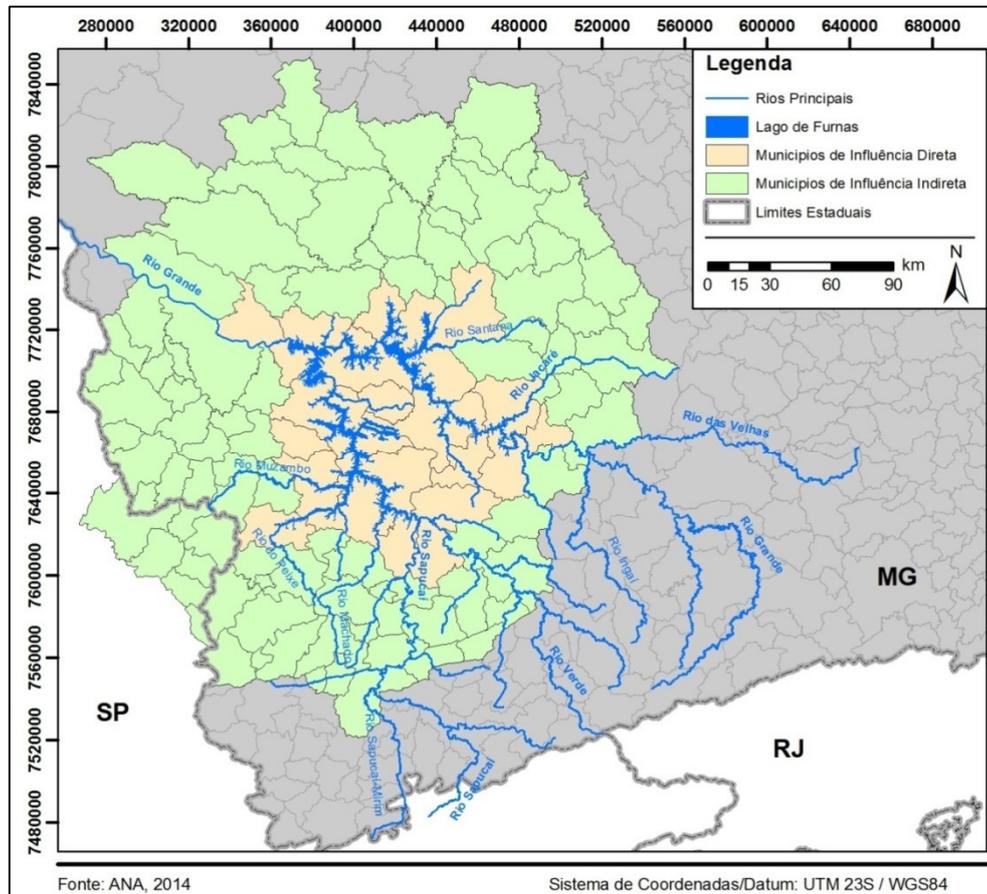


Figura 5.4: Hidrografia principal afluente ao lago de Furnas.

A maior parte do volume de abastecimento do reservatório de Furnas é proveniente de três grandes rios: rio Grande, rio Sapucaí e rio Verde.

O rio Grande é um rio federal, que nasce no sul de Minas Gerais, dentro do município de Bocaina de Minas, a uma altitude de cerca de 1.850 m, próximo à divisa com município de Alagoa (MG). Ao percorrer aproximadamente 1.360 km, ele se encontra com o rio Paranaíba para formar o rio Paraná. Ele percorre 486 km de sua nascente até desaguar no lago de Furnas entre os municípios de Perdões e Nepomuceno, com uma área de drenagem de aproximadamente 15.000 km². Nesse percurso possui como principais afluentes os rios Turvo Grande, do Cervo e Ingaí, pela margem esquerda, e o rio das Mortes, pela margem direita.

O rio Sapucaí é um rio federal e possui talvez de aproximadamente 343 km de comprimento, sendo 34 km dentro do estado de São Paulo e o restante atravessando o estado de Minas Gerais. O rio Sapucaí desaguava no rio Grande antes da construção do lago de Furnas. Forma atualmente um dos principais “braços” do lago. A sua nascente localiza-se na Serra da Mantiqueira, na cidade de Campos do Jordão (SP), a uma altitude de aproximadamente 1.650 m, e atualmente deságua no lago de Furnas entre os municípios de

Paraguaçu e Três Pontas. Sua bacia hidrográfica possui uma área de drenagem com aproximadamente 9.500 km², abrangendo um total de 40 municípios. Os principais afluentes do rio Sapucaí são os rios Sapucaí-Mirim, do Cervo e Dourado, na margem esquerda, e os rios Lourenço Velho e Turvo, na margem direita.

O rio Verde nasce nas vertentes da Serra da Mantiqueira, no limite dos municípios de Passa Quatro e Itanhandu, próximo à divisa dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, a aproximadamente 2.600 m de altitude. Antes da criação do lago de Furnas, o rio Verde desaguava no rio Sapucaí, na divisa entre os municípios de Elói Mendes, Três Pontas e Paraguaçu. Atualmente, após seu percurso de 275 km, inteiramente no estado de Minas Gerais, deságua no lago de Furnas, praticamente nos mesmos limites de sua foz no rio Sapucaí. O rio Verde possui como principais afluentes os rios Lambari e Palmela, pela margem esquerda, e os rios Baependi, Peixe e o ribeirão da Espera, pela margem direita. Sua bacia hidrográfica abrange 23 municípios, com uma área de drenagem de aproximadamente 6.900 km².

Na Figura 5.5 são apresentadas as vazões médias dos rios Grande, Sapucaí e Verde, assim como de outro importante rio que nasce dentro dos limites da área de influência indireta, rio Jacaré, que também deságua no lago de Furnas. Nota-se que as contribuições são diretamente proporcionais às áreas de drenagem desses rios, de comportamento hidrológico bastante semelhante ao longo do ano, sazonalidade bem definida, com as maiores vazões ocorrendo entre dezembro e fevereiro e as menores, entre julho a setembro.

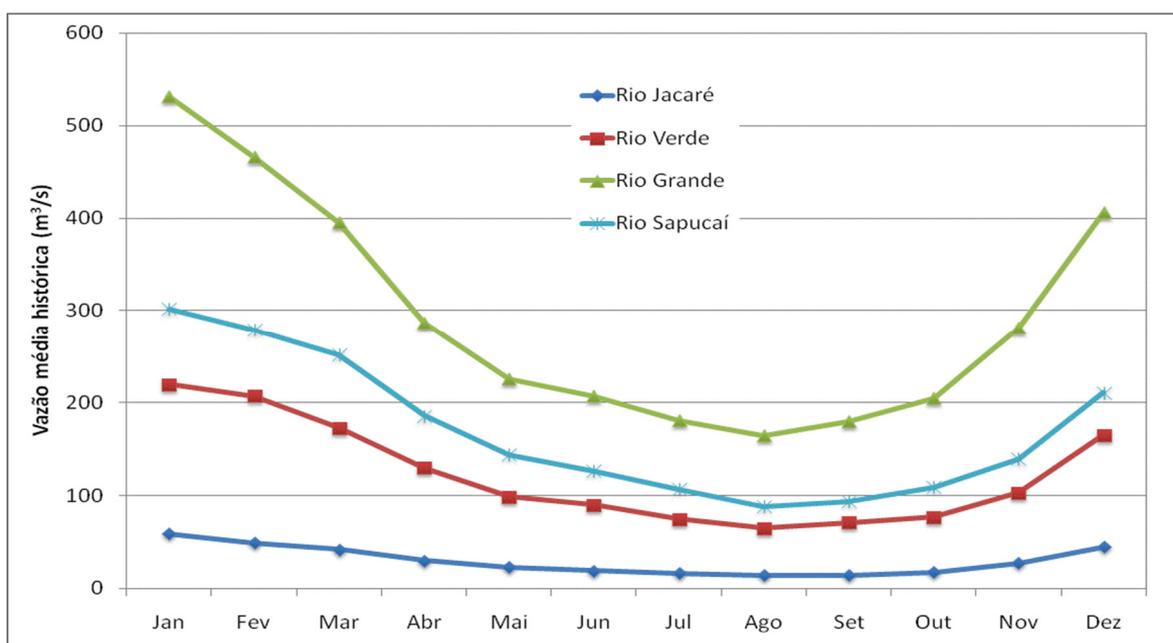


Figura 5.5: Vazões médias mensais dos principais rios contribuintes do lago de Furnas.

Quanto ao deflúvio, o rio Grande é o principal contribuinte do lago de Furnas, apresentando as maiores vazões entre os rios analisados. As vazões dos rios Sapucaí e Verde são da mesma ordem, porém o rio Sapucaí apresenta vazões ligeiramente maiores, se caracterizando como o segundo maior contribuinte. No total, esses rios são responsáveis por aproximadamente 65% do volume total que abastece o lago diariamente, garantindo a manutenção do nível d'água do reservatório e permitindo seu uso para diferentes atividades, como a navegação, além de contribuir na diluição de efluentes no reservatório.

5.2 - Possíveis rotas para a hidrovia de FURNAS

A maioria dos produtos é hoje em dia transportada por caminhão ou em pequenas caminhonetes desde a zona de produção (pequenos sítios) para a zona de consumo via de regra localizada nas cidades. É uma logística rodoviária típica de produtos de baixa capacidade de movimentação e de curta distância. Essa situação é perversa e normalmente penaliza o pequeno produtor ao aumentar sobremaneira seus custos de transporte, reduzindo o lucro auferido.

Alternativas de curto prazo para viabilizar a hidrovia do reservatório de FURNAS seriam a implantação de rotas que permitiriam a circulação da produção agropecuária de municípios limieiros, transporte de passageiros e o transporte de resíduos urbanos.

Para definição da possível hidrovia, apresenta-se um estudo de possíveis rotas. Através de uma pesquisa de campo e de análises de fluxos de mercadorias ao redor do reservatório de FURNAS foi possível identificar uma inviabilidade aparente quanto a substituição do transporte rodoviário de cargas que circulavam pelas rodovias que margeiam o reservatório.

Duas rotas são sugeridas para a movimentação de cargas por via aquaviária e que serão avaliadas neste trabalho:

- ✓ - Rota Longitudinal: Furnas – Perdões;
- ✓ - Rota Transversal: Deslocamentos de terminais das cidades limieiras a um ponto economicamente viável, formando uma espécie de uma malha de transportes.

A rota Longitudinal surge da necessidade da migração do grande fluxo de cargas da MG-050 e que praticamente acompanha o reservatório por cerca de 100 km. A proposta desta migração proporcionaria maior confiabilidade no deslocamento de carga até o encontro da BR-381, além de proporcionar descanso dos caminhoneiros ao longo do percurso, com caminhão embarcado.

A rodovia MG-050, também chamada Newton Penido, com extensão total é de 406,7 quilômetros, se inicia em Belo Horizonte e termina no município de São Sebastião do

Paraíso, próximo à divisa com o estado de São Paulo, conforme representado na Figura 5.6 pelo traçado na cor azul. Porém neste trabalho avalia-se a possibilidade de traçarmos um percurso misto entre os modais rodoviário e hidroviário (Traçado Vermelho), deslocando-se de São Sebastião do Paraíso até Furnas por meio da MG-050 por 85 km de rodovia, de Furnas até Perdões por 216 km de hidrovia e, por fim, de Perdões até Belo Horizonte por meio da BR-381 por 211 km, totalizando assim um percurso de 512 km. Segundo o anuário a rodovia MG-050 contou com um tráfego de 20.533.629 veículos no ano de 2013, que corresponde a uma média diária de 56.257 veículos.

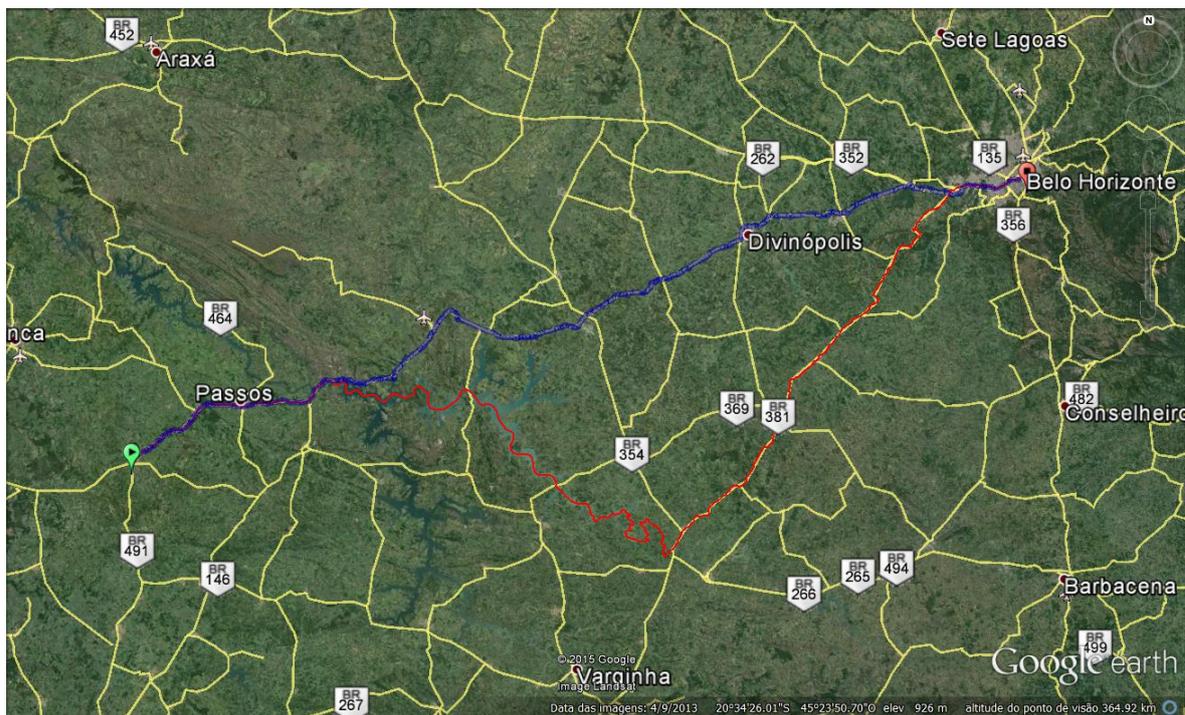


Figura 5.6: Rota Longitudinal.

A rota denominada transversal está relacionada com o deslocamento de cargas consideradas potenciais no interior do reservatório, que basicamente estão relacionadas a produção agrícola e a de resíduos sólidos produzidos nos municípios lindeiros (Figura 5.7).

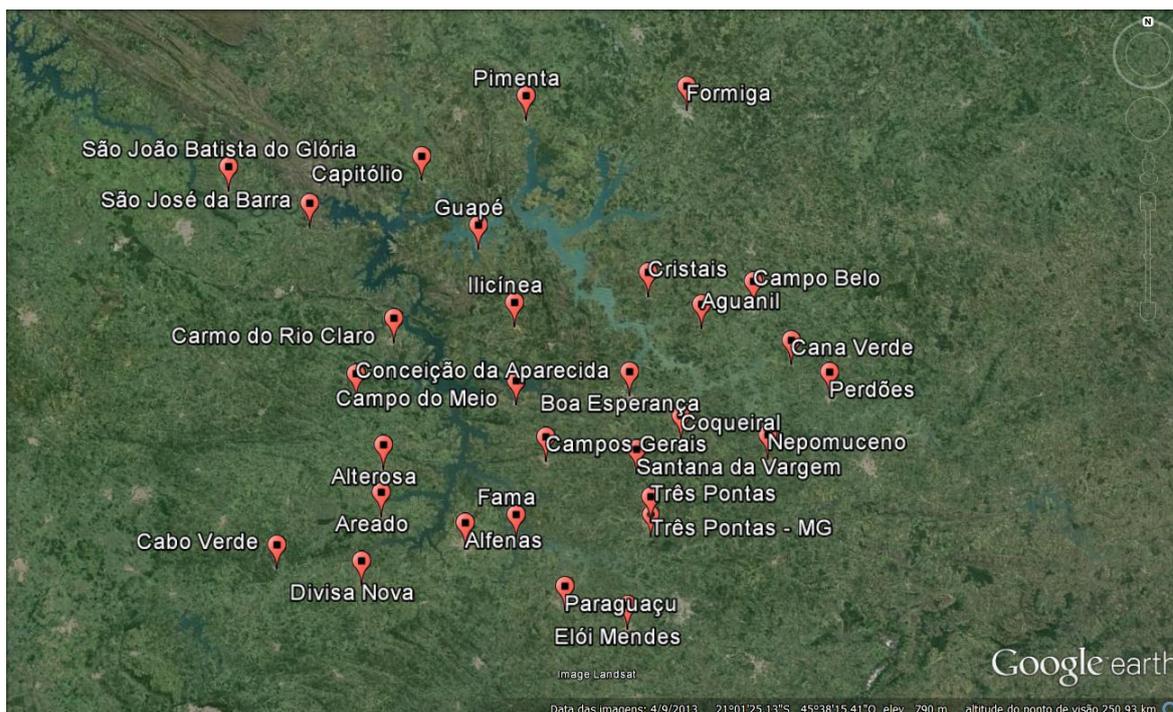


Figura 5.7: Regiões prioritárias para o estabelecimento de rotas.

O desenvolvimento desta rota de mercadorias proporciona a conversão para um ponto comum no reservatório onde seriam desenvolvidos o seu processamento ou até mesmo uma transferência de modal de transporte.

Uma vez implantada, a hidrovia do reservatório de FURNAS poderá proporcionar ainda boas perspectivas de incorporação de outros bens até então de pouca representatividade na região, tais como produção de eucalipto, cana de açúcar e calcário, sendo este último produzido na região de Arcos. Estes produtos ganhariam a possibilidade de uma circulação entre os municípios lindeiros com custos bem reduzidos de deslocamento, proporcionando assim a viabilização de novas áreas de produção e também de um local de processamento dos mesmos.

Vale apenas contemplar ainda a possibilidade de ligação com outras regiões que viabilizariam a implantação da hidrovia. Os itens que seguem sugerem ligações, sendo a primeira a cidade de Pouso Alegre através do rio Sapucaí, a segunda o rio São Francisco através do dique de Capitólio e a terceira a hidrovia do rio grande.

5.2.1.1. Interligação com a cidade de Pouso Alegre

A cidade de Pouso Alegre passa nos últimos anos por um processo acelerado de industrialização. Sua localização às margens da BR 381 (Fernão Dias) e com uma grande

facilidade de atingir a via Dutra por meio da BR 459, tem grande influência em tal industrialização.

A implantação de um meio de comunicação hidroviário por meio do rio Sapucaí até o lago do reservatório de FURNAS, além de facilitar o escoamento de parte de sua produção, também poderia reduzir custos de matéria prima para suas indústrias.

Para que esta interligação torne viável é necessário avaliar a possibilidade de eclusas na implantação de usinas hidrelétrica já inventariadas no rio Sapucaí, que permitiriam o deslocamento ao longo deste trecho.

Partindo do reservatório de FURNAS, a primeira usina hidrelétrica seria Balsa da Cachoeira, que possui seu nível de jusante totalmente influenciado pelas cotas do reservatório (768 m) e seu nível de montante na cota 777 m.

Uma vez na cota 777 m caminha-se para a usina hidrelétrica inventariada Guaipava, que está localizada no final do reservatório da usina hidrelétrica Balsa da Cachoeira. O nível de jusante da usina hidrelétrica de Guaipava está na cota 777m e o nível de montante na cota 792m, ou seja, consegue-se por um processo de transposição de nível atingir a cota 792m.

Analisando o perfil longitudinal do rio Sapucaí, temos que na região de pouso alegre o mesmo atinge o nível de 808 m aproximadamente. Para uma embarcação localizada no reservatório da usina hidrelétrica Guaipava atingir a cota 808m, bastaria apenas agora o vencimento de 16 metros contando com a implantação dos aproveitamentos hidrelétricos anteriormente citados, que poderiam ser realizados por meio de pequenas barragens neste trecho sem vocação energética, que garantiriam o calado suficiente para as embarcações.

Tal avaliação permite então interligar a cidade de Pouso Alegre ao reservatório de FURNAS, conforme apresentado na Figura 5.8.

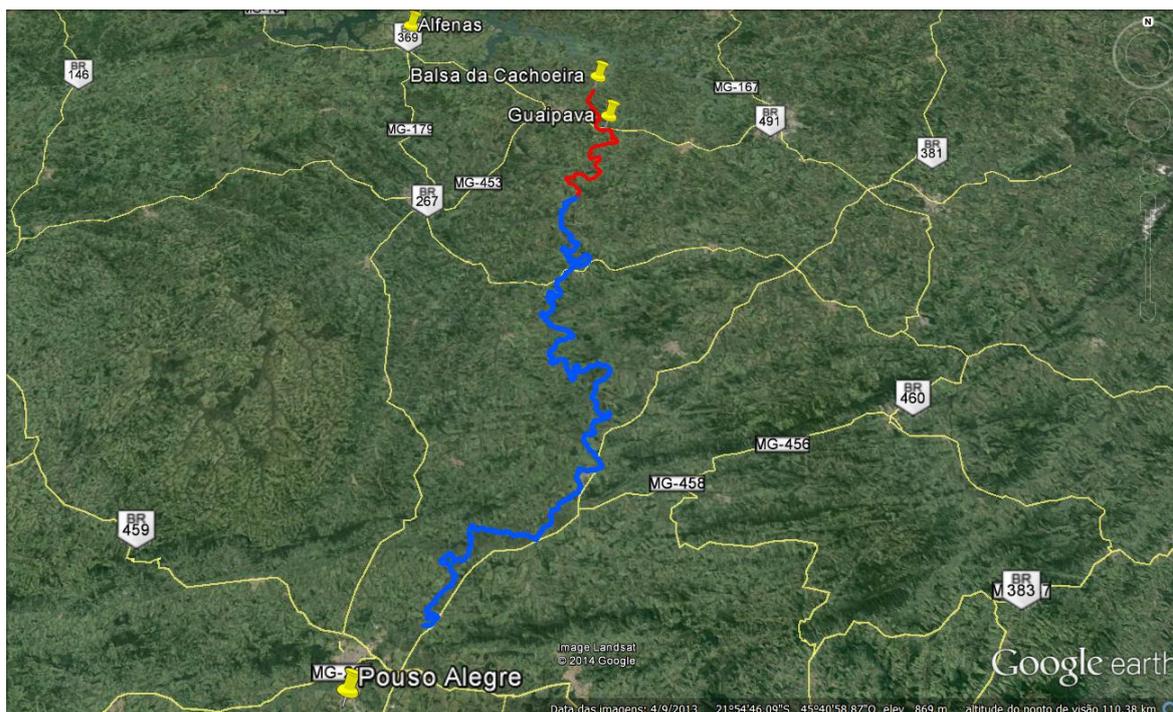


Figura 5.8: Interligação Pouso Alegre ao reservatório de FURNAS.

5.2.1.2. Interligação com o rio São Francisco

A interligação do reservatório do lago de FURNAS com o rio São Francisco se torna possível mediante a histórica transposição do rio Piumhi para o rio São Francisco, que anteriormente drenava para o rio Grande. Tal transposição foi realizada no período entre o final da década de 50 e início dos anos 60 em consequência da construção da Usina Hidrelétrica de FURNAS no rio Grande, bacia do Paraná.

Segundo o projeto de Furnas, quando as comportas fossem fechadas, o volume da água da represa inundariam parte da cidade de Capitólio, além de extensa planície alagada, conhecida na época como Pântano do rio Piui, até atingir a bacia do São Francisco, conectando, assim, duas diferentes bacias hidrográficas. A alternativa para solucionar o problema foi, então, a interceptação do rio Piumhi na bacia do rio Grande com a construção de um dique, denominado Dique de Capitólio, e a transposição das águas do Piumhi, para a bacia do São Francisco.

O rio Piumhi tem sua cabeceira localizada na Serra da Confusão divisa entre municípios de Vargem Bonita e Piumhi, ao centro oeste do Estado de Minas Gerais. Com a transposição do Piumhi para a bacia do São Francisco, a bacia hidrográfica do rio Piumhi passou a apresentar uma área de 663 km² e seu curso principal uma extensão de aproximadamente 73 km. A partir da confluência com o córrego da Estiva seu curso atravessa uma extensa área sujeita a inundações até o dique de Capitólio (Figura 5.9), de

aproximadamente 7.000 ha. Dentre os seus afluentes destacam-se pela margem direita os córregos: Gamela, Estiva, Cachoeira, Onça, Mutuca, Penedo, Água Limpa, e ribeirão Pavões. Pela margem esquerda destacam-se o córrego da Serra, ribeirão dos Almeidas, Ribeirão das Minhocas e córrego Pari Velho (carta geográfica do IBGE de Furnas, escala 1:250.000).



Figura 5.9: Dique interceptor do rio Piumhi no município de Capitólio – MG

Efetivada a transposição das águas da bacia do Piumhi, o novo divisor de água entre a bacia do rio Grande e a do São Francisco passou a ser, então, o Dique de Capitólio. Dessa forma, a região hidrográfica do rio Piumhi, que antes pertencia a bacia do rio Grande, foi incorporada à bacia hidrográfica do São Francisco. De acordo com as informações hidrológicas disponibilizadas no Atlas (2007), a vazão média transposta foi da ordem de 14 m³/s.

Essa transposição permite então neste cenário de estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação da hidrovia do lago de FURNAS propor a interligação do reservatório ao rio São Francisco. Esta interligação será possível mediante a algumas obras de transposição de nível, retificação e dragagem.

5.2.1.3. Hidrovia do Rio Grande

Uma revisão dos critérios operativos dos reservatórios de hidrelétricas traria, de pronto, um significativo incremento na navegabilidade de importantes rios do país. Ou seja: com a frequência e intensidade que se esvazia os reservatórios de regularização, pode-se, de forma conservadora, considerar navegável apenas os trechos entre os barramentos e as cotas mínimas dos reservatórios. Entretanto, caso se fixe a cota máxima, transformando reservatórios de regularização em fio d'água, os trechos potencialmente navegáveis iriam do barramento até a cota máxima operativa.

Para o rio Grande no nível mínimo de operação nos reservatórios são 510 quilômetros navegáveis, enquanto, no nível máximo, passa para 736 quilômetros. Um aumento de cerca de 40%, sem investimentos. Paralelamente, fica, assim, restando apenas 69 quilômetros sem navegabilidade. Em verdade, ficam faltando poucos trechos entre barragens de montante e reservatórios de jusante, que poderiam estar incluídos nas soluções de transposição, como canais paralelos, com pequenas eclusas, o que aumentaria ainda mais a capilaridade da hidrovia.

Finalmente, há de se destacar a conveniência de grandes reservatórios para as hidrovias. Não pelos seus volumes, mas, sim, pelas áreas inundadas. Melhor dizendo: pelos seus perímetros.

Uma proposta inicial para a hidrovia do rio grande se dá segundo a Figura 5.10 que representa um traçado de um canal de navegação que permite a passagem onde antes era impedida pelas áreas influenciadas pelo deplecionamento dos reservatórios.

Cabe ressaltar ainda que um modelo de operação de reservatórios que priorize a comunhão de interesses, ou seja, menor deplecionamento do mesmo, reduz o alcance destas áreas sem navegação.

As eclusas não necessariamente devem estar localizadas próximas as barragens. Estas podem ser distribuídas em pequenas eclusas ao longo dos canais de integração que aumentam assim a área de atuação da hidrovia.

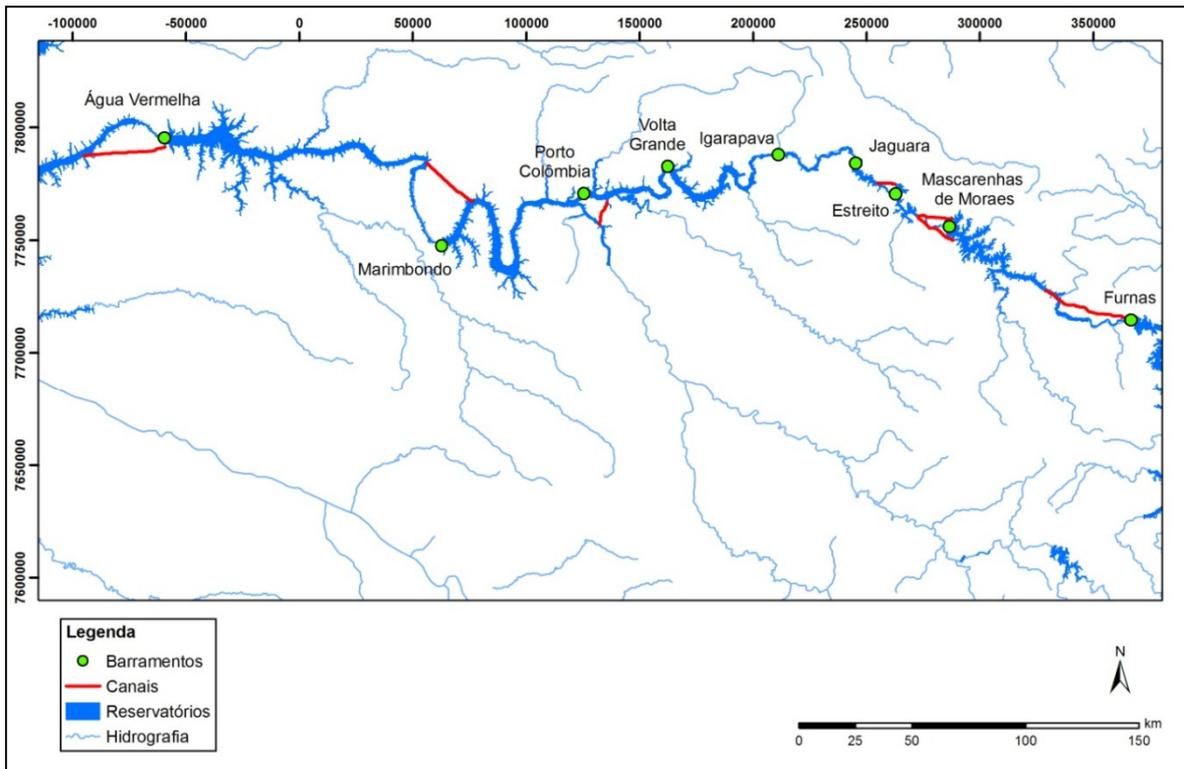


Figura 5.10: Proposta de uma hidrovía para o rio Grande, através de canais e lagos de hidrelétricas.

Da Figura 5.11 até a Figura 5.15 são apresentados os caminhos identificados por meio de uma simulação que utiliza ferramenta de geoprocessamento para identificação do melhor caminho para interligação de reservatórios.

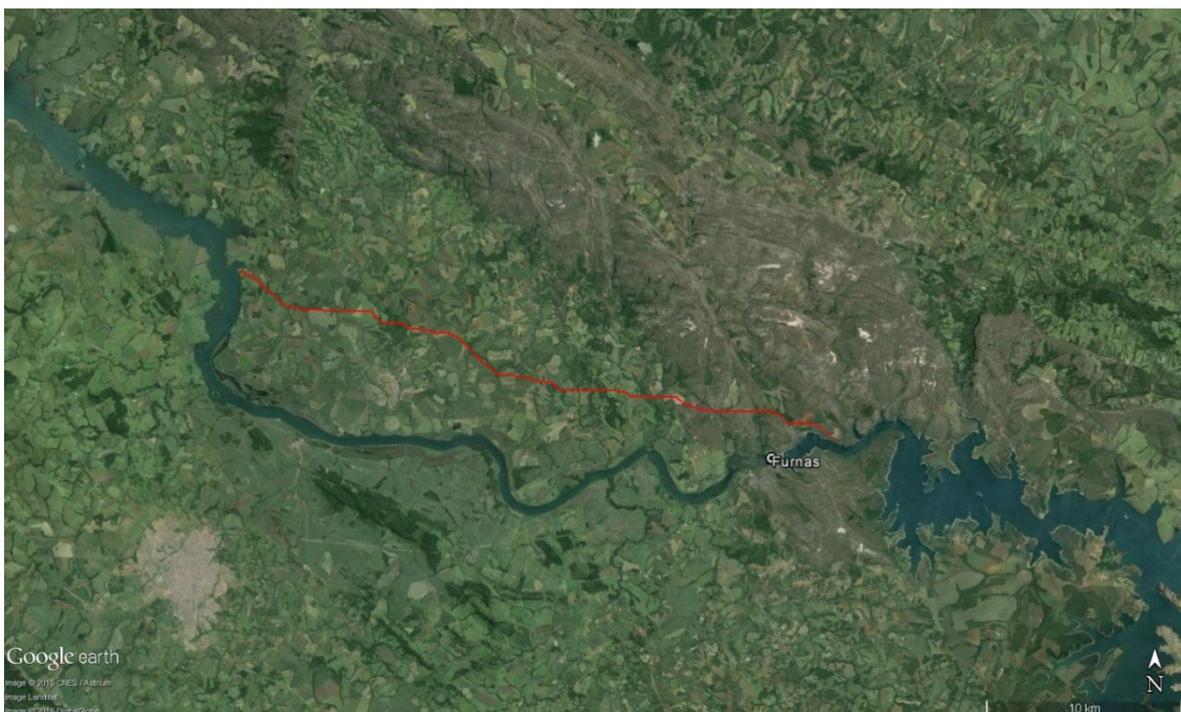


Figura 5.11: Interligação por meio de um canal entre a usina de Furnas e Marcarenhas.

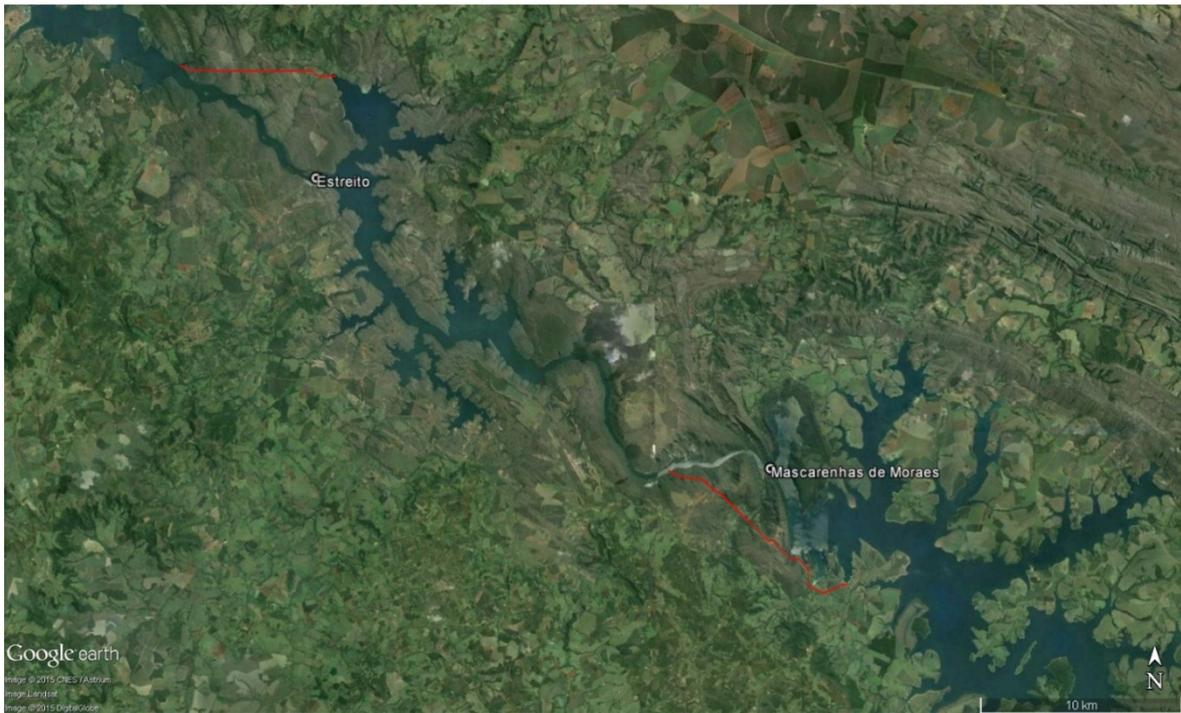


Figura 5.12: Interligação por meio de um canal entre a usina de Mascarenhas até Jaguará.

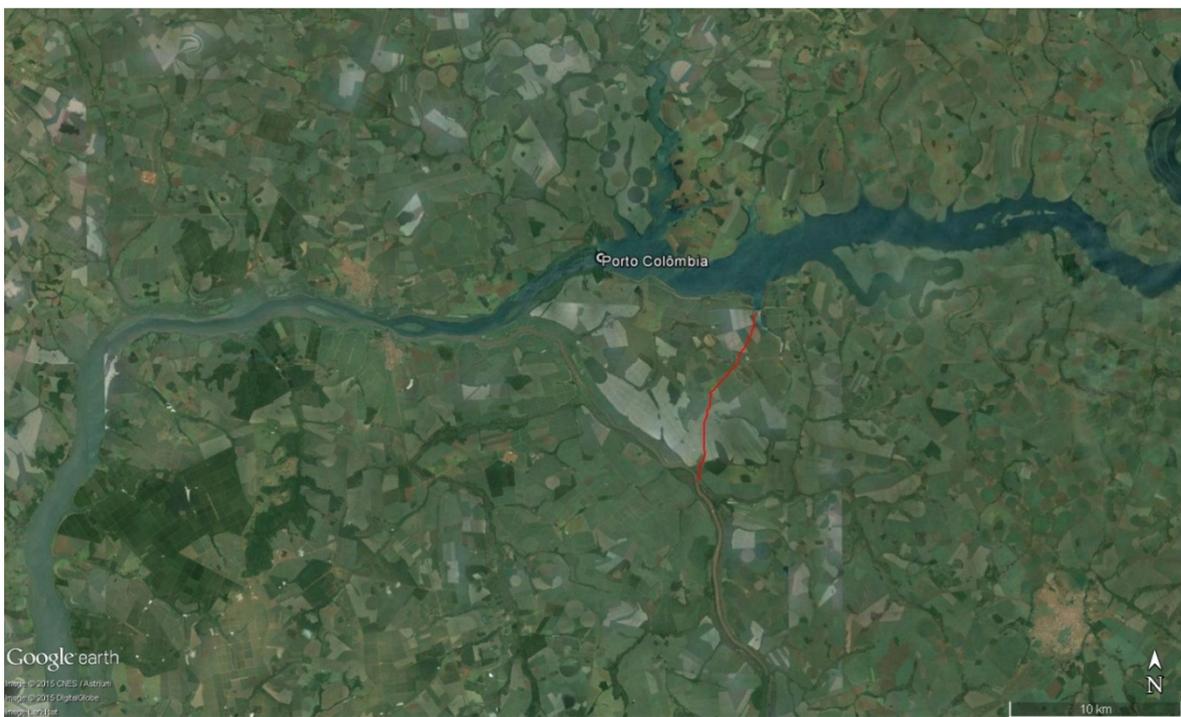


Figura 5.13: Interligação por meio de um canal entre a usina de Porto Colômbia até o rio Pardo.



Figura 5.14: Interligação por meio de um canal entre a usina de Marimbondo até Água Vermelha.



Figura 5.15: Interligação por meio de um canal entre a usina de Ilha Solteira e Água Vermelha.

5.3 - Demanda Hidroviária

Para a viabilização da hidrovia do lago de Furnas, torna-se necessária a identificação de produtos da região diretamente afetada que permitam seu escoamento no reservatório.

Inicialmente, tomando como base os aspectos geográficos bem como os socioeconômicos, foram avaliadas as cargas que poderiam ser movimentadas pelo Lago. Para essa identificação, inicialmente realizou-se uma pesquisa na base de dados do IBGE (2014), buscando identificar a produção de cada município da área.

Munido desta informação, iniciou-se uma pesquisa de campo, onde foram aplicados questionários, a cada município da região diretamente afetada, contendo questões bem abrangentes a respeito da implantação do sistema hidroviário no reservatório da usina hidrelétrica de Furnas, buscando avaliar o impacto que o empreendimento irá proporcionar ao município. Tais pesquisas e avaliações foram realizadas por mais de 3 (três) meses com visitas programadas em praticamente todas as prefeituras dos municípios diretamente afetados.

Concomitantemente às visitas consultivas aos municípios e à coleta de dados técnicos de campo, foram realizadas também pesquisas junto às empresas relacionadas com o tema hidrovias. Essa pesquisa objetivou a quantificação das potencialidades e possibilidades de se alcançar resultados positivos com a implantação da hidrovia.

Posteriormente, utilizando as informações obtidas nos questionários de campo, foi realizada a comparação das respostas com os dados obtidos no IBGE (2014), com o intuito de confirmá-las.

Fluxos de carga tradicionais como grãos ou minérios mostraram-se com pouca viabilidade econômica e muito menos com viabilidade ambiental: as pequenas distâncias e necessidades de transbordo dentro do Lago praticamente inviabilizaram essas cargas. Trajetos longos podem eventualmente torná-los viáveis no futuro quando o Lago de Furnas puder se comunicar por via aquaviária com o rio Grande (hoje a UHE de Furnas não possui eclusas) ou com um canal extravasor realizado durante a edificação do Lago de Furnas, construído única e exclusivamente para fluir os excedentes de água para o Lago de Três Marias no rio São Francisco. Este canal foi descoberto por nossa equipe de geógrafos e geólogos durante a fase de viagens de pesquisa de campo.

Os municípios lindeiros ao Lago absorvem e produzem diversos produtos regionais que são comercializados e consumidos entre as populações lindeiras ao reservatório. Para a região diretamente afetada, priorizaram-se apenas os produtos de maior escala e que permitiam seu escoamento por meio da hidrovia. A Figura 5.16 apresenta graficamente a representatividade de cada produto.

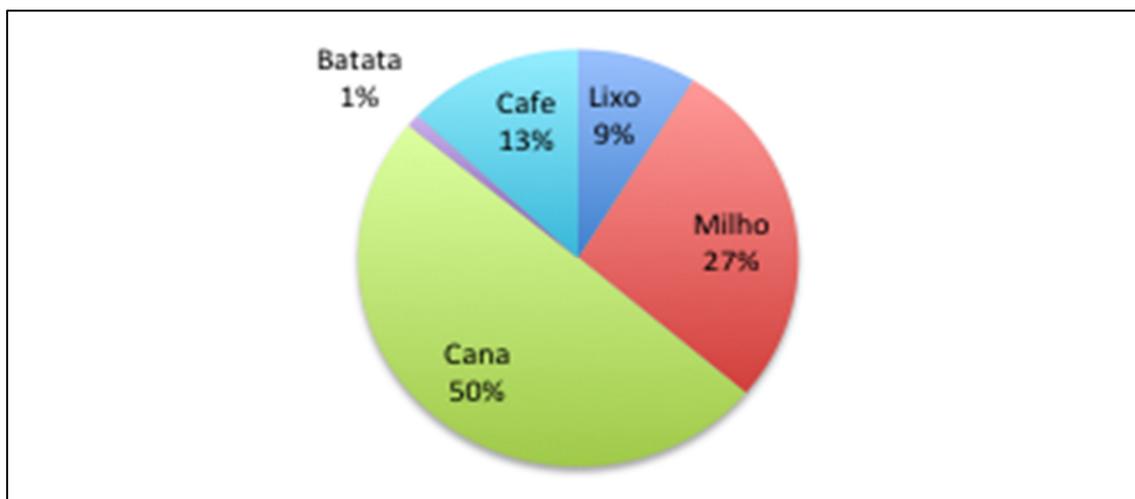


Figura 5.16: Produtos predominantes na área de influência direta. Fonte IBGE (2014).

Nota-se que a cana-de-açúcar apresenta maior representatividade na região. Sua produção é diretamente influenciada pela distância até a fonte de consumo. A implantação do transporte hidroviário poderia diminuir distâncias, viabilizando a expansão da produção para áreas mais distantes, além da redução dos custos de transportes.

O café aparece também com uma considerável parcela na participação da produção predominante na região de influência direta. A região mais próxima à cidade de Alfenas concentra e são desenvolvidas atividades ligadas à produção e serviços vinculados ao café, como várias propriedades agrícolas, armazéns, empresas de exportação, cooperativas especializadas (Cooxupé), revendedores de insumos e implementos agrícolas, centros de assistência técnica e de apoio aos pequenos produtores (Emater - MG), instituições de crédito e financiamentos, etc.

Assim como o café, a produção de milho ocorre na maioria dos municípios limieiros ao reservatório. A produção de milho é escoada pelas rodovias locais e grande parte se destina a silos, onde são secados e armazenados para posterior comercialização.

O resíduo sólido (lixo) aparece em quarto lugar, porém é um grande potencial para viabilização da hidrovia, uma vez que sua destinação nos municípios ainda apresenta dificuldades e sua coleta por meio da hidrovia poderia viabilizar uma central termelétrica, além de proporcionar, junto às prefeituras, um fim à questão.

A batata é uma cultura que se desenvolve em alguns municípios limieiros e sua produção é escoada para diversas partes do Brasil pelas rodovias. Em meio à produção de batatas, ocorre o plantio de milho e feijão, aproveitando os nutrientes lançados ao solo em seu plantio e assim reduzindo custos e agregando valor à produção. A implantação da

hidrovia poderá viabilizar a implantação de um local de beneficiamento de batatas, uma vez que a produção lindeira poderá ser escoada com um custo muito baixo de transporte.

5.4 - Proposta de Operação

Para a implantação da hidrovia do reservatório de FURNAS, tornam-se necessárias algumas análises técnicas e econômicas. Inicialmente faz-se uma proposta de operação, onde são apresentadas avaliações das cotas do lago de Furnas, avaliação das principais restrições encontradas que são as pontes, sugestões de embarcações e pôr fim a avaliação da navegabilidade.

5.4.1.1. Avaliação das cotas do lago de Furnas

Nesta etapa são avaliadas as frequências e a variação das cotas no lago de Furnas durante o ano. A curva de permanência dos níveis no reservatório de Furnas, confeccionada a partir de uma série histórica (média mensal) de Setembro de 1963 a Agosto de 2014, foi gerada com o intuito de identificar quais níveis no lago ocorrem com maior frequência. A Figura 5.17 mostra a permanência das cotas no reservatório num período de 51 anos.

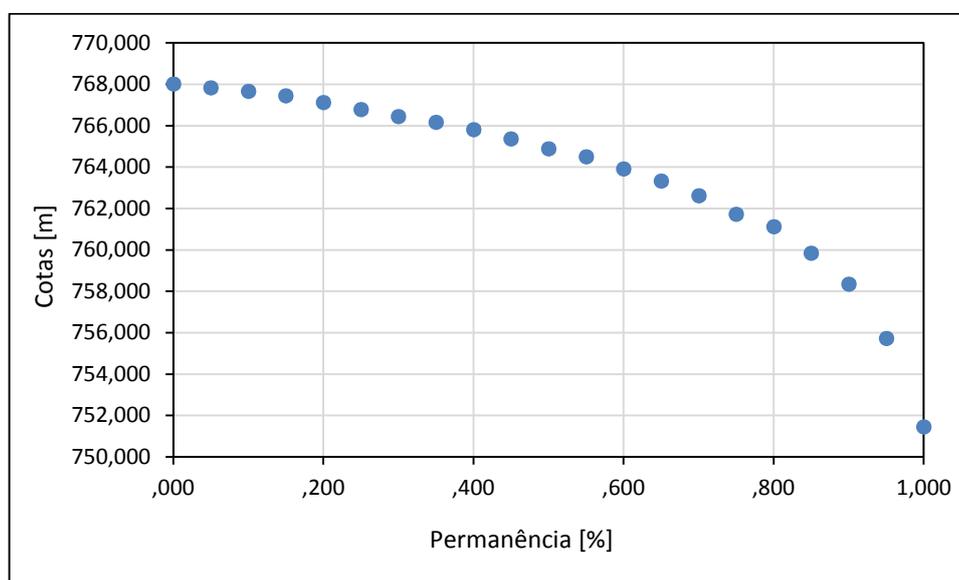


Figura 5.17: Curva de Permanência das cotas médias mensais no reservatório de Furnas.

A leitura da curva (Figura 5.17) informa que em X % do tempo (51 anos), o nível do reservatório ficou acima do valor Y de cota, ou segundo os exemplos:

- ✓ Em aproximadamente 75 % do tempo o nível do reservatório de Furnas ficou acima da cota 761,73 (ou 25 % do tempo abaixo da cota 761,73); e

- ✓ Em aproximadamente 35 % do tempo o nível do reservatório de Furnas ficou acima da cota 766,17 (ou 65 % do tempo abaixo da cota 766,17).

Esta avaliação é de grande importância, já que a embarcação somente será navegável no lago caso não exceda os limites superior (H_v) e inferior (P), impostos pelas pontes e pelo leito do reservatório.

Desta forma a curva apresentada na Figura 5.17 auxilia na determinação do tipo de embarcação que se adequaria as frequentes variações de cota do lago, tornando-se possível ponderar as variações de nível do reservatório, o vão livre vertical e a profundidade do mesmo.

Além da permanência das cotas no reservatório, deve ser avaliado ainda, a variação das cotas durante o ano, a fim de se obter em quais períodos determinadas cotas são observadas. Este estudo é efetuado a partir da confecção da curva de variação das cotas fundamentado no histórico de 1963 a 2014, onde a cada mês é calculado a média e o desvio para os cinquenta e um anos de dados, gerando assim, um único ponto de cota e o desvio padrão da mesma nos quatorze anos da série observada.

A Tabela 5.1 apresenta a variação da cota média no reservatório de Furnas e o desvio referente a cada mês, considerando a série histórica de 1963 a 2014.

Tabela 5.1: Cota média e desvio padrão da série histórica de 1963 a 2014.

Mês	Cota Média [m]	Desvio Padrão [m]
1	763,18	± 3,54
2	764,41	± 3,17
3	765,34	± 2,94
4	765,75	± 2,89
5	765,62	± 3,11
6	765,35	± 3,19
7	764,77	± 3,29
8	763,94	± 3,38
9	762,94	± 3,40
10	761,94	± 3,77
11	761,36	± 3,87
12	761,67	± 3,76

Pode-se então efetuar o estudo de viabilidade de operação das embarcações, já que as informações de cotas do reservatório de FURNAS indicam o período de maior navegabilidade.

5.4.1.2. Avaliação da navegabilidade

Tomando como base para a avaliação da ocorrência das cotas no lago de Furnas a variação anual das cotas, pode-se observar que nos meses de Dezembro a Fevereiro, onde em geral o reservatório encontra-se em fase de repletimento, as cotas registradas variam entre 757,91m e 767,59m, totalizando uma variação de aproximadamente 10 metros.

Nos meses de Março a Julho, são registradas as cotas mais elevadas durante o ano, o nível do reservatório varia entre 768,00 m e 761,48m, o que equivale a uma variação de aproximadamente 6,50 m. Já nos meses entre Agosto e Novembro, onde são registrados os depletimentos, as cotas podem variar de 757,49m a 767,32m, registrando uma variação também próxima a 10m.

Durante os três períodos avaliados acima, pode-se verificar que o reservatório de Furnas apresenta acentuada variação de nível, o que em relação à navegação são desfavoráveis, pois refletem diretamente no vão vertical de livre acesso do calado da embarcação.

Entretanto, quando se avaliam os repletimentos e depletimentos baseado na curva de permanência (Figura 5.17), verifica-se que em 70% do tempo, o reservatório de Furnas permaneceu em cotas que superam a 762,0 m, refletindo num risco de 30% de ocorrência de cotas abaixo do valor citado.

Tal avaliação pode ser feita para qualquer permanência, porém é de interesse no presente estudo devido a informações obtidas junto a população local, e onde também a navegação seja viável a maior parte do tempo possível, requerendo frequências próximas a 70%.

Sabe-se que a adoção de uma cota de referência para o reservatório de FURNAS, permitiria um adequado dimensionamento do sistema hidroviário, além da possível compatibilização dos interesses hídricos presentes. Sugere-se aqui, mediante a pesquisas junto a população local e segundo um trabalho realizado por Ribeiro Júnior (2004) que a cota de operação que melhor atende seria a de cotas entorno da 762 m.

As frequências extremas, como por exemplo, 1%, 5% (cotas máximas) e 95%, 99% e 100% (cotas mínimas), não levam a bons estudos, já que no caso das frequências máximas as cotas registradas são mínimas, e para as frequências mínimas as cotas são máximas.

No primeiro caso, a inviabilidade à navegação se dá pelas cotas extremamente baixas, impossibilitando a passagem das embarcações. Já no segundo caso, o calado deixa de ser o problema, e o risco muito elevado de ocorrência de cotas baixas (ex.: 95% e 99%) passam a ser o foco da inviabilidade.

5.4.1.3. Pontes

Propõe-se neste item identificar e caracterizar os principais obstáculos encontrados no reservatório de Furnas, as pontes (Figura 3.1). O levantamento das pontes tem como pretensão, auxiliar na identificação dos tipos de veículos viáveis para transitar no reservatório em suas condições atuais, de forma que não seja necessário a adequação da via ao veículo, reduzindo assim, as intervenções, os impactos ambientais e os gastos excessivos.

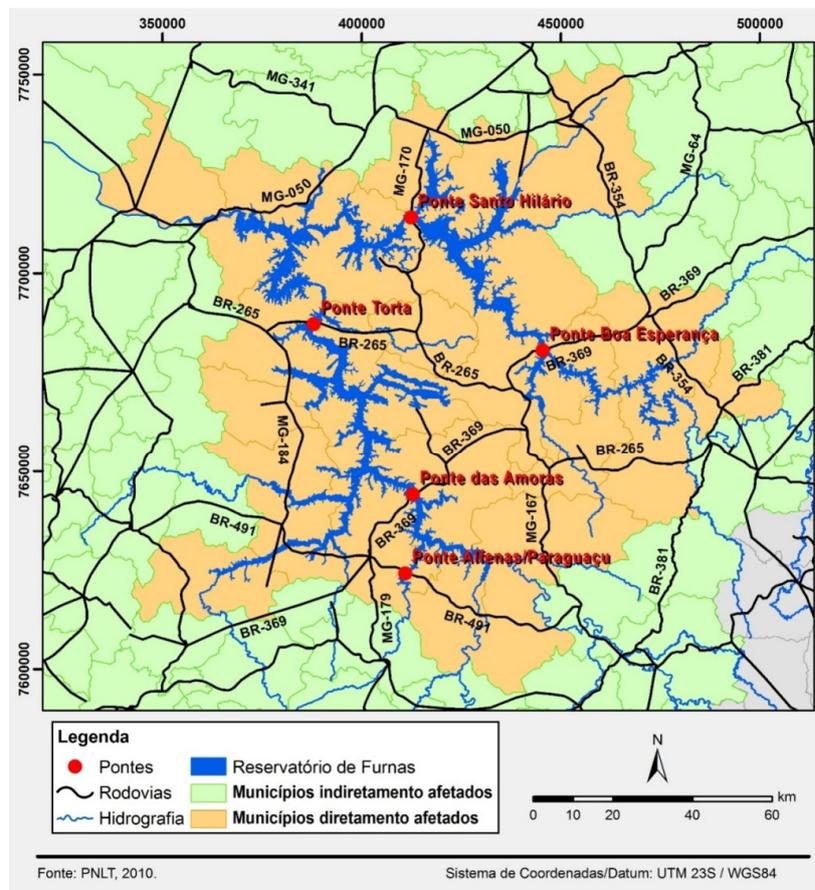


Figura 5.18: Lago de Furnas, principais vias de acesso e pontes estudadas no projeto.

Buscando um maior rendimento em campo, foi montado um roteiro de viagem onde o início das medições se dava do ponto mais distante e finalizavam-se o mais próximo da cidade de Alfenas. Assim, conforme mostra a Figura 5.19, as medições iniciaram-se na ponte Santo Hilário, seguindo para as pontes, Boa Esperança e Tora, e finalizando nas pontes das Amoras e Alfenas/Paraguaçu.

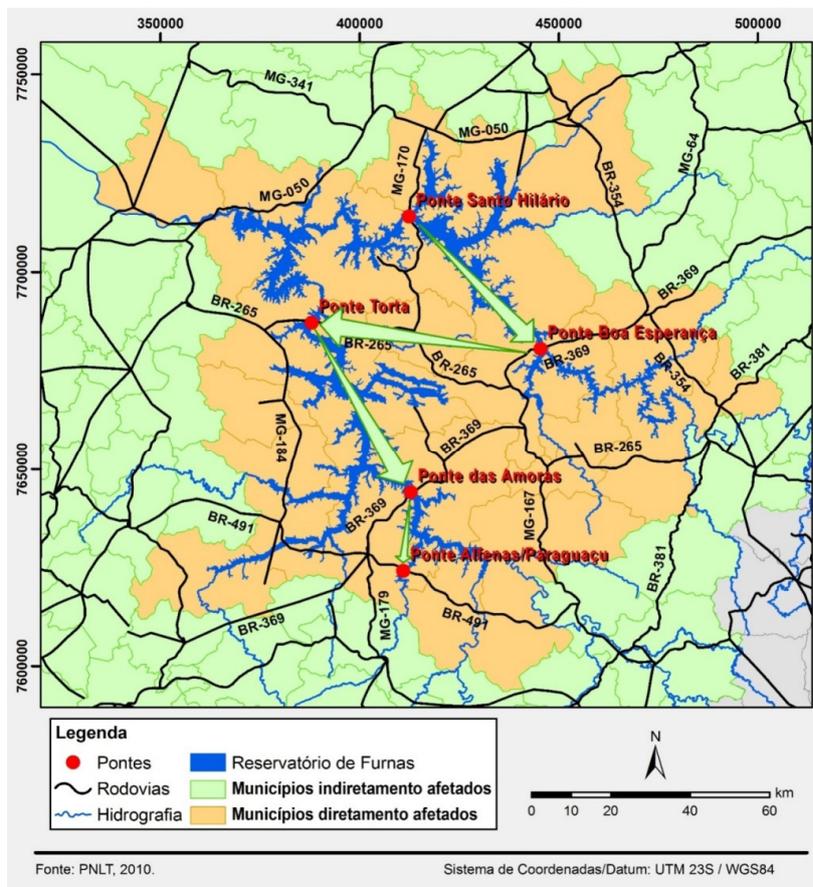


Figura 5.19: Roteiro de viagem para o levantamento de campo.

O objetivo principal do levantamento das pontes é realizar um estudo que auxilie na implantação da navegação no reservatório de Furnas, segundo as características e limitações impostas pelos obstáculos presentes na região de estudo.

Avaliando o vão livre vertical (H_{vv}) e a profundidade (P) do reservatório de Furnas nas sessões das cinco pontes estudadas, para a cota de 762,0m tem-se os valores listados na Tabela 5.2. Caso as cotas superem a 762,0m, o vão livre tende a diminuir e a profundidade a aumentar. O contrário também ocorre quando a cota diminui.

Tabela 5.2: Vão livre vertical e Profundidade do leito para a cota 762,0.

Ponte	H _{vv} máx (m)	P máx (m)
Santo Hilário	8,88	33,42
Boa Esperança	6,88	24,92
Torta	8,58	38,32
Amoras	8,08	21,32
Alfenas/Paraguaçu	5,08	9,72

5.4.1.4. Embarcações

A partir das características socioeconômicas da região de interesse e da produção potencialmente utilizadora da hidrovia, foram geradas algumas propostas de alternativas de embarcações. São basicamente 3 (três) os tipos de embarcações sugeridas para navegar no Lago de Furnas:

- ✓ Automotor para transporte de resíduos sólidos urbano;
- ✓ Comboio Fluvial – balsa + empurrador – para transporte de veículos rodoviários e carga no convés;
- ✓ Embarcação de Passageiros.

Este trabalho apenas sugere os tipos de embarcações, porém não se prende ao dimensionamento das mesmas. Para o transporte de resíduos urbanos, quanto para o comboio fluvial, torna-se necessária a determinação da capacidade de tráfego para a hidrovia do lago de FURNAS de acordo com a produção regional, mediante estudos mais aprofundados.

Para as embarcações de passageiros sugere-se o uso imediato das embarcações doadas para os municípios da região e que não estão sendo utilizadas por mera falta de infraestrutura portuária que facilite o transbordo seguro entre embarcação e terminal. São embarcações de pequeno porte e seu objetivo inicial seria prover um sistema de movimentação rápido e seguro de estudantes nas proximidades do lago no município de Alfenas. Durante a fase de levantamento de dados nossa equipe de fato identificou uma parcela de movimentos de estudantes entre municípios. Esse movimento pode bem ser incentivado ao se implantarem terminais multimodais simples. A Figura 5.20 a seguir mostra a fotografia dessas embarcações.



Figura 5.20: Lanchas para o transporte de estudantes na zona rural de Alfenas (MG).

Na medida em que o movimento de passageiros aumente, com a atratividade do transporte aquaviário, embarcações de maior porte podem ser implementadas à semelhança das embarcações hoje em dia usadas no transporte de passageiros entre Catamarã até Guíba.

5.5 - Avaliação de Alternativas (Aplicação dos modelos ao Lago de Furnas)

Nesta etapa busca-se a identificação de alternativas que pudessem viabilizar a implantação da hidrovía no lago de FURNAS. Ressalta-se que outras alternativas além das mencionadas na sequência também poderiam ser analisadas, tais como o calcário originados da região de Arcos, o eucalipto e a Cana de Açúcar produzida na região.

5.5.1.1. Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos urbanos, muito embora tenham como característica a forma individual de geração, já possuem uma logística de movimentação típica de cargas consolidadas em grandes volumes. Hoje, os resíduos sólidos urbanos coletados e transportados ao seu destino final por caminhão apropriado de cerca de 12 a 20 t de capacidade.

O aproveitamento econômico dos resíduos sólidos urbanos gerados por um município não se viabiliza. A solução seria um consórcio intermunicipal com uma usina de beneficiamento e disposição final centralizada com transporte intermodal e pontos de transbordo definidos segundo uma lógica de minimização de custo de transporte.

A primeira alternativa proposta neste trabalho estuda a viabilidade da implementação de um sistema integrado rodo hidroviário, que certamente contaria com forte apoio da comunidade regional e do setor ambiental nacional. Um “cluster” de resíduos sólidos poderia ser implementado por etapas:

- ✓ Inicialmente as cidades lindeiras disponibilizariam na margem do Lago de Furnas unidades de pré-processamento de resíduos sólidos urbano;
- ✓ Embarcações especializadas em transporte coletariam o produto já pré-processado em pequenos terminais lindeiros e o levariam para uma região/unidade central;
- ✓ Neste local o resíduo sólido sofreria um processamento final com geração de subprodutos, tais como fertilizantes, além da possibilidade de geração adicional de energia elétrica para abastecimento da rede regional;

- ✓ Estabelecida a logística de movimentação limpa dos resíduos por via hidroviária, outros produtos poderiam vir a ser adicionados ao sistema de transporte por água, por simples indução de conhecimento e facilidade de transporte.

Embora esta política de implementação baseia-se inicialmente em apenas um “cluster” específico de carga, este que pode vir a ser indutor de desenvolvimento futuro de novos sistemas de integração de transporte de carga para os pequenos produtores de insumos regionais.

Para identificação deste “cluster”, foi utilizada a metodologia de identificação de mercados potenciais para transporte de cargas. Para isso inicialmente com auxílio do software Google Earth foram levantadas todas as distâncias intermunicipais através de rodovias de forma que se estabelecesse uma matriz de distâncias rodoviárias, conforme Tabela 8.3. Do mesmo modo na sequência faz-se o mesmo processo, porém agora considerando prioritariamente o transporte pelo modal hidroviário, e quando necessário a determinação de trechos rodoviários para comunicação com os municípios, conforme Tabela 8.4 e Tabela 8.5, apresentadas em anexo.

Uma vez que todas as distâncias foram levantadas, determinou-se mediante uma pesquisa no site do IBGE a população de cada município projetada para 2014. Projetou-se, porém a população de 2014 para um cenário de 2025 através de uma relação de crescimento observada em cada município estudado para a área de influência direta.

Tabela 5.3: População dos municípios da área de influência direta para 2014 e 2025.

Município	População	
	2014	2025
Aguanil	4332	4510
Alfenas	78176	97441
Alterosa	14371	16407
Areado	14624	16093
Boa Esperança	40155	47913
Cabo Verde	14280	15898
Campo Belo	53870	62974
Campo do Meio	11844	13353
Campos Gerais	28783	32021
Cana Verde	5738	6230
Capitólio	8574	9604
Carmo do Rio Claro	21273	24165
Conceição da Aparecida	10263	10974
Coqueiral	9476	10657
Cristais	12185	12049

Município	População	
	2014	2025
Divisa Nova	6011	6999
Elói Mendes	27019	29773
Fama	2421	2631
Formiga	67833	74934
Guapé	14379	16355
Ilicínea	12141	13995
Nepomuceno	26812	28371
Paraguaçu	21276	24261
Perdões	21129	23893
Pimenta	8619	10092
Santana da Vargem	7364	8557
São João Batista do Glória	7292	8431
São José da Barra	7213	9169
Três Pontas	56408	65924

Considerou-se aqui que a produção de resíduos sólidos está diretamente relacionada com a população do município de origem. Para determinação do local que proporcionasse maior economia no transporte dos resíduos sólidos definiu-se aqui um fator de preferência denominado Pd-Rodo, que relaciona para cada município da área de influência direta a distância aos demais multiplicado pelas respectivas populações, assim como representado pela Equação 5.1.

$$Pd_{rodo\ 1} = Pop_2 \times D_{1-2} + Pop_3 \times D_{1-3} + \dots + Pop_n \times D_{1-n} \quad \text{Equação 5.1}$$

Quanto menor este índice menos oneroso seria o transporte desses resíduos sólidos, portanto define-se o melhor local para implantação do local de processamento dos mesmos selecionando o município de origem que menor representa-se o cálculo obtido pela Equação 5.1.

Faz-se então a análise inicialmente para as distâncias por meio do modal rodoviário, porém considera-se ainda que a distância máxima percorrida diariamente por um caminhão até a cidade de destino seria de 100 km para ida e 100 km para volta. Tal consideração se deve ao tempo de percurso de um caminhão na estrada somado ao tempo de descanso e o tempo da carga e descarga, que juntos não podem exceder 8 horas diárias. Para tal consideração foi determinado um fator de peso m , segundo Equação 5.2.

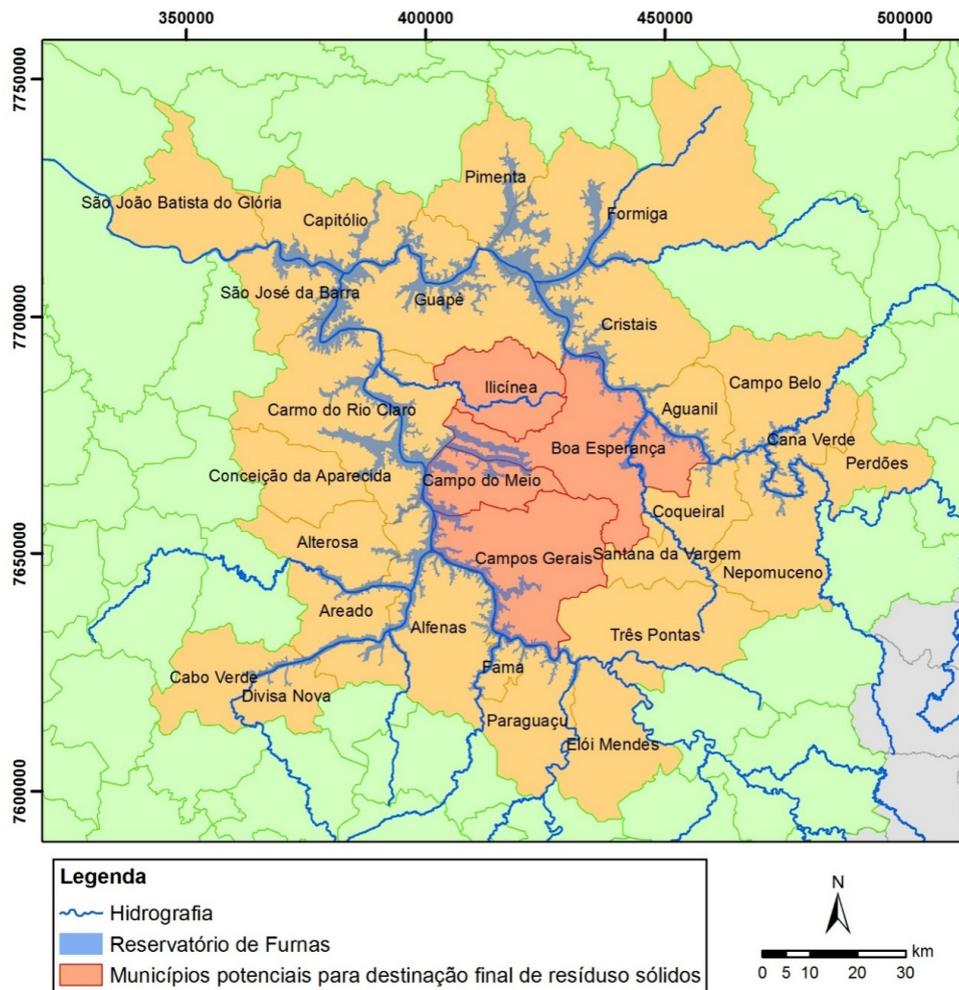
$$Pd_1 = Pop_2x((D_{1-2} - 100)^m + 100) + Pop_3x((D_{1-3} - 100)^m + 100) + \dots + Pop_nx((D_{1-n} - 100)^m + 100) \quad \text{Equação 5.2}$$

Para a análise do transporte de resíduos sólidos no modal rodoviário, faz-se uma variação de m como forma de avaliar cenários para distância superiores as consideradas adequadas para uma rota diária de transporte. Para os dois cenários de população, 2014 ou 2025, os resultados obtidos para localização dos locais mais adequados foram semelhantes. Como resultado deste processo obtêm-se os seguintes resultados para o modal rodoviário, conforme apresentado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Resultado para o modal rodoviário.

Município			
Ordem de Preferência	m		
	1	1,5	2
1	Boa Esperança	Boa esperança	Ilicínea
2	Campos Gerais	Ilicínea	Boa Esperança
3	Campo do Meio	Campo do Meio	Campo do Meio

Graficamente tem-se os resultados do deslocamento dos resíduos sólidos por meio rodoviário segundo Figura 5.21.



Fonte: PNL, 2010.

Sistema de Coordenadas/Datum: UTM 23S / WGS84

Figura 5.21: Municípios potenciais para destinação dos resíduos sólidos pelo modal rodoviário.

Para o transporte por meio do modal hidroviário somado a trechos de modal rodoviário faz-se uma análise semelhante ao do puramente rodoviário, porém agora considera-se que a preferência relaciona para cada município da área de influência direta a distância equivalente aos demais multiplicado pelas respectivas populações, conforme Equação 5.3.

$$\begin{aligned}
 Pd_{hidro\ 1} = & Pop_2 \chi (D_{Rodo\ (1-2)} + (D_{Hidro\ (1-2)})^\alpha \\
 & + Pop_3 \chi (D_{Rodo\ (1-3)} + (D_{Hidro\ (1-3)})^\alpha + \dots \\
 & + Pop_n \chi (D_{Rodo\ (1-n)} + (D_{Hidro\ (1-n)})^\alpha
 \end{aligned}
 \tag{Equação 5.3}$$

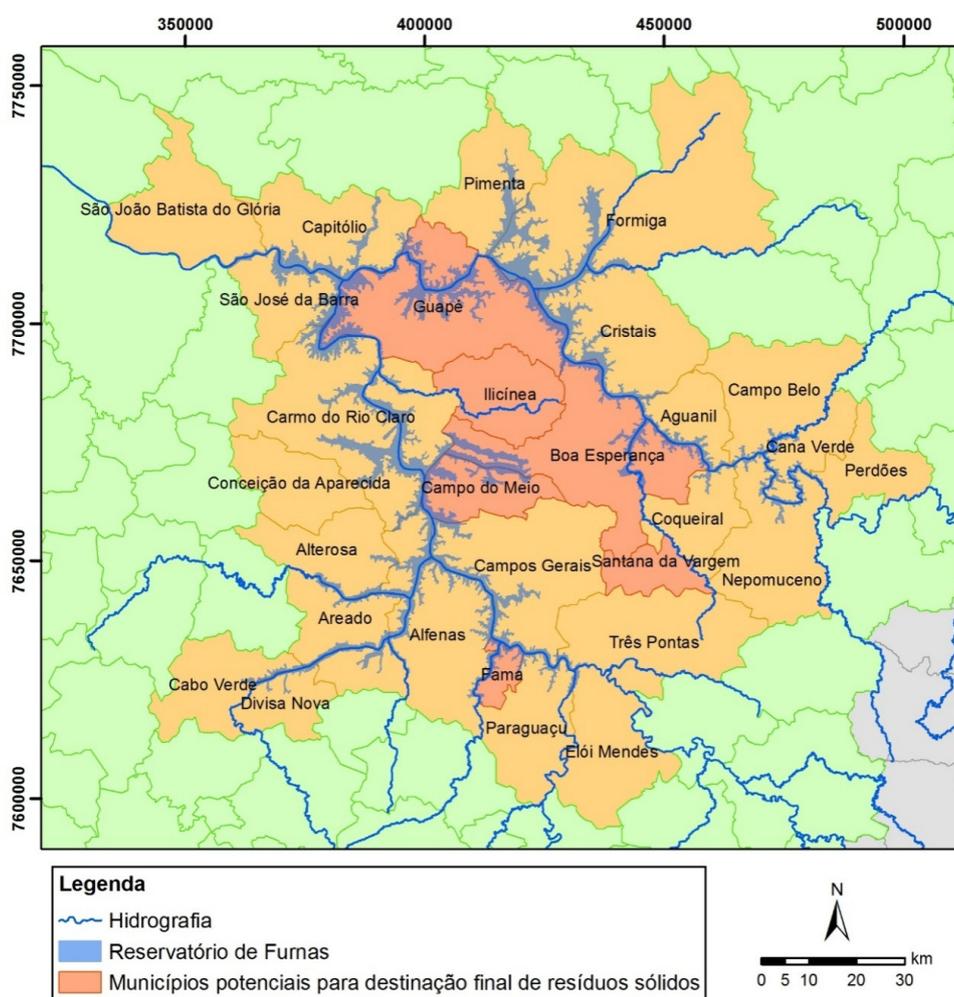
Para a análise do transporte de resíduos sólidos no modal hidroviário, faz-se uma variação de α como forma de avaliar cenários na obtenção da distância equivalente. Para os dois cenários de população, 2014 ou 2025, também os resultados obtidos para localização

dos locais mais adequados foram semelhantes. Como resultado deste processo obtêm-se os seguintes resultados para o modal hidroviário, conforme apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Resultado para o modal Hidroviário.

Ordem de Preferência	Município		
	α		
	0,5	0,7	1
1	Campo do Meio	Campo do Meio	Santana da Vargem
2	Fama	Boa Esperança	Illicínea
3	Boa Esperança	Fama	Guapé

Graficamente tem-se os resultados do deslocamento dos resíduos sólidos segundo Figura 5.22.



Fonte: PNL, 2010.

Sistema de Coordenadas/Datum: UTM 23S / WGS84

Figura 5.22: Municípios potenciais para destinação dos resíduos sólidos pelo modal hidroviário.

Vale ressaltar que este processo de identificação dos locais propícios para implantação dos centros de processamento dos resíduos sólidos, tanto pelo transporte rodoviário quanto para o transporte hidroviário, ainda necessita de uma avaliação local nos municípios identificados para que não exista comprometimento de outros setores econômicos, principalmente o turismo que é muito comum na região do reservatório de FURNAS.

5.5.1.2. Substituição de trecho rodoviário

Faz-se aqui uma análise relativa ao transporte, que segundo uma entrevista realizada com SANTOS (2015), membro do Grupo Tático de Movimentação de Cargas do Ministério de Transportes, poderia se dar de três formas distintas na região da hidrovia:

- ✓ Primeira forma: O transporte se dá por conta do comprador da mercadoria, ou seja, o mesmo proporciona o deslocamento de um veículo de carga para trazer o produto adquirido;
- ✓ Segunda forma: O transporte se dá por conta do vendedor da mercadoria, ou seja, o mesmo proporciona o deslocamento da mercadoria através de um veículo de carga até o comprador;
- ✓ Terceira forma: O transporte se dá por conta de uma transportadora, onde o vendedor e o comprador não assumem a responsabilidade pelo deslocamento.

Ainda segundo SANTOS (2015), este transporte multimodal na rota Longitudinal aqui definida, se daria das três formas anteriormente citadas.

Nesta rota existem ainda duas possibilidades da organização do transporte ali estabelecido.

A primeira possibilidade seria o transporte de semi reboques através de um cavalo mecânico até uma região denominada terminal de cargas, onde outro cavalo mecânico se encarregaria de embarcar os mesmos a barça e após a finalização da travessia para o outro terminal de cargas um terceiro cavalo mecânico se encarregaria do desembarque para que outro cavalo mecânico realizasse a continuidade do percurso.

A segunda possibilidade seria o transporte do conjunto cavalo mecânico com seu respectivo semi reboque e ao final do percurso este conjunto desembarcaria e continuaria o percurso.

Neste trabalho faz-se uma análise considerando uma empresa de transportes que estuda a possibilidade de transporte que proporcionasse menores custos.

Determinação do custo hidroviário (Armazenagem + Travessia)

Divide-se aqui o custo hidroviário em dois segmentos: Armazenagem e Travessia. Para determinação do custo de Armazenagem foi necessário assumir algumas premissas:

- ✓ A área de armazenagem dos semi reboques deve comportar pelo menos 72 unidades;
- ✓ Área necessária para armazenar um semi reboque considerando área de manobra do mesmo: 200m².

Diante deste área tem-se a estimativa dos custos apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Custos de cada área de Armazenagem.

Descrição	Custos
Aquisição do terreno	R\$ 80.000,00
Terraplanagem	R\$ 80.000,00
Fechamento do terreno	R\$ 100.000,00
Edificações + iluminação	R\$ 300.000,00
TOTAL	R\$ 560.000,00

Uma vez identificado este custo total de cada área de Armazenagem e sabendo que em cada extremo do reservatório para esta rota longitudinal irá possuir uma área, multiplica-se este investimento por 2.

Para composição do custo faz-se necessário ainda o levantamento operacional da área de armazenagem, conforme apresentado segundo Tabela 5.7.

Tabela 5.7: Custo operacional das duas áreas de Armazenagem.

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Total
Manobristas	5	R\$ 4.000,00	R\$ 20.000,00
Administrativo	4	R\$ 3.000,00	R\$ 12.000,00
Total			R\$ 32.000,00

Considerou-se que os cavalos mecânicos utilizados na manipulação dos semi reboques da área de armazenagem poderiam ser seminovos, uma vez que seus usos eram locais e os desgastes seriam inferiores, e seu custo unitário assumido foi de R\$ 100.000,00. Os outros custos estipulados são apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8: Outros custos das áreas de Armazenagem.

Descrição	Quantidade	Custo Unitário Mensal	Total
Seguro do patrimônio total	2	R\$ 1.000,00	R\$ 2.000,00
Seguro dos semi reboques armazenados	2	R\$ 12.000,00	R\$ 24.000,00
Combustível	1	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
Total			R\$ 46.000,00

Faz-se portando um fluxo de caixa para identificação do custo unitário que um semi reboque teria para ficar armazenado antes e depois do processo de travessia do reservatório e que este investimento se desse num horizonte de 10 anos, utilizando uma taxa de desconto de 18%. Esta taxa de desconto foi considerada assumindo que todo o investimento foi realizado com capital próprio e que esta foi considerada antes do imposto de renda. Como resultado do custo unitário do semi reboque tem-se o valor de R\$ 91,55.

Para a determinação do custo de Travessia foi necessário também realizar algumas considerações:

- ✓ A velocidade de deslocamento de um empurrador com as respectivas barças é considerada de 16 km/h;
- ✓ O trecho a ser percorrido possui 216 km;
- ✓ O comboio utilizado neste processo de travessia é de formato 3x2 (Tamanho superior ao das embarcações mencionadas no item 6.1.3 deste trabalho).
- ✓ O tempo de deslocamento no reservatório entre a cidade de Perdões e Furnas (211 km) para cada comboio é de aproximadamente 15 horas;
- ✓ Foi considerado a aquisição de 3 comboios que realizariam travessias de maneira continua totalizando em torno de 48 travessias mensais.

O custo de aquisição dos comboios é apresentado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Aquisição dos comboios 3x2. Fonte: RODRIGUES et al (2008)..

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Total
Empurradores	3	R\$ 5.800.000,00	R\$ 17.400.000,00
Barças	18	R\$ 1.600.000,00	R\$ 28.800.000,00
Total			R\$ 46.200.000,00

Para composição do custo faz-se necessário ainda o levantamento operacional destes comboios, conforme apresentado segundo

Tabela 5.10.

Tabela 5.10: Custo operacional dos comboios.

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Total
Pilotos	12	R\$ 8.000,00	R\$ 96.000,00
Assistentes	24	R\$ 3.000,00	R\$ 72.000,00
Total			R\$ 168.000,00

Os outros custos estipulados relativos ao processo de travessia são apresentados na Tabela 5.11.

Tabela 5.11: Outros custos relativos ao processo de travessia dos comboios.

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Total
Combustível	3	R\$ 12.420,00	R\$ 37.260,00
Manutenção Empurrador	3	R\$ 12.420,00	R\$ 37.260,00
Manutenção da Barçaça	18	R\$ 5.333,33	R\$ 96.000,00
Seguro do comboio	3	R\$ 25.666,67	R\$ 77.000,00
Total			R\$ 247.520,00

Faz-se portando um fluxo de caixa para identificação do custo unitário que um semi reboque teria, considerando que a barçaça tenha lotação de 80% da capacidade e que este investimento terá no horizonte de 30 anos, utilizando uma taxa de desconto de 11%. Esta taxa de desconto foi considerada assumindo que todo o investimento foi realizado com capital financiado e que esta foi considerada antes do imposto de renda. Como resultado do custo unitário de travessia do semi reboque tem-se o valor de R\$ 1595,62.

Determinação do custo rodoviário

Para determinação do custo rodoviário, avalia-se os custos referente ao cavalo mecânico e do semi reboque.

Faz-se aqui uma análise de modo a obter o percentual referente a composição do custo do cavalo mecânico e do semi reboque em relação ao custo total sem o lucro de proprietário. Para isto assume-se uma análise que envolve o financiamento com prazo de 5 anos e taxa de desconto de 15%, tendo em vista o risco mais elevado e com análise antes do imposto de renda. Os custos envolvidos no cálculo são apresentados na Tabela 5.12.

Tabela 5.12: Custos envolvidos no custo do cavalo mecânico + Semi reboque.

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Total
Salários	2	R\$ 5.000,00	R\$ 10.000,00
Pneus	1	R\$ 35.000,00	R\$ 30.000,00
IPVA	1	R\$ 6.300,00	R\$ 6.300,00
Seguro	1	R\$ 16.800,00	R\$ 16.800,00
Diárias	2	R\$ 15.000,00	R\$ 30.000,00
Combustível	1	R\$ 168.750,00	R\$ 168.750,00
Total			R\$ 261.850,00

Quando analisamos somente os custos envolvidos para o cavalo mecânico têm-se os custos conforme Tabela 5.13.

Tabela 5.13: Custos envolvidos no custo do cavalo mecânico.

Descrição	Quantidade	Custo Unitário	Total
Salários	2	R\$ 5.000,00	R\$ 10.000,00
Pneus	1	R\$ 13.000,00	R\$ 13.000,00
IPVA	1	R\$ 4.500,00	R\$ 4.500,00
Seguro	1	R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00
Diárias	2	R\$ 15.000,00	R\$ 30.000,00
Combustível	1	R\$ 168.750,00	R\$ 168.750,00
Total			R\$ 238.250,00

Para ambas as situações apresentadas faz-se uma composição de custos anuais que proporcionam concluir que o cavalo mecânico representa 82% do custo referente a parcela do frete descontando o lucro embutido no mesmo.

Uma vez obtidos os custos referentes ao processo de transporte pelo modal rodoviário e também pelo modal hidroviário, faz-se aqui uma análise de sensibilidade em função do frete em R\$/(Ton.km).

Tabela 5.14: Composição dos custos para os dois caminhos de transporte.

Composição do Valor do Frete [R\$/(ton.km)]					
Valor do frete	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450
Parcela Referente ao lucro - 10%	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045
Parcela referente ao custo Total	0,225	0,270	0,315	0,360	0,405
Parcela referente ao custo do semi reboque	0,185	0,221	0,258	0,295	0,332
Parcela referente ao custo do cavalo mecânico	0,041	0,049	0,057	0,065	0,073

Custo do Transporte pela MG-050 [R\$]					
Custo do transporte	2.381,20	2.857,44	3.333,68	3.809,92	4.286,16
Lucro do transporte	264,58	317,49	370,41	423,32	476,24
TOTAL	2.645,78	3.174,93	3.704,09	4.233,24	4.762,40

Custo do Transporte pela BR-381 + Modal Hidroviário [R\$]					
Custo do transporte Rodoviário	1.301,32	1.215,17	1.417,70	1.748,53	1.822,75
Custo do transporte Hidroviário	1.687,17	1.687,17	1.687,17	1.687,17	1.687,17
Lucro do transporte	264,58	317,49	370,41	423,32	476,24
TOTAL	3.253,07	3.219,83	3.475,27	3.859,02	3.986,16

Graficamente, os resultados obtidos Tabela 5.14, são apresentados na Figura 5.23. Percebe-se que a partir do valor de frete em torno de 0,30 R\$/(ton.km), a substituição do transporte puramente rodoviário, pela composição do trecho rodoviário somado ao transporte hidroviário, se torna mais vantajoso.

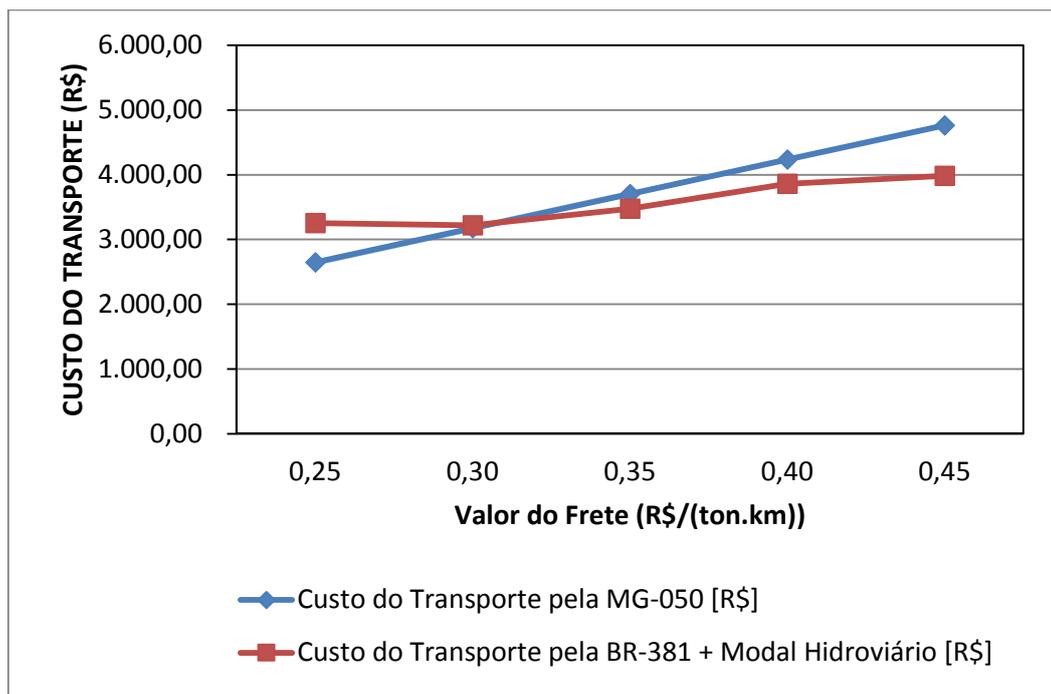


Figura 5.23: Custos do transporte em função do valor do frete.

5.5.1.3. Passageiros Universitários

Para o estudo de viabilidade do transporte potencial de passageiros relacionados neste trabalho assume-se que estes são somente estudantes de graduação. Esta consideração está relacionada com uma demanda aparentemente existente e que poderia iniciar o processo de viabilização da hidrovía. Os demais passageiros que pudessem demandar o serviço hidroviário em detrimento ao rodoviário surgiriam na sequência e utilizariam da estrutura viabilizada pelo transporte de estudantes.

Os cursos superiores aqui relacionados estão divididos em ciências exatas, humanas e biológicas, na proporção de preferência de 30%, 40% e 30% respectivamente. Para isso foram levantadas as principais faculdades e universidades instaladas nos municípios lindeiros ao reservatório e que poderiam ofertar vagas para os estudantes dos municípios lindeiros. Considerou-se ainda uma universidade externa que tem como finalidade absorver o excesso de estudantes que porventura não obtiverem vagas nas instituições lindeiras ao reservatório.

Utilizando informações do IBGE relacionadas a demanda de alunos para graduação no ano de 2010 (DA_{2010}), a população dos municípios para o ano de 2010 (P_{2010}) e sabendo a população estimada dos municípios para o ano de 2014 (P_{2014}) pelo IBGE efetuou-se uma atualização dos alunos demandantes para o ano de 2014 segundo Equação 5.4.

$$DA_{2014} = DA_{2010} \times \frac{P_{2014}}{P_{2010}}$$

Equação 5.4

Para este trabalho foi simulado apenas para o ano de 2014, assumindo aqui que para cenários futuros a demanda de alunos para graduação crescerá na mesma proporção que o número de vagas ofertadas pelas faculdades e universidades ali presentes.

As instituições que foram relacionadas neste trabalho juntamente com os seus respectivos índices gerais de cursos avaliados da instituição (IGC), que é um indicador de qualidade que avalia as instituições de educação superior obtidos em INEP (2015), são apresentadas na Tabela 5.15.

Tabela 5.15: Principais Instituições da Área de Influência Direta.

INSTITUIÇÃO	SIGLA	IGC
UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO	UNIFENAS	3
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS	UNIFAL-MG	4
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA	UNIFORMG	3
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE CAMPOS GERAIS	FACICA	3

Para cada centro universitário identificado foi realizado o levantamento do número de vagas ofertadas segundo a Tabela 5.16.

Tabela 5.16: Vagas ofertadas durante o ano.

INSTITUIÇÃO	CURSO	ÁREA	MUNICÍPIO	VAGAS
FACICA	ADMINISTRAÇÃO	Humanas	CAMPOS GERAIS	320
FACICA	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	Biológicas	CAMPOS GERAIS	320
FACICA	ENFERMAGEM	Biológicas	CAMPOS GERAIS	400
FACICA	FARMÁCIA	Biológicas	CAMPOS GERAIS	400
FACICA	PEDAGOGIA	Humanas	CAMPOS GERAIS	320
UNIFAL-MG	BIOMEDICINA	Biológicas	ALFENAS	180
UNIFAL-MG	BIOTECNOLOGIA	Biológicas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	Exatas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO	Biológicas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - LICENCIATURA	Biológicas	ALFENAS	180
UNIFAL-MG	CIÊNCIAS SOCIAIS - BACHARELADO	Humanas	ALFENAS	80
UNIFAL-MG	CIÊNCIAS SOCIAIS - LICENCIATURA	Humanas	ALFENAS	80
UNIFAL-MG	ENFERMAGEM	Humanas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	ENGENHARIA AMBIENTAL	Exatas	ALFENAS	180
UNIFAL-MG	ENGENHARIA DE MINAS	Exatas	ALFENAS	180
UNIFAL-MG	ENGENHARIA QUÍMICA	Exatas	ALFENAS	180
UNIFAL-MG	FARMÁCIA	Humanas	ALFENAS	250

INSTITUIÇÃO	CURSO	ÁREA	MUNICÍPIO	VAGAS
UNIFAL-MG	FÍSICA LICENCIATURA	Exatas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	FISIOTERAPIA	Humanas	ALFENAS	250
UNIFAL-MG	GEOGRAFIA BACHARELADO	Humanas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	GEOGRAFIA LICENCIATURA	Humanas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	HISTÓRIA - LICENCIATURA	Humanas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	LETRAS LICENCIATURA	Humanas	ALFENAS	180
UNIFAL-MG	MATEMÁTICA LICENCIATURA	Exatas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	MEDICINA	Biológicas	ALFENAS	360
UNIFAL-MG	NUTRIÇÃO	Exatas	ALFENAS	200
UNIFAL-MG	ODONTOLOGIA	Humanas	ALFENAS	225
UNIFAL-MG	PEDAGOGIA LICENCIATURA	Humanas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	QUIMICA BACHARELADO	Exatas	ALFENAS	160
UNIFAL-MG	QUIMICA LICENCIATURA	Exatas	ALFENAS	160
UNIFENAS	ADMINISTRAÇÃO	Humanas	ALFENAS	280
UNIFENAS	AGRONOMIA	Exatas	ALFENAS	320
UNIFENAS	BIOMEDICINA	Biológicas	ALFENAS	240
UNIFENAS	CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO	Exatas	ALFENAS	320
UNIFENAS	CIÊNCIAS CONTÁBEIS	Exatas	ALFENAS	240
UNIFENAS	DIREITO	Humanas	ALFENAS	800
UNIFENAS	EDUCAÇÃO FÍSICA	Humanas	ALFENAS	240
UNIFENAS	ENFERMAGEM	Biológicas	ALFENAS	270
UNIFENAS	ENGENHARIA CIVIL	Exatas	ALFENAS	600
UNIFENAS	FARMÁCIA	Biológicas	ALFENAS	270
UNIFENAS	MEDICINA	Biológicas	ALFENAS	480
UNIFENAS	MEDICINA VETERINÁRIA	Biológicas	ALFENAS	400
UNIFENAS	NUTRIÇÃO	Biológicas	ALFENAS	240
UNIFENAS	ODONTOLOGIA	Biológicas	ALFENAS	560
UNIFENAS	PSICOLOGIA	Humanas	ALFENAS	400
UNIFORMG	EDUCAÇÃO FÍSICA	Humanas	FORMIGA	120
UNIFORMG	ENFERMAGEM	Biológicas	FORMIGA	250
UNIFORMG	FISIOTERAPIA	Humanas	FORMIGA	500
UNIFORMG	MEDICINA VETERINÁRIA	Biológicas	FORMIGA	250
UNIFORMG	NUTRIÇÃO	Biológicas	FORMIGA	250
UNIFORMG	SERVIÇO SOCIAL	Humanas	FORMIGA	180

Uma vez identificada a oferta de vagas relacionadas com as instituições anteriormente citadas, elabora-se um índice de ponderação para preferência do candidato que relaciona a distância a ser percorrida entre a cidade de origem o centro universitário (d) e o índice IGC das instituições, compondo uma faixa de 0 a 1. Este índice de ponderação (P) é representado pela Equação 5.5

$$P = \frac{IGC}{5} x (-1,40E^{-11}d^5 + 6,75E^{-9}d^4 - 7,45E^{-7}d^3 - 3,84E^{-5}d^2 + 9,59E^{-4}d + 9,89E^{-1})$$

Equação 5.5

Onde:

- ✓ IGC = Índice geral de cursos avaliados da instituição;
- ✓ d = Distância entre o centro ofertante e o local de demanda.

Graficamente esta equação é representada pela Figura 5.24 considerando IGC igual a 5.

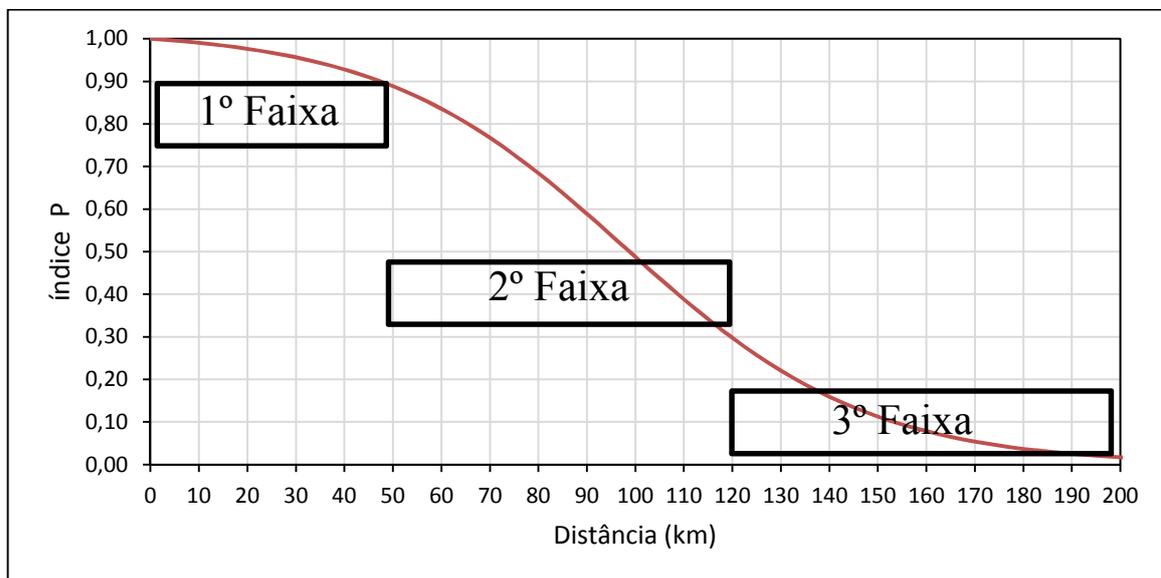


Figura 5.24: Comportamento do índice de ponderação em relação a distância para IGC=5.

Este índice foi determinado em função de análises de fluxos locais juntamente com pesquisas junto a população local durante a fase de levantamento de informações de campo. A Figura 5.24 ilustra graficamente o comportamento de passageiros estudantes obtido na forma de uma equação em função da distância onde têm-se as seguintes conclusões:

- ✓ A primeira faixa de distância entre 0 e 50 km permitem fluxos de passageiros com percursos diários, ou seja, grupos de alunos se deslocam diariamente para as instituições de ensino e retornam ao final do período diária de aulas;
- ✓ A segunda faixa de distância entre 50 e 120 km permitem fluxos de passageiros com percursos semanais, ou seja, grupo de alunos se deslocam no início da semana para as instituições de ensino e retornam ao final do período de aulas de uma semana;

- ✓ A terceira faixa de distância de 120 km a distâncias superiores permitem fluxos de passageiros com frequência mensal ou superior, ou seja, grupo de alunos se deslocam para as instituições de ensino e retornam para os municípios de origem ao final de períodos mensais ou superiores.

Este comportamento identificado na região de estudo permite avaliar a frequência de utilização dos modais de transporte por esta classe denominada estudantes. Para este estudo este índice vai ser fundamental para a escolha que o estudante faz quanto ao modal a ser utilizado no processo de simulação.

Um fator para distância foi determinado para a diferenciação de preferência dos estudantes em função do modal de transporte, conforme

$$D_{\text{Equivalente}} = D_{\text{Rodoviária}} + D_{\text{Hidroviária}}^{\alpha} \quad \text{Equação 5.6}$$

Onde:

- ✓ $D_{\text{Equivalente}}$ = Distância equivalente aos modais (km);
- ✓ $D_{\text{Rodoviária}}$ = Distância Rodoviária (km);
- ✓ $D_{\text{Hidroviária}}$ = Distância Hidroviária (km);
- ✓ α = Fator de preferência hidroviária.

Para as análises realizadas na sequência serão consideradas apenas a preferência dos municípios de atendimento a demanda em função da distância até instituição de ensino e a sua respectiva avaliação IGC, ou seja, não serão avaliadas as possibilidades de resultados dos vestibulares e outros métodos de avaliação do aluno frente a instituição.

Na Tabela 8.6 e na Tabela 8.7, em anexo, apresenta-se a dinâmica de passageiros da área de exatas para valores de α igual a 0,7 e 1 respectivamente. Nesta área apenas o município de Alfenas apresenta oferta de vagas, onde neste caso a preferência se dará apenas quanto a distância dos municípios demandantes.

Observa-se na Tabela 8.6 que quando o transporte é realizado apenas pelo modal rodoviário, o município de Alfenas atende primeiro a demanda local e posteriormente os municípios mais próximos. Quando o transporte realizado é o hidroviário juntamente com trechos de interligação rodoviário, essa dinâmica muda completamente, ou seja, municípios que estão do outro lado do reservatório passam a ter sua demanda na área de exatas atendida, como é o caso do município de Capitólio. Este fato se deve a redução do custo em função da distância percorrida pelos modais.

Na Tabela 8.8 e na Tabela 8.9, em anexo, apresenta-se a dinâmica de passageiros da área de humanas para valores de α igual a 0,7 e 1 respectivamente. Nesta área os três municípios onde foram identificadas instituições de ensino apresentam oferta de vagas, onde neste caso a preferência se dará quanto a distância dos municípios demandantes e a nota IGC da instituição.

Observa-se na Tabela 8.8 que a demanda de vagas total é superior a oferta de vagas das instituições, ou seja, uma parte dos passageiros deverá se deslocar para uma área externa para suprir a demanda.

Quando o transporte é realizado apenas pelo modal rodoviário, existe claramente uma busca pelos municípios que apresentam distâncias relativamente mais próximas as instituições com maior valor de IGC. Uma vez preenchidas as vagas que os municípios com maior peso na demanda, as demais são preenchidas pelos municípios na sequência das preferências.

Semelhantemente a análise realizada para a área de exatas quando o transporte passa a ser realizado pelo modal hidroviário juntamente com trechos de interligação rodoviário, essa dinâmica muda completamente, mas neste caso ocorre uma migração de alunos entre os municípios e também das instituições preferidas, este fato se deve ao aumento de preferência devido a redução do custo em função da distância percorrida pelos modais.

Na Tabela 8.10 e na Tabela 8.11, em anexo, apresenta-se a dinâmica de passageiros da área de biológicas para valores de α igual a 0,7 e 1 respectivamente. Nesta área os três municípios onde foram identificadas instituições de ensino apresentam oferta de vagas, onde neste caso a preferência se dará quanto a distância dos municípios demandantes e a nota IGC da instituição.

Observa-se na Tabela 8.10 que a demanda de vagas total é inferior a oferta de vagas das instituições, ou seja, todos passageiros deverão ter suas preferências atendidas nas instituições de ensino da área de influência direta e ainda alunos de outra regiões poderão se deslocar para o preenchimento das vagas restantes.

Quando o transporte é realizado apenas pelo modal rodoviário, existe claramente uma busca pelos municípios que apresentam distâncias relativamente mais próximas as instituições com maior valor de IGC. Uma vez preenchidas as vagas que os municípios com maior peso na demanda, as demais são preenchidas pelos municípios na sequência das preferências.

Semelhantemente a análise realizada para a área de exatas e a área de humanas quando o transporte passa a ser realizado pelo modal hidroviário juntamente com trechos de

interligação rodoviário, essa dinâmica muda completamente, mas neste caso ocorre uma migração de alunos entre os municípios e também das as instituições preferidas, este fato se deve ao aumento de preferência devido a redução do custo em função da distância percorrida pelos modais.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho permitiu contribuir com uma metodologia para avaliação da viabilidade de implantação do transporte pelo modal hidroviário, por meio de modelos para mercados existentes e mercados potenciais.

Conforme apresentado neste trabalho, os modelos para mercados existentes se fundamentam em histórico de informações, enquanto os para mercados potenciais são fundamentados em análises espaciais conjuntamente com possíveis tendências almejadas pelas populações regionais.

Estes modelos são fundamentais, uma vez que desta forma torna-se possível a identificação de mercados possíveis em regiões até então não exploradas. Através destes modelos pode-se identificar inicialmente algum processo de transporte que permita a implantação deste modal de transporte e à medida que este mercado se desenvolvesse, novas tendências e outros mercados poderiam surgir e assim proporcionando a ampliação deste modal

A proposta de uma hidrovía para o reservatório da hidrelétrica de FURNAS além de fortalecer o estabelecimento de um nível de referência que permita a garantia dos interesses múltiplos, proporciona ainda o desenvolvimento de setores econômicos até então considerados inviáveis em função do grande deslocamento rodoviário. Este trabalho sugere, mediante a pesquisas junto a população local e segundo um trabalho realizado por Ribeiro Júnior (2004) que a cota de operação que melhor atende seria a de cotas entorno da 762 m. Baseado nesta cota de referência, recomenda-se um estudo de batimetria para avaliação dos acessos dos municípios ao reservatório, uma vez dado o rebaixamento do nível normal estabelecido na cota 768 metros.

Foram abordados neste trabalho a integração do reservatório de FURNAS com regiões como a cidade de Pouso Alegre através do rio Sapucaí, a região do rio São Francisco através do dique de Capitólio e também a integração com os reservatórios do rio Grande, permitindo grandes fluxos de mercadorias, redução de custos e maior confiabilidade no escoamento.

Realizou-se também a identificação de possíveis cotas de referência que permitissem o adequado funcionamento hidroviário sem grandes modificações nas estruturas existentes, principalmente as pontes. Realizou-se ainda um trabalho de caracterização das mesmas avaliando alguns parâmetros necessários para a possibilidade de navegabilidade.

A avaliação de alternativas mencionadas neste trabalho mostrou que é possível uma viabilização da hidrovía do lago de FURNAS segundo as três possibilidades representadas.

Ressalta-se que outras alternativas além das mencionadas neste trabalho também poderiam ser analisadas, tais como o calcário originados da região de Arcos, o eucalipto e a Cana de Açúcar produzida na região.

É importante destacar que uma vez implantada a hidrovía, outros produtos ou serviços se apresentarão viabilidade e assim novas rotas surgirão, reduzindo assim ainda mais custos relacionados a mesma.

A primeira alternativa mencionada está relacionada ao transporte de resíduos sólidos. Observa-se que independentemente da população para o ano de 2014 ou para a projetada para o ano de 2025, a região potencial para a destinação dos resíduos sólidos não se altera nos dois modais de transporte analisados.

Os resultados obtidos permitem concluir que existe uma mudança de preferência do local de destinação dos resíduos sólidos quando alteramos o modal de transporte. É importante ressaltar que uma otimização da rota ainda pode ser estabelecida, melhorando ainda mais os índices do transporte hidroviário, uma vez que as rotas analisadas foram de ida e vinda para cada município de maneira independente.

A segunda alternativa está relacionada com a substituição de um trecho rodoviário por um misto de hidroviário mais um complemento rodoviário. Para este trabalho foi avaliado a MG-050 que acompanha a parte superior do reservatório da hidrelétrica de FURNAS. Para a esta avaliação tomou-se uma análise de custos segundo algumas premissas adotadas, que em função do frete rodoviário adotado, estabelecem ordens de preferência distintas. Foi possível identificar que para valores superiores a 0,30 R\$/ (ton.km) a preferência no caso estudado se desloca para o misto hidroviário com trecho complementar rodoviário. Estes valores de fretes foram identificados em algumas empresas de transporte no Brasil e são aplicados atualmente, portanto uma viabilização da implantação deste modal se torna algo factível. Diante das análises realizadas têm-se as seguintes conclusões:

- ✓ A medida que o custo do frete estabelecido aumenta, o transporte hidroviário se apresenta mais vantajoso;
- ✓ A carga transportada para os dois métodos é equivalente, não influenciando quantidade;
- ✓ O tempo de percurso torna-se maior durante o transporte hidroviário + rodoviário, porém o segundo trecho (hidroviário) pode ser realizado no período noturno onde o caminhoneiro realiza seu descanso;
- ✓ O transporte hidroviário + rodoviário desvia de 4 pedágios na MG-050 e absorve 3 pedágios na BR 381 com custo atualmente inferiores;

- ✓ O transporte hidroviário + rodoviário permite mais semi reboques embarcados, aumentando a capacidade de transporte de carga diária.

A terceira alternativa estudada está relacionada com o transporte de passageiros, sendo neste caso estudantes de graduação, que poderiam ter seus deslocamentos rodoviários substituídos pelo hidroviário. Este grupo de estudantes foi dividido em três grupos: ciências exatas, ciências humanas e ciências biológicas. Foi possível observar que o transporte por meio hidroviário muda completamente a dinâmica de preferências, que está diretamente relacionada com a distância percorrida, permitindo portanto uma maior dinâmica de alunos dos municípios lindeiros.

Vale ressaltar que outros produtos poderiam compor as análises realizadas, porém o intuito deste trabalho representa uma prospecção de alternativas iniciais que permitiriam a implantação da hidrovía no reservatório da hidrelétrica de FURNAS.

Uma vez a hidrovía implantada, novas rotas surgiriam juntamente com o desenvolvimento de regiões até então consideradas inviáveis, além das possíveis demandas identificadas e citadas neste trabalho.

Além disso, ao se manter os reservatórios com armazenamentos mais elevados devido a implantação da hidrovía, a confiabilidade do sistema energético aumenta devido ao maior estoque hídrico garantido.

Apresenta-se como proposta de trabalhos futuros:

- ✓ Estudo de viabilidade da hidrovía frente a sazonalidade dos produtos transportados;
- ✓ Caracterização das pontes e sugestões de modificações de acordo com as embarcações tipos adotadas;
- ✓ Análise da viabilidade da integração do reservatório de FURNAS com regiões como a cidade de Pouso Alegre através do rio Sapucaí, a região do rio São Francisco através do dique de Capitólio e também a integração com os reservatórios do rio Grande, bem como o estudo de cargas potenciais que se deslocariam através das mesmas.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional das Águas. Hidroweb – Sistemas de Informações Hidrológicas. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=4100>>. Acesso em julho de 2014.

ANEEL, BIG – Banco de Informações de Geração, Disponível em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>, e acessada em 05 de Fevereiro de 2014.

ATLAS digital das águas de minas; uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Coordenação técnica, direção e roteirização Humberto Paulo Euclides. 2º edição. Belo Horizonte: RURALMINAS; Viçosa, MG: UFV. 2007.

Batalha, M. O. (2008) Gestão Agroindustrial. 3ed. São Paulo. Atlas.

Ballou, R. H. (2006) Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5 ed. Porto Alegre: Bookman.

Bowersox, D. J. e Closs, D. J. (2001) Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo. Atlas.

BRIGHETTI, G. Obras Fluviais. Notas de Aula PHD 5023 – Obras Fluviais. São Paulo, SP: EPUSP, 2001. 71 p.

CAIXETA FILHO, J.V. A modelagem de perdas no transporte de produtos agrícolas.

Piracicaba, 1995. 112p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” , Universidade de São Paulo.

CERNE, Centro de Excelência em recursos naturais e energia (2006). Projeto de Elaboração de Estudos de Revisão de Critérios Operativos dos Reservatórios do Sistema Interligado Nacional Buscando Oportunidades para a Geração Termelétrica. Janeiro de 2006.

COSTA, F. Secretário Executivo da Associação dos Municípios do Lago de Furnas (ALAGO). Entrevista realizada no dia 30/06/2014.

Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o código das águas. Diário Oficial da União – Seção 1 – 20/07/1934, página 14738 (Publicação Original). Rio de Janeiro, 10 de Julho de 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm. Acesso em 30/05/2014.

DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Disponível em: www.dnit.gov.br/. Acessado em 12/11/2013.

FERNANDES, C.T.C. & BURSZTYN, M.A.A. Usos Múltiplos das Águas de Reservatórios de Grandes Hidrelétricas: Perspectivas e Contradições ao Desenvolvimento Regional

Sustentável . In: IV ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2008. Anais... Brasília: ANPPAS, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Site que traz informações a respeito dos municípios brasileiros. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acessado em 02 de Junho de 2014.

JUNIOR RIBEIRO, L. U. (2004). Contribuições Metodológicas Visando a Outorga do Uso de Recursos Hídricos para Geração Hidrelétrica. Itajubá – MG.

KOO, W.W. & LARSON, D.W. Transportation Models for Agricultural Products. Boulder: Westview Press, 1985. 211p.

MUN, J. Modeling Risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Stochastic Forecasting and Portfolio Optimization. 2ª ed., New York: John Wiley & Sons, 2010.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Site que traz informações a respeito sistema elétrico nacional. Disponível em: <http://www.ons.org.br/home/>. Acessado em 02 de Junho de 2014.

PDRH – Furnas. Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas. (Unidade de Gestão GD3). FUPAI – Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria. 2009.

PEGORARO, L.S. , Projeto Tietê. 1º.ed. São Paulo: Gráfica Estadão, 1994. p.208; 237.

PNLT - Plano Nacional de logística e Transportes. Base de Dados Georreferenciada, 2010.

Reis, S. A. (2007) Demanda por Transporte Ferroviário: O Caso do Transporte de Açúcar na Malha Ferroviária da Região Centro-Sul. Dissertação de Mestrado. PUC RIO. Rio de Janeiro.

RODRIGUES, R. A.; LEMGRUBER, T.. Projeto de Sistemas Oceânicos. UFRJ, 2008.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrósio. Introdução aos sistemas de transportes no Brasil e à logística internacional / Paulo Roberto Ambrósio Rodrigues. 4. ed rev. e ampl. São Paulo: Aduaneiras, 2007.

SANTANA, W. A. Proposta de diretrizes para planejamento e gestão ambiental do transporte hidroviário no Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

SANTOS, A. H. M. (1978). Planejamento de Centrais Hidrelétricas de Pequeno Porte. Tese de Doutorado apresentada à FEE/UNICAMP.

SANTOS, A. A. M.(2009). Alocação Territorial de Longo Prazo de Vazões Outorgáveis com

Diferentes Garantias. Tese de Doutora do em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD- __/2010, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 214p.

SANTOS, A. R. M.. Membro do Grupo Tático de Movimentação de Cargas do Ministério de Transportes. Entrevista realizada no dia 01/12/2014.

SOUZA, Z.; SANTOS, A.H.M.; BORTONI, E.C.(1999). Centrais Hidrelétricas: Estudos para Implantação. Centrais Elétricas Brasileiras S. A. – ELETROBRÁS.

8 - ANEXOS

8.1 - Municípios da área de estudo

A Tabela 8.1 e a

Tabela 8.2 apresentam as áreas territoriais dos municípios inseridos nas áreas de influência direta e indireta, respectivamente.

Tabela 8.1: Áreas dos municípios localizados na Área de influência direta.

Município	Identificação	Área [km²]
Aguanil	1D	234,95
Alfenas	2D	846,74
Alterosa	3D	365,04
Areado	4D	281,78
Boa Esperança	5D	857,24
Cabo Verde	6D	366,87
Campo Belo	7D	526,15
Campo do Meio	8D	274,23
Campos Gerais	9D	768,78
Cana Verde	10D	211,94
Capitólio	11D	522,69
Carmo do Rio Claro	12D	1062,90
Conceição da Aparecida	13D	348,67
Coqueiral	14D	297,52
Cristais	15D	626,81
Divisa Nova	16D	216,66
Elói Mendes	17D	498,15
Fama	18D	87,23
Formiga	19D	1500,63
Guapé	20D	934,77
Ilicínea	21D	376,20
Nepomuceno	22D	581,68
Paraguaçu	23D	424,96
Perdões	24D	277,60
Pimenta	25D	414,94
Santana da Vargem	26D	171,65
São João Batista do Glória	27D	554,39
São José da Barra	28D	312,77
Três Pontas	29D	689,10
Área Total [km²]		14633,03

Tabela 8.2: Áreas dos municípios localizados na Área de influência indireta.

Município	Identificação	Área [km²]
Águas da Prata	1I	143,25
Alpinópolis	2I	459,75
Andradas	3I	467,97
Araújos	4I	244,38
Arceburgo	5I	162,06
Arcos	6I	509,80
BambuÍ	7I	1452,76
Bandeira do Sul	8I	46,40
Bom Despacho	9I	1208,50
Bom Jesus da Penha	10I	208,85
Bom Sucesso	11I	705,36
Botelhos	12I	334,13
Caconde	13I	469,52
Caldas	14I	712,84
Camacho	15I	221,65
Cambuquira	16I	245,32
Campanha	17I	335,76
Campestre	18I	576,24
Campos Altos	19I	719,38
Candeias	20I	720,21
Capetinga	21I	298,07
Careaçu	22I	182,25
Carmo da Cachoeira	23I	505,40
Carmo da Mata	24I	356,22
Carmópolis de Minas	25I	400,19
Carvalhópolis	26I	80,23
Cássia	27I	644,69
Cláudio	28I	631,63
Congonhal	29I	206,32
Cordislândia	30I	180,44
Córrego Danta	31I	643,38
Córrego Fundo	32I	105,36
Delfinópolis	33I	1377,58
Divinolândia	34I	222,96
Divinópolis	35I	708,40
Doresópolis	36I	154,16
Espírito Santo do Dourado	37I	263,84
Fortaleza de Minas	38I	219,09
Guaranésia	39I	293,81
Guaxupé	40I	284,79
Heliodora	41I	154,38
Ibityúra de Minas	42I	68,27

Município	Identificação	Área [km²]
Iguatama	43I	629,68
Ijaci	44I	105,83
Ipuiúna	45I	297,07
Itamogi	46I	236,64
Itapecerica	47I	1041,15
Itaú de Minas	48I	153,72
Jacuí	49I	410,03
Japaraíba	50I	172,42
Juruiaia	51I	219,25
Lagoa da Prata	52I	439,38
Lambari	53I	213,47
Lavras	54I	562,85
Luz	55I	1170,06
Machado	56I	583,17
Medeiros	57I	939,88
Mococa	58I	854,77
Moema	59I	203,20
Monsenhor Paulo	60I	215,47
Monte Belo	61I	421,45
Monte Santo de Minas	62I	590,51
Muzambinho	63I	409,68
Nova Resende	64I	389,79
Oliveira	65I	895,10
Pains	66I	416,83
Passos	67I	1336,18
Pedra do Indaiá	68I	348,62
Perdigão	69I	249,83
Piumhi	70I	899,49
Poço Fundo	71I	474,40
Poços de Caldas	72I	543,61
Pouso Alegre	73I	543,56
Pratápolis	74I	214,64
Pratinha	75I	619,58
Ribeirão Vermelho	76I	40,01
Santa Rita de Caldas	77I	503,45
Santana do Jacaré	78I	106,84
Santo Antônio do Amparo	79I	491,70
Santo Antônio do Monte	80I	1128,81
São Francisco de Paula	81I	316,97
São Gonçalo do Sapucaí	82I	516,53
São João da Mata	83I	120,10
São José do Rio Pardo	84I	418,27
São Pedro da União	85I	258,95
São Roque de Minas	86I	2100,23

Município	Identificação	Área [km²]
São Sebastião da Bela Vista	87I	166,72
São Sebastião da Gramma	88I	252,00
São Sebastião do Oeste	89I	404,04
São Sebastião do Paraíso	90I	822,68
São Tomás de Aquino	91I	277,31
Senador José Bento	92I	94,42
Serrania	93I	210,56
Silvianópolis	94I	312,67
Tapira	95I	1180,75
Tapiraí	96I	411,67
Tapiratiba	97I	219,94
Três Corações	98I	825,73
Turvolândia	99I	220,97
Vargem Bonita	100I	408,20
Varginha	101I	395,47
Área Total [km²]		46931,92

8.2 - Distâncias intermunicipais

A Tabela 8.3 apresenta as distâncias intermunicipais através de rodovias, enquanto a Tabela 8.4 e a Tabela 8.5 apresentam as distâncias intermunicipais para transporte hidroviário, e os trechos rodoviários complementares, respectivamente.

Tabela 8.3: Matriz de distâncias Rodoviárias em km.

ORIGEM DESTINO	Aguanil	Alfenas	Alterosa	Areado	Boa Esperança	Cabo Verde	Campo Belo	Campo do Meio	Campos Gerais	Cana Verde	Capitólio	Carmo do Rio Claro	Conceição da Aparecida	Coqueiral	Cristais	Divisa Nova	Elói Mendes	Fama	Formiga	Guapé	Ilíцина	Nepomuceno	Paraguacu	Perdões	Pimenta	Santana da Vargem	São João Batista do Glória	São José da Barra	Três Pontas
Aguanil																													
Alfenas	109																												
Alterosa	157	46																											
Areado	170	34	15																										
Boa Esperança	41	72	123	105																									
Cabo Verde	218	88	71	59	189																								
Campo Belo	24	164	196	192	60	248																							
Campo do Meio	68	58	58	91	33	146	86																						
Campos Gerais	73	37	37	70	34	125	91	22																					
Cana Verde	42	159	202	198	79	236	20	105	110																				
Capitólio	199	195	131	156	172	187	158	176	204	171																			
Carmo do Rio Claro	124	83	39	51	96	105	142	100	119	161	100																		
Conceição da Aparecida	181	72	28	40	114	89	159	118	109	206	118	23																	
Coqueiral	68	82	151	147	29	212	86	52	46	71	201	123	140																
Cristais	19	115	161	162	47	235	38	74	79	57	182	129	147	65															
Divisa Nova	200	40	45	33	109	34	167	97	76	187	177	82	72	121	154														
Elói Mendes	171	52	93	81	80	136	149	109	88	134	225	130	119	78	125	86													
Fama	113	18	61	49	74	104	170	61	41	150	193	98	88	86	119	55	53												
Formiga	78	205	212	216	109	271	57	135	140	76	89	182	200	127	87	216	187	181											
Guapé	95	136	116	128	68	191	113	72	99	132	35	83	100	86	101	159	146	139	99										
Ilíцина	72	103	95	107	45	167	90	49	58	109	111	62	79	63	78	139	123	116	111	30									
Nepomuceno	93	138	179	175	54	246	60	85	71	42	212	148	165	30	97	246	94	111	116	119	96								
Paraguacu	156	34	75	63	104	118	155	91	71	148	207	112	101	95	147	64	25	28	209	168	145	115							
Perdões	54	154	199	186	90	252	32	114	100	14	184	173	194	59	68	175	119	140	88	148	121	30	136						
Pimenta	130	171	162	174	103	223	116	107	134	135	47	118	135	121	140	194	181	174	47	53	64	154	202	141					
Santana da Vargem	68	90	134	99	29	197	86	51	29	83	201	123	138	26	73	105	64	70	135	94	71	41	85	70	129				
São João Batista do Glória	201	177	109	139	150	149	210	154	182	228	64	76	94	168	183	153	201	169	146	137	116	201	183	226	104	177			
São José da Barra	183	133	89	101	130	122	193	134	161	212	48	56	73	148	163	132	181	149	130	116	95	181	158	206	88	156	34		
Três Pontas	78	94	146	124	39	195	96	70	55	93	211	133	150	36	83	130	46	93	145	104	81	51	67	80	139	22	186	166	

Tabela 8.4: Matriz de distâncias Hidroviária em km.

ORIGEM/DESTINO	Aguaniil	Alfenas	Alterosa	Areado	Boa Esperança	Cabo Verde	Campo Belo	Campo do Meio	Campos Gerais	Cana Verde	Capitólio	Carmo do Rio Claro	Conceição da Aparecida	Coqueiral	Cristais	Divisa Nova	Elói Mendes	Fama	Formiga	Guapé	Ilicínea	Nepomuceno	Paraguçu	Perdões	Pimenta	Santana da Vargem	São João Batista da Barra	Três Pontas	
Aguaniil																													
Alfenas	202																												
Alterosa	216	36																											
Areado	220	18																											
Boa Esperança	22	211	221	218																									
Cabo Verde	220	19	45		227																								
Campo Belo		215	213	244	50	216																							
Campo do Meio	22	58	65	61		70	182																						
Campos Gerais	22	33	51	49		58	182	35																					
Cana Verde	54	245	250	246	50	259		216	216																				
Capitólio	88	133	125	120	93	139	85	103	100	121																			
Carmo do Rio Claro	150	67	66	64	51	73	148	44	55	172	54																		
Conceição da Aparecida	174	59	66	61	42	74	180	38	54	191	81	22																	
Coqueiral	34	225	70	68	29	238	49	182	182	24	100	154	181																
Cristais	16	223	206	189	26	236		180	180	58	87	127	151	25															
Divisa Nova	225	19	40	41	212		218	74	46	235	121	75	64	75	195														
Elói Mendes	278	112	104	104	274	113	266	112	89	278	136	116	109	123	197	108													
Fama	270	45	52	47	213	59	214	63	19	231	135	66	54	68	195	57	53												
Formiga	75	192	196	193	80	216		166	180	100	88	127	143	88	55	198	247	190											
Guapé	78	137	142	138	78	148	77	116	111	100	38	71	96	89	53	132	190	137	53										
Ilicínea	30	60	69	182	38	75	181	59	70	61	53	125	38	46	30	68	190	80	53	43									
Nepomuceno	63	254	255	253	56	263	25	222	218	27	145	178	100	30	65	247	301	248	117	113	82								
Paraguçu	233	62	77	63	236	74	265	81	42	295	146	75	85	86	195	108	37	25	198	169	100	231							
Perdões	63	251	256	253	59	263		229	218	25	145	186	200	30	66	264	302	258	113	100	66		270						
Pimenta	82	168	175	169	86	181	79	147	141	111	67	106	127	94	60	198	225	240	61	33	52	125	191	122					
Santana da Vargem	33	44	51	52		37	49	71	74	257	145	74	63	68	29	91	73	68	113	110	45	53	34	56	90				
São João Batista do Glória	156	154	164	132	150	91	148	128	110	183	59	88	112	139	129	178	231	180	131	77	130	192	194	201	108	196			
São José da Barra	119	150	154	123	132	91	114	122	90	143	12	47	57	94	86	135	106	105	91	47	97	152	137	158	65	119	23		
Três Pontas	220	82	88	94	106	68	251	97	76	290	121	186	95	67	196	91	72	34	113	109	81	313	21	55	209	38	181	138	

Tabela 8.5: Matriz de distâncias Rodoviária complementar a Hidroviária em km.

ORIGEM/DESTINO	Aguanil	Alfenas	Alterosa	Areado	Boa Esperança	Cabo Verde	Campo Belo	Campo do Meio	Campos Gerais	Cana Verde	Capitólio	Carmo do Rio Claro	Conceição da Aparecida	Coqueiral	Cristais	Divisa Nova	Elói Mendes	Fama	Formiga	Guapé	Ilicínea	Nepomuceno	Paraguaçu	Perdões	Pimenta	Santana da Vargem	São João Batista do Glória	São José da Barra	Três Pontas		
Aguanil	0																														
Alfenas	12	7																													
Alterosa	13	9																													
Areado	10	7	3	3																											
Boa Esperança	37	33	25	0	26																										
Cabo Verde	0	24	23	17	15	48																									
Campo Belo	33	3	3	3	0	26	18																								
Campo do Meio	35	10	9	11	0	33	31	14																							
Campos Gerais	11	4	7	7	5	24	0	14	17																						
Cana Verde	13	4	3	6	0	26	18	0	14	4																					
Capitólio	9	4	6	3	17	26	18	0	9	4	4																				
Carmo do Rio Claro	17	12	12	13	29	37	31	10	16	17	18	14																			
Conceição da Aparecida	18	20	36	36	11	37	27	11	31	14	36	16	22																		
Coqueiral	12	10	9	11	8	26	0	7	18	13	11	15	18	30																	
Cristais	18	17	8	14	27	0	35	10	29	17	21	15	25	47	24																
Divisa Nova	10	5	8	5	3	30	23	5	19	7	18	9	13	37	14	21															
Elói Mendes	6	4	3	3	3	26	19	0	6	4	3	4	10	33	8	15	4														
Fama	20	16	16	17	16	39	0	15	18	19	17	20	24	32	22	29	27	14													
Formiga	6	4	3	3	0	26	18	0	13	4	3	4	10	12	10	15	4	0	15												
Guapé	22	16	17	14	11	46	31	17	30	16	24	16	25	22	19	41	26	19	27	12											
Ilicínea	21	13	12	11	10	34	24	10	26	14	13	13	52	21	18	25	15	10	25	11	23										
Nepomuceno	16	10	15	13	12	36	29	9	21	14	15	14	24	42	19	34	14	10	27	14	33	23									
Paraguaçu	21	18	15	20	16	40	0	15	30	19	21	18	25	30	24	31	21	15	30	15	27	0	32								
Perdões	6	4	3	3	0	26	20	0	14	4	3	4	10	12	11	14	4	0	15	0	10	10	15								
Pimenta	26	27	26	23	0	47	34	22	36	24	36	33	32	55	30	34	26	29	52	30	36	35	32	39	27						
Santana da Vargem	8	4	5	23	0	41	18	3	35	5	5	5	13	33	10	17	6	2	17	2	14	13	14	16	2	22					
São João Batista do Glória	12	10	7	13	5	32	18	6	13	4	3	4	10	35	9	20	3	0	15	0	20	10	11	16	0	39	8				
São José da Barra	22	11	10	9	26	34	27	10	23	12	18	39	20	58	33	24	29	9	55	39	52	18	22	49	9	41	20	18			
Três Pontas																															

8.3 - Dinâmica de passageiros

Da Tabela 8.6 a Tabela 8.11 são apresentas as dinâmicas de passageiros da área de exatas, biológicas e humanas para valores de α igual a 0,7 e 1.

Tabela 8.6: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de exatas para $\alpha = 0,7$.

Município	Demanda	Oferta	Exatas																
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 0,7)				Diferença								
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Formiga	Campos Gerais	Externa			
Aguanil	19	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alfenas	1112	2820	1112	0	0	0	1112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alterosa	50	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Areado	111	0	111	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa Esperança	284	0	284	0	0	0	0	0	0	0	284	0	0	-284	0	0	0	284	0
Cabo Verde	97	0	97	0	0	0	0	0	0	0	97	0	0	-97	0	0	0	97	0
Campo Belo	361	0	0	0	0	361	0	0	0	0	0	0	361	0	0	0	0	0	0
Campo do Meio	88	0	88	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campos Gerais	270	0	270	0	0	0	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cana Verde	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
Capitólio	68	0	0	0	0	68	68	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	-68	0
Carmo do Rio Claro	192	0	192	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conceição da Aparecida	50	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coqueiral	45	0	45	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	-45	0	0	0	45	0
Cristais	56	0	0	0	0	56	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0
Divisa Nova	28	0	28	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elói Mendes	197	0	197	0	0	0	197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fama	19	0	19	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formiga	509	0	0	0	0	509	0	0	0	0	509	0	0	0	0	0	0	0	0
Guapé	57	0	0	0	0	57	9	0	0	0	48	9	0	9	0	0	0	-9	0
Ilicínea	75	0	0	0	0	75	75	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	-75	0
Nepomuceno	133	0	0	0	0	133	0	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0	0	0

Município	Demanda	Oferta	Exatas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 0,7)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Paraguaçu	181	0	181	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdões	210	0	0	0	0	0	210	0	0	0	0	210	0	0	0	0
Pimenta	80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	80	0	0	0	0
Santana da Vargem	45	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	45	-45	0	0	45
São João Batista do Glória	43	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	43	0	0	0	0
São José da Barra	41	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	41	0	0	0	0
Três Pontas	371	0	51	0	0	0	320	371	0	0	0	0	320	0	0	-320

Tabela 8.7: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de exatas para $\alpha = 1$.

Município	Demanda	Oferta	Exatas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 1)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Aguanil	19	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	19	0	0	0	0
Alfenas	1112	2820	1112	0	0	0	0	1112	0	0	0	0	0	0	0	0
Alterosa	50	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Areado	111	0	111	0	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa Esperança	284	0	284	0	0	0	0	0	0	0	0	284	-284	0	0	284
Cabo Verde	97	0	97	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0
Campo Belo	361	0	0	0	0	0	361	0	0	0	0	361	0	0	0	0
Campo do Meio	88	0	88	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0

Município	Demanda	Oferta	Exatas														
			Rodoviário					Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 1)					Diferença				
			Atenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Atenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Atenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Atenas	Formiga	Campos Gerais
Campos Gerais	270	0	270	0	0	0	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cana Verde	15	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	0
Capitólio	68	0	0	0	0	68	0	0	68	0	0	0	68	0	0	0	0
Carmo do Rio Claro	192	0	192	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conceição da Aparecida	50	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coqueiral	45	0	45	0	0	0	0	0	45	0	0	0	45	-45	0	0	45
Cristais	56	0	0	0	0	56	0	0	56	0	0	0	56	0	0	0	0
Divisa Nova	28	0	28	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elói Mendes	197	0	197	0	0	0	132	0	0	0	0	65	-65	0	0	0	65
Fama	19	0	19	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formiga	509	0	0	0	0	509	0	0	0	0	0	509	0	0	0	0	0
Guapé	57	0	0	0	0	57	0	0	57	0	0	57	0	0	0	0	0
Ilicínea	75	0	0	0	0	75	75	0	0	0	0	0	75	75	0	0	-75
Nepomuceno	133	0	0	0	0	133	0	0	133	0	0	133	0	0	0	0	0
Paraguaçu	181	0	181	0	0	0	181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdões	210	0	0	0	0	210	0	0	210	0	0	210	0	0	0	0	0
Pimenta	80	0	0	0	0	80	0	0	80	0	0	80	0	0	0	0	0
Santana da Vargem	45	0	45	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
São João Batista do Glória	43	0	0	0	0	43	0	0	43	0	0	43	0	0	0	0	0
São José da Barra	41	0	0	0	0	41	0	0	41	0	0	41	0	0	0	0	0
Três Pontas	371	0	51	0	0	320	371	0	0	0	0	0	320	371	0	0	-320

Tabela 8.8: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Humanas para $\alpha = 0,7$.

Município	Demanda	Oferta	Humanas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 0,7)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Aguaí	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alfenas	1483	2950	1483	0	0	0	0	1483	0	0	0	0	0	0	0	0
Alterosa	66	0	66	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0
Areão	148	0	148	0	0	0	0	148	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa Esperança	379	0	148	0	231	0	0	0	0	0	379	0	-148	0	148	0
Cabo Verde	129	0	0	0	0	129	0	0	0	0	0	129	0	0	0	0
Campo Belo	481	0	0	15	0	467	0	0	121	0	0	360	0	106	0	-106
Campo do Meio	117	0	117	0	0	0	0	117	0	0	0	0	0	0	0	0
Campos Gerais	360	640	360	0	0	0	0	99	0	261	0	0	-261	0	261	0
Cana Verde	20	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
Capitólio	90	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0
Carmo do Rio Claro	255	0	0	0	0	255	0	255	0	0	0	0	255	0	0	-255
Conceição da Aparecida	66	0	0	0	0	66	0	66	0	0	0	0	66	0	0	-66
Coqueiral	60	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	60	0	0	-60	60
Cristais	74	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0
Divisa Nova	37	0	37	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0
Elói Mendes	263	0	263	0	0	0	0	263	0	0	0	0	0	0	0	0
Fama	26	0	26	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
Formiga	679	800	0	679	0	0	0	0	679	0	0	0	0	0	0	0
Guapé	76	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0
Ilicínea	99	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0	99	0	0	-99	99
Nepomuceno	178	0	0	0	178	0	0	0	0	0	0	178	0	0	-178	178

Município	Humanas															
	Demanda	Oferta	Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 0,7)				Diferença					
			Alfenas	Formiça	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiça	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiça	Campos Gerais	Externa		
Paraguaçu	241	0	241	0	0	0	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdões	280	0	0	0	0	280	0	0	0	280	0	0	0	0	0	0
Pimenta	106	0	0	106	0	0	0	0	0	106	0	-106	0	106	0	60
Santana da Vargem	60	0	60	0	0	0	0	0	0	60	0	-60	0	0	0	17
São João Batista do Glória	58	0	0	0	17	41	0	0	0	58	0	0	0	-17	0	54
São José da Barra	54	0	0	0	54	0	0	0	0	54	0	0	0	-54	0	148
Três Pontas	495	0	0	0	0	495	148	0	0	347	0	148	0	0	0	-148

Tabela 8.9: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Humanas para $\alpha = 1$.

Município	Humanas															
	Demanda	Oferta	Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 1)				Diferença					
			Alfenas	Formiça	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiça	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiça	Campos Gerais	Externa		
Aguaniil	25	0	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	0	25	-25
Alfenas	1483	2950	1483	0	0	0	1483	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alterosa	66	0	66	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Areado	148	0	148	0	0	0	148	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa Esperança	379	0	148	0	231	0	0	0	0	379	0	-148	0	148	0	0
Cabo Verde	129	0	0	0	0	129	129	0	0	0	0	129	0	0	0	-129
Campo Belo	481	0	0	15	0	467	0	121	0	0	0	106	0	0	0	-106
Campo do Meio	117	0	117	0	0	0	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Município	Demanda	Oferta	Humanas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 1)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Campos Gerais	360	640	360	0	0	0	0	360	0	0	0	0	0	0	0	0
Cana Verde	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0
Capitólio	90	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	90	0	0	0	0
Carmo do Rio Claro	255	0	0	0	0	0	255	19	0	236	0	0	19	0	236	-255
Conceição da Aparecida	66	0	0	0	0	0	66	66	0	0	0	0	66	0	0	-66
Coqueiral	60	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	60	0	-60	0	60
Cristais	74	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	74	0	0	0	0
Divisa Nova	37	0	37	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0
Elói Mendes	263	0	263	0	0	0	0	0	0	0	263	0	-263	0	0	263
Fama	26	0	26	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
Formiga	679	800	0	679	0	0	0	0	679	0	0	0	0	0	0	0
Guapé	76	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	76	0	0	0	0
Ilicínea	99	0	0	99	0	0	0	99	0	0	0	0	99	0	-99	0
Nepomuceno	178	0	0	178	0	0	0	0	0	0	178	0	0	0	-178	178
Paraguaçu	241	0	241	0	0	0	0	241	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdões	280	0	0	0	0	0	280	0	0	0	280	0	0	0	0	0
Pimenta	106	0	0	106	0	0	0	0	0	0	106	0	0	-106	0	106
Santana da Vargem	60	0	60	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
São João Batista do Glória	58	0	0	17	41	0	0	0	0	0	58	0	0	0	-17	17
São José da Barra	54	0	0	54	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	-54	54
Três Pontas	495	0	0	0	495	97	0	97	0	0	398	97	0	0	0	-97

Tabela 8.10: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Biológicas para $\alpha = 0,7$.

Município	Demanda	Oferta	Biológicas														
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 0,7)				Diferença						
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa			
Aguaniil	19	0	0	0	19	0	0	0	19	0	0	0	19	0	-19	0	0
Alfenas	1112	4338	1112	0	0	0	0	0	1112	0	0	0	0	0	0	0	0
Alterosa	50	0	50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Areado	111	0	111	0	0	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa Esperança	284	0	284	0	0	0	0	0	284	0	0	0	0	0	0	0	0
Cabo Verde	97	0	97	0	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0
Campo Belo	361	0	0	79	282	0	0	0	0	361	0	0	0	282	-282	0	0
Campo do Meio	88	0	88	0	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0
Campos Gerais	270	1120	270	0	0	0	0	0	270	0	0	0	0	0	0	0	0
Cana Verde	15	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	-15	0	0
Capitólio	68	0	0	68	0	0	0	0	68	0	0	0	0	68	-68	0	0
Carmo do Rio Claro	192	0	192	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0
Conceição da Aparecida	50	0	50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Coqueiral	45	0	45	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	-45	45	0	0
Cristais	56	0	0	0	56	0	0	0	56	0	0	0	0	56	0	-56	0
Divisa Nova	28	0	28	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
Elói Mendes	197	0	197	0	0	0	0	0	197	0	0	0	0	0	0	0	0
Fama	19	0	19	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Formiga	509	750	0	509	0	0	0	0	447	62	0	0	447	-447	0	0	0
Guapé	57	0	0	0	57	0	0	0	57	0	0	0	57	0	-57	0	0
Ilicínea	75	0	0	0	75	0	0	0	75	0	0	0	75	0	-75	0	0
Nepomuceno	133	0	0	0	133	0	0	0	133	0	0	0	133	0	-133	0	0

Município	Demanda	Oferta	Biológicas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 0,7)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Paraguaçu	181	0	181	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdões	210	0	0	0	210	0	0	210	0	0	0	0	210	0	-210	0
Pimenta	80	0	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	80	-80	0	0
Santana da Vargem	45	0	45	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
São João Batista do Glória	43	0	43	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0
São José da Barra	41	0	41	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0
Três Pontas	371	0	83	0	288	0	0	371	0	0	0	0	288	0	-288	0

Tabela 8.11: Dinâmica de Passageiros estudantes da área de Biológicas para $\alpha = 1$.

Município	Demanda	Oferta	Biológicas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 1)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Aguaniil	19	0	0	0	19	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
Alfenas	1112	4338	1112	0	0	0	0	1112	0	0	0	0	0	0	0	0
Alterosa	50	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Areado	111	0	111	0	0	0	0	111	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa Esperança	284	0	284	0	0	0	0	0	0	0	284	0	-284	0	284	0
Cabo Verde	97	0	97	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0
Campo Belo	361	0	0	79	282	0	0	0	361	0	0	0	0	282	-282	0
Campo do Meio	88	0	88	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0

Município	Demanda	Oferta	Biológicas													
			Rodoviário				Rodoviário + Hidroviário (Alfa = 1)				Diferença					
			Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa	Alfenas	Formiga	Campos Gerais	Externa		
Campos Gerais	270	1120	270	0	0	0	0	270	0	0	0	0	0	0	0	0
Cana Verde	15	0	0	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	-15	15	0
Capitólio	68	0	0	68	0	0	0	0	0	68	0	0	0	-68	68	0
Carmo do Rio Claro	192	0	192	0	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0
Conceição da Aparecida	50	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Coqueiral	45	0	45	0	0	0	0	0	0	45	0	0	-45	45	0	0
Cristais	56	0	0	0	56	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0
Divisa Nova	28	0	28	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
Elói Mendes	197	0	197	0	0	0	0	197	0	0	0	0	0	0	0	0
Fama	19	0	19	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Formiga	509	750	0	509	0	0	0	0	389	120	0	0	-120	120	0	0
Guapé	57	0	0	0	57	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0
Ilicínea	75	0	0	0	75	0	0	75	0	0	0	0	75	-75	0	0
Nepomuceno	133	0	0	0	133	0	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0
Paraguaçu	181	0	181	0	0	0	0	181	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdões	210	0	0	0	210	0	0	51	0	159	0	0	51	-51	0	0
Pimenta	80	0	0	80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	-80	80	0
Santana da Vargem	45	0	45	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
São João Batista do Glória	43	0	43	0	0	0	0	0	0	43	0	0	-43	43	0	0
São José da Barra	41	0	41	0	0	0	0	0	0	41	0	0	-41	41	0	0
Três Pontas	371	0	83	0	288	0	0	371	0	0	0	0	288	0	-288	0