



EVTEA Malha Sul – Corredor Interestadual

Dimensão Operacional (EOP)

Produto 4.1 - Caderno de Estudos Operacionais e
de Capacidade – Volume I

Outubro / 2025



QUEIROZ • MALUF • REIS
INTELIGÊNCIA JURÍDICA

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVO	4
3 FONTES DE DADOS E INFORMAÇÕES	6
4 METODOLOGIA	6
4.1 Premissas e Restrições	7
4.2 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	8
5 ANÁLISE DO ESTUDO DE DEMANDA	9
5.1 Análise Consolidada dos Fluxos	9
5.1.1 Sazonalidade	13
5.2 Roteirização de Fluxos entre Origem e Destino	14
5.3 Definição do Trem-tipo por Fluxo	15
6 ANÁLISE DE CAPACIDADE	16
6.1 Apuração da Capacidade Utilizada por Segmento de Via	16
6.2 Cálculo do Nível de Saturação	16
6.3 Carregamento da Malha	17
6.4 Identificação dos Segmentos Saturados	17
7 PLANO DE VIAS	18
8 PROJEÇÃO DO CICLO ESTRADAL	19
8.1 Estratégia para a determinação do Ciclo Estradal	20
8.2 Modelagem conceitual do método de simulação da VMP	21
8.3 Especificação e implementação do método de simulação da VMP	22
8.4 Calibração dos parâmetros de entrada do método	25
9 DIMENSIONAMENTO DE FROTA	26
9.1 Premissas	26
9.2 Insumos para o dimensionamento	27
9.3 Fatores para o Cálculo da Frota	28
9.3.1 Fórmula do Cálculo da Frota de Locomotivas	29
9.3.2 Fórmula do Cálculo da Frota de Vagões	29
9.4 Frota Comercial para Atendimento à Demanda	30
9.4.1 Processo de Dimensionamento	30
9.4.2 Locomotivas e vagões para atendimento à demanda	34
10 APÊNDICES	38
10.1 Projeção de Demanda	38
10.2 Entre Pátios	38
10.3 Análise Demanda Anual	38
10.4 Rotas Fluxo de Demanda	38
10.5 Carregamento da malha	38
10.6 VMP & VMC	38
10.7 Estudo de Dimensionamento de Frota	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Corredor Interestadual	5
Figura 4-1: Estrutura Analítica do Projeto	8
Figura 5-1: Histograma da demanda por tipo de produto.....	11
Figura 5-2: Histograma da demanda por terminal de origem.....	12
Figura 5-3: Histograma da demanda por terminal de destino	12
Figura 5-4: Gráfico de sazonalidade dos produtos	14
Figura 8-1: Fluxograma do Método de Projeção da VMP	23
Figura 9-1: Insumos para a definição do material rodante	28
Figura 9-2: Frota de locomotivas ao longo da concessão x frota existente/aquisições	35
Figura 9-3: Frota de vagões ao longo da concessão x frota existente/aquisições.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1: Demanda POD bitola métrica	9
Tabela 5-2: Demanda por tipo de produto.....	10
Tabela 5-3: Demanda por terminal de origem.....	11
Tabela 5-4: Demanda por terminal de destino.....	12
Tabela 5-5: Matriz de Sazonalidade	13
Tabela 5-6: Trem-tipo por Fluxo de Transporte (POD)	15
Tabela 7-1: Plano de Vias.....	18
Tabela 8-1: Cenário adotado para a determinação da VMC	25
Tabela 9-1: Corredores com intervenções programadas	26
Tabela 9-2: Distribuição % da frota existente	27
Tabela 9-3: Média histórica da disponibilidade de locomotivas	28
Tabela 9-4: Média histórica da utilização da disponibilidade de locomotivas.....	29
Tabela 9-5: Percentuais de disponibilidade e de utilização da disponibilidade	29
Tabela 9-6: Produto-Rota	30
Tabela 9-7: VMC e Ciclo Estradal	30
Tabela 9-8: Giro e ton. úteis por trem-tipo/mês	32
Tabela 9-9: Dimensionamento da frota de locomotivas para o primeiro ano (2027).....	33
Tabela 9-10: Dimensionamento da frota de vagões para o primeiro ano (2027)	33
Tabela 9-11: Dimensionamento anual da frota de locomotivas	34
Tabela 9-12: Dimensionamento anual da frota de vagões.....	35

1 INTRODUÇÃO

Este relatório é parte integrante dos trabalhos de consultoria especializada do **Contrato nº 009/2024/INFRA S.A.**, e compreende a dimensão operacional que visa identificar o melhor *modus operandi* para distintos fluxos de transporte, no sentido de otimizar o ciclo dos vagões e a produtividade dos trens, buscando sempre a melhor eficiência, com segurança e economicidade, considerando todos os fatores de influência na modelagem operacional e seus inputs como: a demanda, o nível de serviço, os padrões operacionais e as interferências operacionais de terceiros, quando existentes.

2 OBJETIVO

Este Caderno tem como objetivo apresentar a metodologia, as premissas e os resultados referentes aos Estudos Operacionais e de Capacidade da malha ferroviária localizada no sul do país, compreendendo os Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, denominado de Corredor Interestadual, corredor este particionado da Malha Sul, conforme apresentado no Produto MSUL 6.1 – Relatório de Avaliação de Particionamento da Malha Ferroviária, desenvolvido no âmbito do presente Contrato.

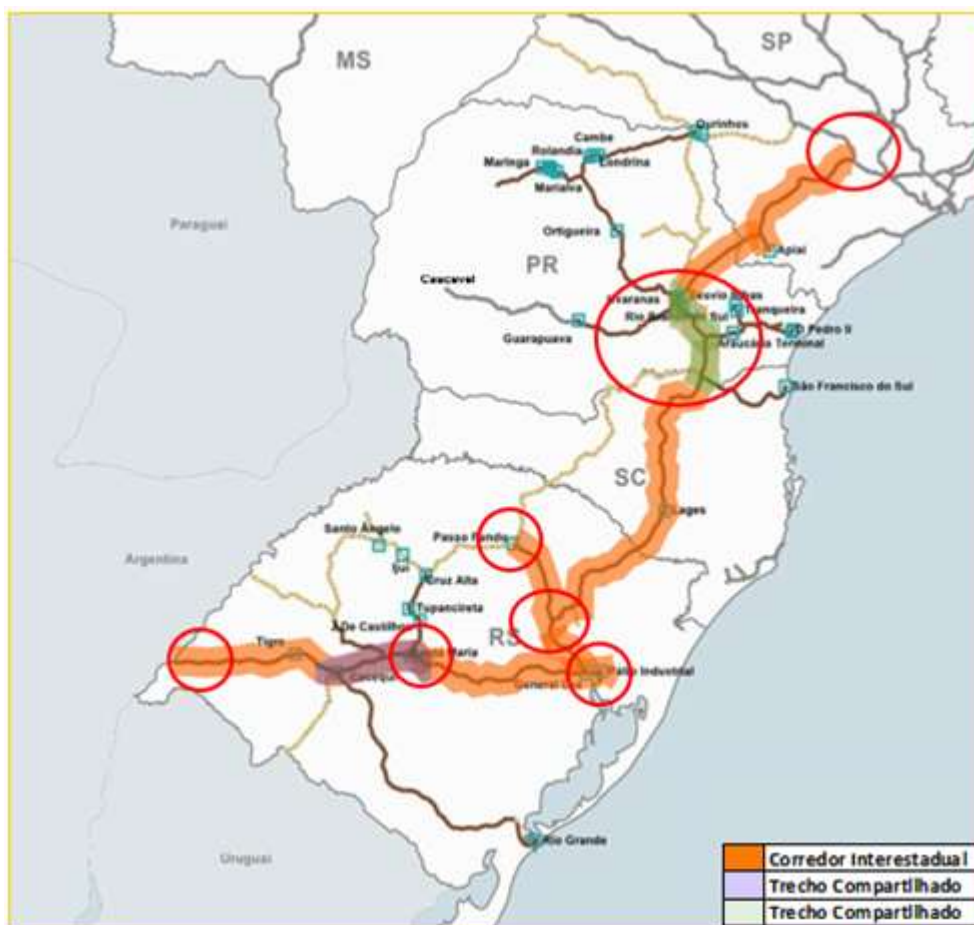
Além disso, objetiva-se apresentar a descrição da metodologia, as características e os cálculos empregados no dimensionamento da frota de locomotivas e vagões, necessários ao atendimento da demanda de transporte das cargas projetadas e ao atendimento das especificações técnicas mínimas para o período em estudo.

Com uma extensão de 1.865 quilômetros de linhas principais, considerando 144 quilômetros compartilhados com a Ferrovia Paraná/Santa Catarina (trecho Uvaranas (PR) – Mafra (SC), e 111 km compartilhados com a Malha Gaúcha (trecho Santa Maria (RS) – Cacequi (RS), o Corredor Interestadual tem início na conexão com a Malha Oeste em Iperó (SP), pela qual se conecta com o planalto e o litoral paulista. Seguindo para o Sul a ferrovia alcança Ponta Grossa (PR), compartilhando o trecho

seguinte até alcançar Mafra (SC), com o Corredor Paraná – Santa Catarina, antes abordado. A partir de Mafra (SC) a ferrovia cruza o estado Catarinense e alcança o Rio Grande do Sul, seguindo até Roca Sales (RS), onde bifurca em direção a Passo Fundo (RS) e em direção a Gal. Luz (RS).

Em Gal. Luz a ferrovia segue em direção ao leste, rumo ao denominado Pátio Industrial (RS) na região da Capital Porto Alegre (RS) e à oeste em direção à Santa Maria (RS). De Santa Maria (RS) a Cacequi (RS), o Corredor Interestadual compartilhará a ferrovia com o Corredor Malha Gaúcha, será abordado a seguir, deste ponto seguindo até Uruguaiana (RS), na fronteira com a Argentina onde se conecta com a bitola internacional da antiga Ferrocarril Gal Urquiza, atualmente integrada a Trenes Argentinos Cargas que alcança a capital da Argentina, Buenos Aires, seguindo até a fronteira com o país vizinho, o Chile.

Figura 2-1: Corredor Interestadual



3 FONTES DE DADOS E INFORMAÇÕES

Para fins de atendimento às necessidades de dados e informações atinentes ao estudo da Dimensão Operacional, foram considerados exclusivamente:

- Estudo de Demanda;
- Declaração de Rede RMS 2023;
- SAFF/ANTT
- Documentação disponibilizada pela INFRA S.A;

As fontes de dados e informações, em grande parte, foram organizadas e carregadas em um banco de dados relacional, a fim de facilitar o cruzamento de informações e agilizar os processos de análise e consolidação de dados.

4 METODOLOGIA

O principal propósito de uma metodologia é servir de lastro para a realização de um processo, o qual deve ser objeto de algo a ser estudado. A metodologia deve fazer parte do Plano de Trabalho, e, considerar, por exemplo:

- Premissas, restrições e diretrizes
- Fluxo de trabalho
- Elaboração de estratégias
- Métodos, técnicas e ferramentas a serem utilizadas
- Declaração das fontes de dados e informações
- Coleta, tratamento e validação de dados e informações
- Procedimentos de análise (requisitos, critérios, variáveis, limites etc.)
- Processamento de dados
- Especificação de algoritmos desenvolvidos ou utilizados
- Padrões de qualidade

4.1 PREMISSAS E RESTRIÇÕES

Segundo o PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*, premissas são fatores associados ao escopo do projeto que, para fins de planejamento, assumem-se como verdadeiros, enquanto restrições são limitações impostas, as quais restringem a execução do projeto. Portanto, as premissas se situam no campo das incertezas, diferentemente das restrições. Importante ressaltar que premissas quando falham geram riscos.

A principal premissa é a realização de serviços de recuperação da via nos anos iniciais após a renovação ou relicitação da concessão de uso da malha. Demais premissas consistem no aproveitamento do material rodante atual, bem como as instalações operacionais e de apoio.

A restrição mais notável diz respeito à manutenção do atual perfil geométrico da via em toda a malha SUL.

4.2 ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)

Uma estrutura analítica de projeto (EAP) é representada por uma hierarquia de pacotes de trabalho, a qual compreende todo o escopo do projeto.

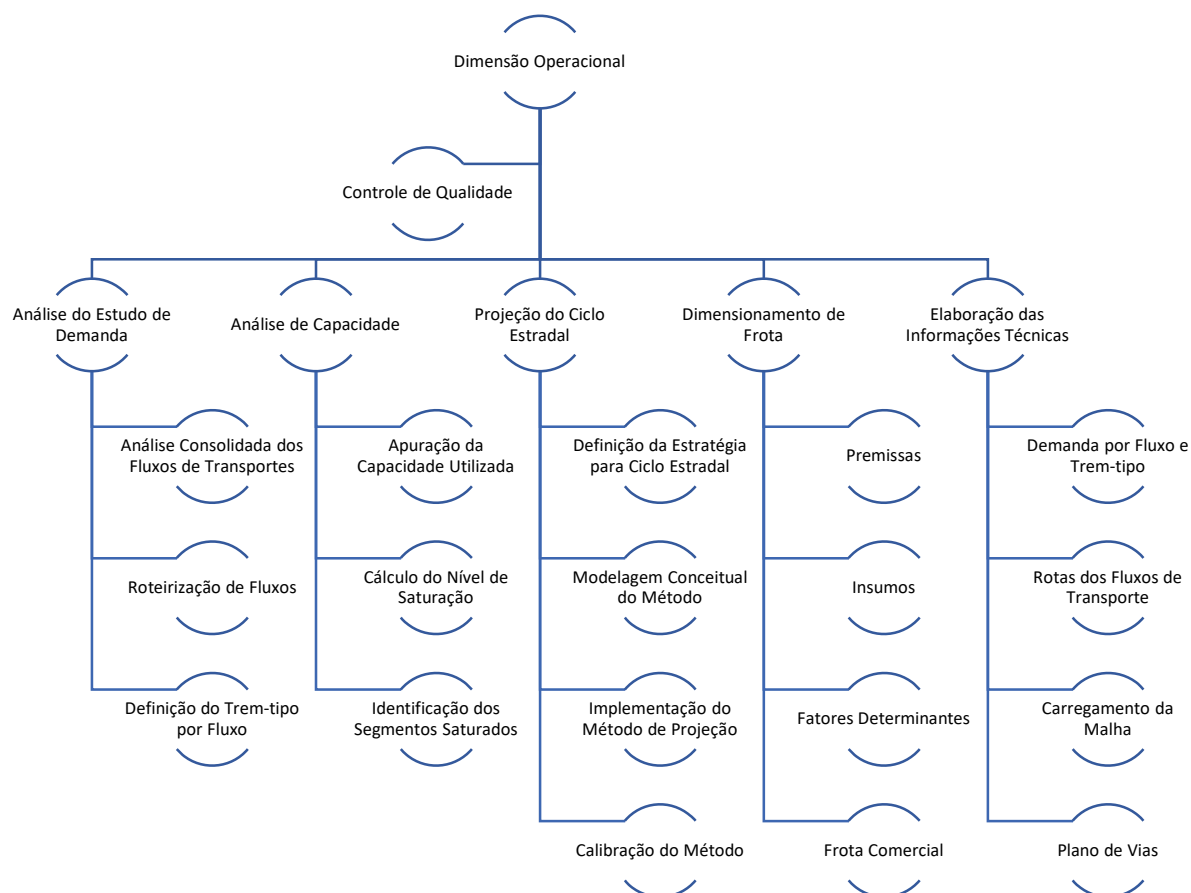


Figura 4-1: Estrutura Analítica do Projeto

Os próximos capítulos apresentam as descrições detalhadas sobre cada pacote de trabalho e seus produtos.

5 ANÁLISE DO ESTUDO DE DEMANDA

Atualmente no Corredor Interestadual é movimentado 6% do total das mercadorias transportadas em toda a Malha Sul, pelo atual concessionário (RUMO Malha Sul), o que representa 1,5 milhões de toneladas.

A movimentação de mercadorias exclusivamente nas linhas do Corredor Interestadual resume-se principalmente aos combustíveis, ultrapassando a marca dos 80 % do total da movimentação no Corredor.

5.1 ANÁLISE CONSOLIDADA DOS FLUXOS

Os principais produtos do Estudo de Demanda, realizados pela LOGIT – Transportation Engineers, para a modelagem operacional, compreendem a matriz Produto-Origem-Destino (POD) com todos os fluxos de carga detalhados por: tipos de produto, origem, destino, ponto de entrada, ponto de saída e a projeção de volume ao longo de todo o período de operação da concessão.

Tabela 5-1: Demanda POD bitola métrica

Produto	Terminal de Entrada	Terminal de Saída	2035	2040	2045	2050	2056
Cimento	Apiáí	Uvaranas	431.397	431.397	431.397	431.397	431.397
Clínquer	Maфра	Pátio Industrial	301.619	301.619	301.619	301.619	301.619
Diesel	Maфра	Lages	13.275	14.555	15.919	17.175	18.510
Diesel	Maфра	Triângulo	32.149	33.259	32.819	32.379	31.959
Diesel	Passo Fundo	Maфра	104.739	113.346	113.031	117.815	122.895
Diesel	Pátio Industrial	Lages	682.219	750.482	786.435	820.672	858.452
Diesel	Pátio Industrial	Triângulo	67.739	70.309	66.464	63.430	60.804
Etanol	Maфра	Pátio Industrial	915.710	1.038.425	1.161.185	1.283.963	1.431.460
Gasolina	Maфра	Lages	1.611	2.589	3.576	4.239	4.407
Gasolina	Maфра	Passo Fundo	483	381	275	205	194
Gasolina	Maфра	Triângulo	12.075	8.163	5.382	3.813	3.578
Gasolina	Pátio Industrial	Passo Fundo	561.197	622.259	662.908	688.488	701.794
Gasolina	Pátio Industrial	Triângulo	738.141	701.712	680.849	672.809	679.517
Gasolina	Triângulo	Passo Fundo	0	75	104	123	128
Milho	Tigre	Cacequi	57.354	63.667	70.410	77.124	84.746
Soja	Tigre	Cacequi	670.791	714.937	748.576	773.307	820.151
Trigo	Tigre	Cacequi	11.406	11.749	6.311	6.351	6.395
			4.601.904	4.878.924	5.087.259	5.294.909	5.558.006

O estudo de demanda, através dos volumes de carga anuais, determinará a quantidade de trens necessários para o escoamento das cargas bem como a escolha da composição mais adequada a esse transporte.

Os fluxos de demanda por tipo de carga e terminais de embarque e desembarque, são apresentados a seguir, para os anos de 2035-2040-2045-2050-2057, representando a evolução do transporte de cargas ao longo da malha da RMS. Abaixo da apresentação de cada uma das tabelas citadas acima, apresenta-se um gráfico representando o comportamento das demandas, conforme os dados constantes nas respectivas tabelas.

Tabela 5-2: Demanda por tipo de produto

Produto / Ano	2035	2040	2045	2050	2056
Cimento	431.396	431.396	431.396	431.396	431.396
Clínquer	301.618	301.618	301.618	301.618	301.618
Diesel	900.122	981.951	1.014.668	1.051.471	1.092.620
Etanol	915.709	1.038.424	1.161.184	1.283.962	1.431.459
Gasolina	1.313.506	1.335.179	1.353.093	1.369.676	1.389.617
Milho	57.354	63.667	70.410	77.123	84.746
Soja	670.790	714.936	748.575	773.306	820.151
Trigo	11.405	11.748	6.311	6.351	6.395
	4.601.900	4.878.919	5.087.255	5.294.903	5.558.002

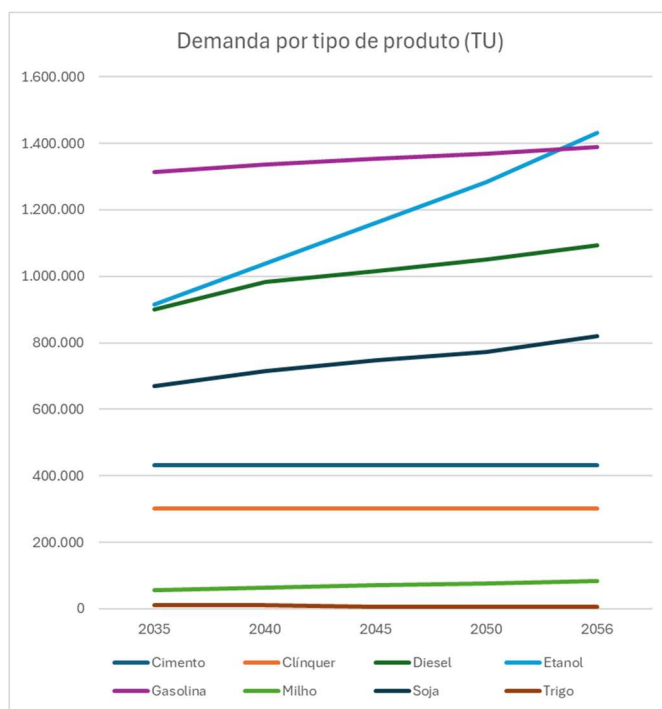


Figura 5-1: Histograma da demanda por tipo de produto

Tabela 5-3: Demanda por terminal de origem

Origem / Ano	2035	2040	2045	2050	2056
Apiaí	431.396	431.396	431.396	431.396	431.396
Mafra	1.276.921	1.398.990	1.520.775	1.643.393	1.791.726
Passo Fundo	104.739	113.346	113.030	117.815	122.894
Pátio Industrial	2.049.295	2.144.762	2.196.655	2.245.398	2.300.567
Tigre	739.550	790.352	825.297	856.781	911.292
Triângulo	0	75	103	122	127
	4.601.901	4.878.921	5.087.256	5.294.905	5.558.002

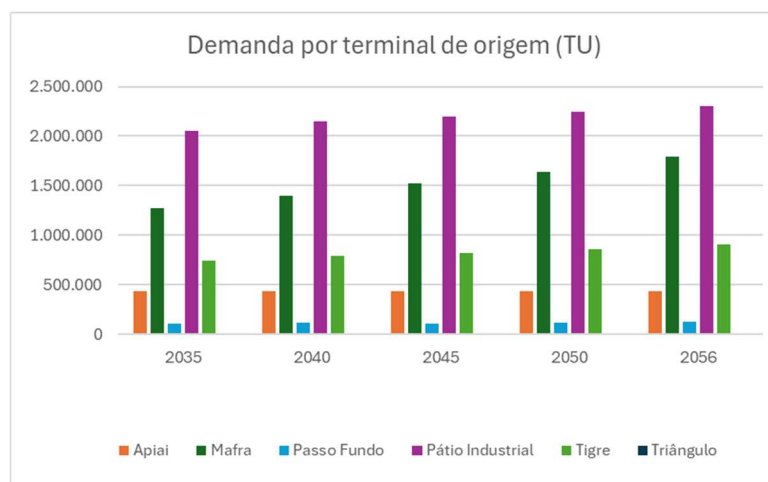


Figura 5-2: Histograma da demanda por terminal de origem

Tabela 5-4: Demanda por terminal de destino

Destino / Ano	2035	2040	2045	2050	2056
Cacequi	739.550	790.352	825.297	856.781	911.292
Lages	697.105	767.625	805.930	842.085	881.368
Mafra	104.739	113.346	113.030	117.815	122.894
Passo Fundo	561.679	622.714	663.287	688.815	702.116
Pátio Industrial	1.217.328	1.340.043	1.462.803	1.585.581	1.733.078
Triângulo	850.104	813.444	785.513	772.431	775.858
Uvaranas	431.396	431.396	431.396	431.396	431.396
	4.601.901	4.878.920	5.087.256	5.294.904	5.558.002

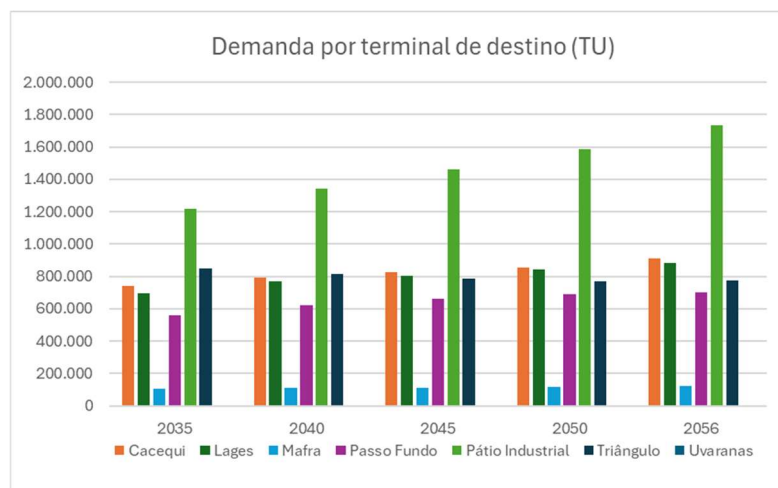


Figura 5-3: Histograma da demanda por terminal de destino

5.1.1 Sazonalidade

O índice de Sazonalidade representa os volumes de transporte relativos a cada mês, por tipo de produto.

Para todos os efeitos, o índice de Sazonalidade adotado para a realização do presente estudo é representado pelo mês pico, assim sendo, o cálculo da capacidade utilizada considera a quantidade de trens em função do volume correspondente ao mês pico, da mesma forma, acontece com o dimensionamento de locomotivas e vagões.

A matriz de Sazonalidade é a seguir apresentada, com os índices percentuais de demanda em função do tipo de produto.

Tabela 5-5: Matriz de Sazonalidade

Produto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Pico
Etanol	10%	8%	8%	6%	8%	9%	8%	8%	8%	9%	9%	8%	10%
Combustíveis derivados de petróleo	8%	8%	8%	8%	8%	8%	9%	9%	9%	9%	8%	7%	9%
Cimento acondicionado	8%	8%	8%	8%	9%	8%	9%	9%	9%	9%	8%	8%	9%
Clínquer	8%	9%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	9%	9%	9%	8%	9%
Contêiner Cheio de 40 Pés	8%	8%	8%	9%	9%	9%	9%	9%	8%	8%	8%	8%	9%
Contêiner Vazio de 40 Pés	8%	8%	8%	9%	10%	9%	9%	9%	8%	8%	8%	8%	10%
Açúcar	4%	3%	2%	4%	10%	11%	11%	10%	13%	12%	11%	8%	13%
Fertilizantes	10%	9%	4%	7%	10%	9%	8%	10%	9%	9%	8%	7%	10%
Calcário Corretivo	7%	4%	4%	7%	6%	8%	11%	14%	14%	11%	7%	8%	14%
Celulose	9%	7%	10%	6%	10%	9%	9%	9%	8%	8%	7%	7%	10%
Farelo de soja	6%	6%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	7%	7%	9%
Milho	10%	7%	1%	1%	0%	1%	4%	14%	15%	14%	15%	17%	17%
Trigo	16%	13%	6%	1%	1%	0%	1%	1%	0%	2%	27%	32%	32%
Soja	3%	8%	17%	14%	12%	13%	12%	7%	5%	5%	3%	3%	17%
Fosfato	9%	5%	2%	8%	11%	13%	13%	10%	9%	7%	5%	6%	13%

Apresenta-se, a seguir, o gráfico de sazonalidade dos produtos até o ano 2057.

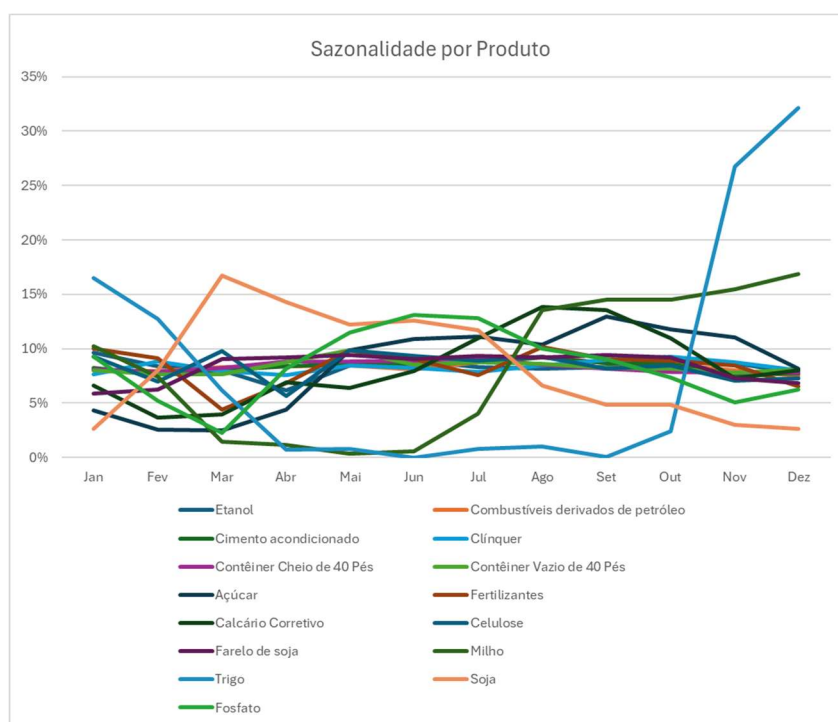


Figura 5-4: Gráfico de sazonalidade dos produtos

5.2 ROTEIRIZAÇÃO DE FLUXOS ENTRE ORIGEM E DESTINO

A criação de rotas entre os terminais de origem e destino dos fluxos são essenciais para a evolução dos estudos, abrangendo a definição de ciclos, indispensável para o dimensionamento das frotas do material rodante, e a apuração das capacidades utilizadas, imprescindível para a determinação dos níveis de saturação.

As principais fontes responsáveis para a criação de rotas são os fluxos do Estudo de Demanda e a relação de entre pátios da Declaração de Rede.

O processo de roteirização é baseado no clássico algoritmo da computação, concebido por **Dijkstra**, o qual possibilita encontrar o caminho mais curto entre dois pontos em uma estrutura de grafo.

Todo esse processo é executado em um banco de dados relacional, com o algoritmo rodando em linguagem SQL.

As rotas geradas para cada fluxo se encontram disponíveis em planilha eletrônica nos Apêndices.

5.3 DEFINIÇÃO DO TREM-TIPO POR FLUXO

O trem-tipo representa o conjunto referencial de uma composição planejada para transportar um fluxo específico, de maior relevância dentro da malha, o qual determinará a capacidade de uma ferrovia, em pares de trens/dia e que compreende o dimensionamento de locomotivas e vagões necessários ao transporte das cargas previstas entre os pontos de origem e destino do corredor.

As características fundamentais dessa composição compreendem o tipo de locomotiva utilizada, a posição em que se encontram no trem, os tipos de vagões e suas capacidades de carga, além das demais características relacionadas ao material rodante.

Um trem-tipo deve ter características homogêneas entre sua origem e destino, o que significa que a programação de um trem de carga que venha a sofrer recomposições (operações de anexação e retirada de vagões e/ou locomotivas) durante seu itinerário, deve abranger tantos trens-tipo quantas forem suas recomposições.

Cada fluxo de transporte relacionado no Estudo de Demanda foi analisado e, conforme o Produto, Origem e Destino (POD) e o material rodante em operação, houve a necessidade de determinação de trens tipos distintos.

Tabela 5-6: Trem-tipo por Fluxo de Transporte (POD)

Produto	Terminal Origem Ferrovia	Terminal Destino Ferrovia	Modelo Locomotiva	Locomotiva Trem	Série Vagão	Vagões Trem
Cimento	Apiáí	Uvaranas	G22UB	3	FFD	50
Cimento	Apiáí	Uvaranas	G22UB	3	FFD	50
Clínquer	Mafra	Pátio Industrial	GT22CU	2	FHD	20
Diesel	Mafra	Lages	GT22CU	2	TCD	40
Diesel	Mafra	Triângulo	GT22CU	2	TCD	40
Diesel	Pátio Industrial	Lages	GT22CU	2	TCD	40
Diesel	Pátio Industrial	Triângulo	GT22CU	2	TCD	40
Diesel	Passo Fundo	Mafra	G22UB	2	TCD	40
Etanol	Mafra	Pátio Industrial	G22UB	2	TCD	30
Etanol	Mafra	Pátio Industrial	G22UB	2	TCD	30

Produto	Terminal Origem Ferrovia	Terminal Destino Ferrovia	Modelo Locomotiva	Locomotiva Trem	Série Vagão	Vagões Trem
Etanol	Mafra	Pátio Industrial	G22UB	2	TCD	30
Gasolina	Mafra	Passo Fundo	GT22CU	2	TCD	40
Gasolina	Mafra	Lages	G22UB	2	TCD	40
Gasolina	Pátio Industrial	Triângulo	GT22CU	2	TCD	40
Gasolina	Pátio Industrial	Passo Fundo	GT22CU	2	TCD	40
Gasolina	Triângulo	Passo Fundo	GT22CU	2	TCD	40
Milho	Tigre	Cacequi	GT22CU	3	HFD	90
Soja	Tigre	Cacequi	GT22CU	3	HFD	90
Trigo	Tigre	Cacequi	GT22CU	3	HFD	90
Gasolina	Mafra	Triângulo	GT22CU	2	TCD	40

6 ANÁLISE DE CAPACIDADE

6.1 APURAÇÃO DA CAPACIDADE UTILIZADA POR SEGMENTO DE VIA

Conforme divulgado pela Resolução ANTT N° 3695 DE 14/07/2011, a capacidade instalada representa a capacidade de transporte possível em um trecho ferroviário, expressa pela quantidade de trens que poderão circular, nos dois sentidos, em um período de vinte e quatro horas.

No presente estudo, a capacidade instalada é calculada a partir da necessidade diária de trens de cada fluxo de transporte, considerando o mês pico da matriz de sazonalidade por produto, ao longo de toda a sua rota.

Considerando-se que todos os fluxos identificados pelo Estudo de Demanda se encontram devidamente roteirizados, dado o propósito de se rastrear cada segmento de via utilizado no percurso entre os terminais de origem e de destino, o processo de apuração da capacidade utilizada por segmento de via, resulta do somatório das quantidades de trens diários.

6.2 CÁLCULO DO NÍVEL DE SATURAÇÃO

A saturação é definida como a taxa de utilização da capacidade instalada. Trata-se, portanto da fração da capacidade necessária para atender ao volume de demanda em um determinado segmento.

Após a conversão da demanda em pares de trem por dia e do cálculo da capacidade da via ao longo de todos os seus segmentos, calculou-se o nível de saturação de segmento ferroviário (NSSF) por meio da utilização da fórmula a seguir:

$$NSSF = \text{Capacidade Utilizada} / \text{Capacidade Instalada}$$

A partir da análise do indicador NSSF a cada ano é possível identificar os gargalos operacionais ao longo da ferrovia e, conseqüentemente, propor intervenções, quando necessárias, para evitar situações de saturação da malha e dificuldades na operação do transporte ferroviário.

6.3 CARREGAMENTO DA MALHA

O Carregamento da Malha consiste na consolidação das capacidades (instalada e utilizada), toneladas úteis (TU) e toneladas úteis por quilometro (TKU), em ambos os sentidos, por segmento de via (entre pátios).

Devido a grande quantidade de informações produzidas, a versão final se apresenta por meio de planilha eletrônica nos Apêndices.

6.4 IDENTIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS SATURADOS

Considera-se que um segmento se encontra saturado e necessitando de ampliação da capacidade, visando o atendimento pleno da demanda, quando alcança uma taxa crítica de utilização da capacidade na ordem de 90%, conforme estabelecido pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) por meio da nota técnica “NT 77/2016/COSEF/GEROF/SUFER/ANTT”.

A premissa de saturação dos segmentos, com nível de utilização da capacidade instalada da ferrovia em 90%, considera que, para a implantação das intervenções, necessita-se de tempo para elaboração dos projetos e desenvolvimento das obras, bem como a compra e a instalação de equipamentos e sistemas de sinalização.

Todavia, não foi identificado algum segmento cujo NSSF iguala ou supera 0,9.

7 PLANO DE VIAS

O Plano de Vias representa a configuração das vias férreas em uma malha, e se apresenta organizado conforme particionamento proposto no Produto MSUL 6.1 – Relatório de Avaliação de Particionamento da Malha Ferroviária, desenvolvido no âmbito do presente Contrato.

O Plano de Vias em questão corresponde a uma versão simplificada devido ausência de informações mais detalhadas, como, por exemplo, a localização dos aparelhos de mudança de via (AMV) situados nas extremidades dos pátios.

Tabela 7-1: Plano de Vias

Trecho	Pátio	Posição Km
Cacequi - Uruguaiana	Cacequi	428,741
Cacequi - Uruguaiana	Entroncamento	439,538
Cacequi - Uruguaiana	Tigre	504,584
Cacequi - Uruguaiana	Uruguaiana	686,766
Diretor Pestana - Triângulo	Diretor Pestana	4,506
Diretor Pestana - Triângulo	Triangulo Industrial	18,874
General Luz - Roca Sales	Bom Jardim	40,973
General Luz - Roca Sales	Corvo	83,040
General Luz - Roca Sales	General Luz	0,000
General Luz - Roca Sales	Montenegro	25,710
General Luz - Roca Sales	Olival	7,770
General Luz - Roca Sales	Paverama	62,586
General Luz - Roca Sales	Roca Sales	99,858
Iperó - Pinhalzinho	Angatuba	240,523
Iperó - Pinhalzinho	Buri	287,429
Iperó - Pinhalzinho	Iperó	139,658
Iperó - Pinhalzinho	Itaboa	385,159
Iperó - Pinhalzinho	Nova Itapeva	342,178
Iperó - Pinhalzinho	Pinhalzinho	421,410
Iperó - Pinhalzinho	Tatuí	158,523
Itabopoa - Apiaí	Apiaí	415,352
Itabopoa - Apiaí	Itaboa	385,159
Mafra - Lages	Arigolândia	109,088
Mafra - Lages	Campo Alto do Sul	157,842
Mafra - Lages	Coronel Buarque	146,738
Mafra - Lages	Correia Pinto	262,490
Mafra - Lages	Feitor Juvêncio	207,222
Mafra - Lages	Ferradura	128,763
Mafra - Lages	Guarnição Ubatã	186,687
Mafra - Lages	Itaiópolis	35,771
Mafra - Lages	Lages	292,756
Mafra - Lages	Lombas	245,940
Mafra - Lages	Mafra	0,000
Mafra - Lages	Monte Castelo	87,138
Mafra - Lages	São Felipe	234,198

Trecho	Pátio	Posição Km
Pátio Industrial - Rio Pardo	Anibal Pfeifer	99,820
Pátio Industrial - Rio Pardo	Fanfa	47,770
Pátio Industrial - Rio Pardo	General Luz	33,474
Pátio Industrial - Rio Pardo	Max Bruhns	130,220
Pátio Industrial - Rio Pardo	Pátio Industrial	11,160
Pátio Industrial - Rio Pardo	Professor Parreira	121,115
Pátio Industrial - Rio Pardo	Ramiz Galvao	149,543
Pátio Industrial - Rio Pardo	Rio Pardo	152,676
Pátio Industrial - Rio Pardo	Triangulo Industrial	18,874
Pátio Industrial - Rio Pardo	Vasconcelos Jardim	23,323
Ramal do Porto de Porto Alegre	Diretor Pestana	4,506
Ramal do Porto de Porto Alegre	Porto de Porto Alegre	0,000
Rio Pardo - Triângulo	Bexiga	186,764
Rio Pardo - Triângulo	Restinga Seca	265,634
Rio Pardo - Triângulo	Rio Pardo	152,676
Rio Pardo - Triângulo	Triângulo	315,717
Roca Sales - Lages	Berlande	385,500
Roca Sales - Lages	Capitão Ritter	300,100
Roca Sales - Lages	Coronel Salgado	172,737
Roca Sales - Lages	Escuriho	357,153
Roca Sales - Lages	Feitor Fae	188,919
Roca Sales - Lages	Lages	395,140
Roca Sales - Lages	Roca Sales	99,865
Roca Sales - Lages	Santa Tereza	118,877
Roca Sales - Lages	São João	209,680
Roca Sales - Lages	Sargento Queiroz	321,990
Roca Sales - Lages	Silva Vargas	244,400
Roca Sales - Passo Fundo	Casca	98,292
Roca Sales - Passo Fundo	Guaporé	60,677
Roca Sales - Passo Fundo	Muçum	14,436
Roca Sales - Passo Fundo	Passo Fundo	156,414
Roca Sales - Passo Fundo	Roca Sales	0,000
Uvaranas - Pinhalzinho	Francisco Simas	342,618
Uvaranas - Pinhalzinho	Maracanã	283,396
Uvaranas - Pinhalzinho	Pinhalzinho	378,128
Uvaranas - Pinhalzinho	Santa Quitéria	314,359
Uvaranas - Pinhalzinho	Uvaranas	250,050

8 PROJEÇÃO DO CICLO ESTRADAL

O Ciclo Estradal corresponde ao tempo de duração das viagens de ida e volta de um dado fluxo de transporte.

Considerando-se a premissa central, a qual supõe a revitalização da via e consequentemente aumento das velocidades dos trens, torna-se imperativo a adoção de uma estratégia com o objetivo de projetar as velocidades médias de percurso advindas dessa futura ação, e, em consequência, as projeções para os ciclos

estradais, os quais são determinantes para os dimensionamentos de frotas do material rodante.

8.1 ESTRATÉGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO CICLO ESTRADAL

A abordagem clássica para a determinação de ciclos em projetos *greenfield* sugere o emprego de softwares específicos, como simuladores macroscópicos de desempenho de trem, a fim de se poder estimar os tempos de percurso, tempos de parada em desvios de cruzamento, consumos de combustível etc. Em complementação aos tempos de viagem, se faz necessário estimar outros tempos de paradas durante o percurso como: espera por seção de bloqueio (fórmula de *Elbrond*), abastecimento, troca de tripulação, acoplamento e desacoplamento de locomotivas de auxílio (*helpers*), autorização para ingresso em outras malhas etc.

Além de todos os tempos supracitados, existem outros, igualmente importantes, referentes às operações nos terminais de carga e descarga, onde destacam-se:

- Carga e descarga
- Manobras para posicionamento nas linhas de carga e descarga
- Operações de carga e descarga
- Manobras para retirada das linhas de carga e descarga
- Classificação de vagões para linhas de inspeção e oficina de manutenção
- Teste de freio
- Revista de vagões
- Licenciamento de viagem
- Revisão de locomotivas

Este processo de levantamento de estimativas deve ser realizado para cada fluxo de transporte constante como próprio no Estudo de Demanda, considerando as viagens de ida e de retorno, para enfim obter-se a velocidade média comercial em função das distâncias percorridas em ambas as viagens.

Sendo o objeto do atual estudo caracterizado como projeto *brownfield*, adotou-se um outro tipo de abordagem do problema, a qual se justifica pela premissa que a

malha da RMS passará por um processo de recuperação da via, na qual projeta-se a substituição de trilhos, dormentes, fixações, aparelhos de mudança de via, reparações de lastro e sublastro, correções de inclinação de curva etc.

Portanto, à medida que a via seja recuperada e as restrições de via mitigadas, é evidente que haverá um impacto positivo sobre a operação ferroviária, notadamente, proporcionando acréscimos sobre as atuais velocidades médias registradas em cada entre pátios.

Em decorrência do exposto acima, torna-se essencial a implementação de uma solução responsável por projetar maiores velocidades, para esse novo paradigma.

A partir de uma nova consolidação das velocidades médias, nos dois sentidos da via, crescente e decrescente, incluindo as novas projeções, as distâncias percorridas e a razão média entre VMC e VMP extraídas do Anuário Ferroviário da RMS, obtêm-se como resultado a atualização da VMC, a qual torna-se a principal referência para os cálculos de ciclo.

8.2 MODELAGEM CONCEITUAL DO MÉTODO DE SIMULAÇÃO DA VMP

A modelagem conceitual, para o caso específico, deve considerar, ao menos, quesitos como dados de interface, critérios, restrições e requerimentos funcionais.

A interface representada por parâmetros de entrada, os quais modificam o comportamento do método, resultando em dados e indicadores derivados dos parâmetros. O conjunto desses parâmetros deve, obrigatoriamente, estar disponível nas fontes de dados oficiais (Anuários, Declarações de Rede etc.).

Relação de parâmetros:

- Rampa máxima admissível
- Velocidade máxima de percurso
- Capacidade instalada adicional em pares diários de trem
- Taxa de incremento das velocidades crescente e decrescente
- Extensão de via permanente passível de recuperação

Os critérios estabelecem regras, as quais são responsáveis pela seleção de dados, resultando em um domínio a ser usado pelo processo de execução do método.

Relação de critérios:

- [CapacidadeInstalada > 0]
- [CapacidadeUtilizada > 0]
- [VelocidadeMediaCrescente < VelocidadeLimiteCurva]
- [VelocidadeMediaDecrescente < VelocidadeLimiteCurva]
- [VelocidadeMediaCrescente < p_VelMediaMax]
- [VelocidadeMediaDecrescente < p_VelMediaMax]
- [VelocidadeMediaCrescente < VMA ou VelocidadeMediaDecrescente < VMA]
- [RampaMaxCrescente <= p_RampaMax]
- [RampaMaxDecrescente <= p_RampaMax]
- [SomatorioExtensaoEntrePatios < p_ExtensaoRecuperadaEngenharia]

As restrições correspondem à aplicação dos valores informados por meio dos parâmetros disponíveis na interface, ao longo da execução do método.

Dentre os requerimentos funcionais exige-se:

- Varredura completa dos Entre Pátios divulgados na Declaração de Rede RMS 2024
- Cálculo de capacidade instalada
- Cálculo de velocidade limite de curva
- Gravação dos resultados em tabela do banco de dados
- Atualização da VMC após a apuração da VMP dos Entre Pátios

8.3 ESPECIFICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE SIMULAÇÃO DA VMP

Em conformidade com o modelo conceitual foi especificada a lógica funcional para o método, representada por meio do fluxograma apresentado a seguir:

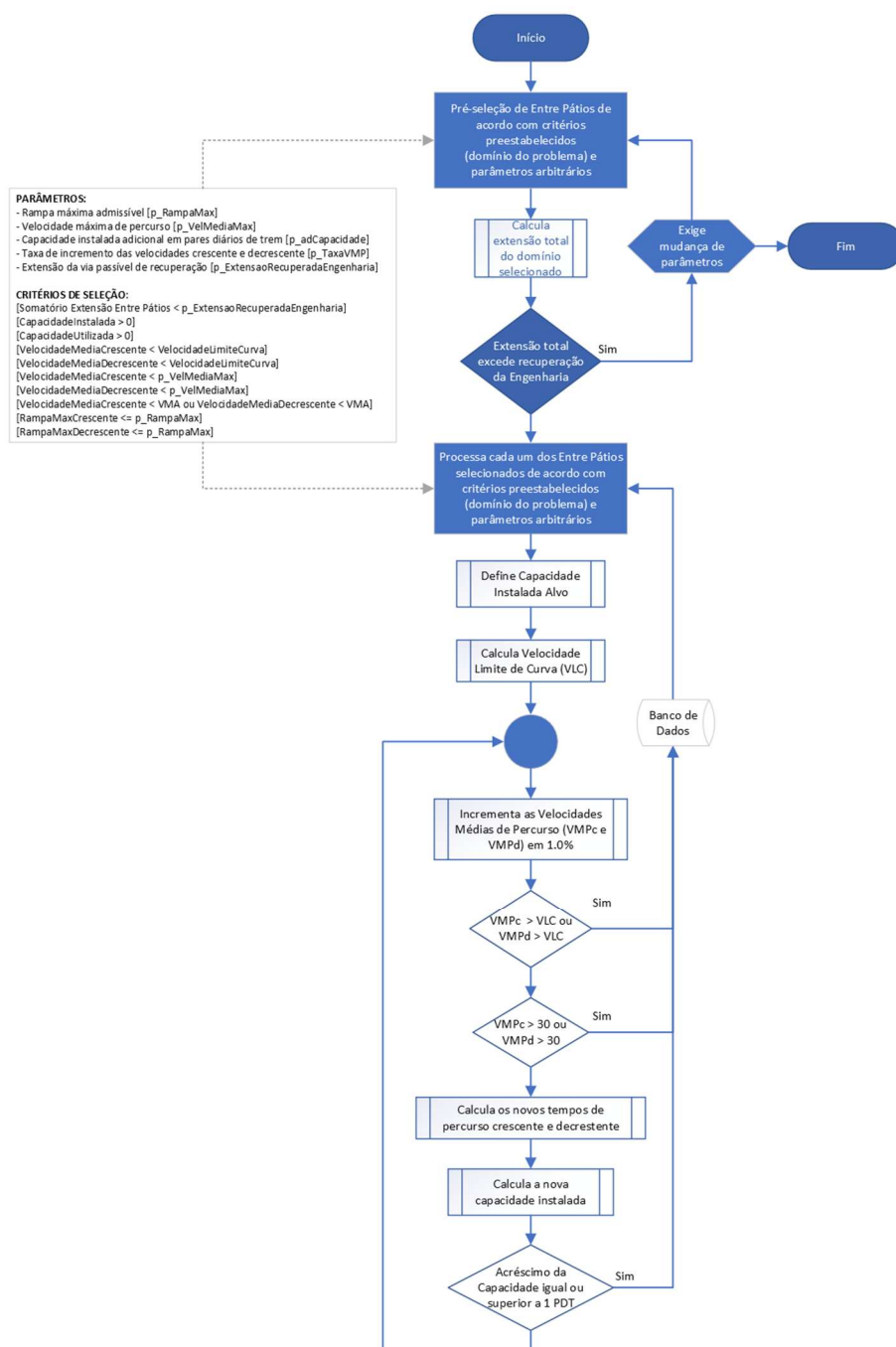


Figura 8-1: Fluxograma do Método de Projeção da VMP

Descrição passo a passo sobre a execução do fluxograma apresentado acima.

Passo 1 - Seleção de entre pátios obedecendo as seguintes restrições, em conformidade com os dados apresentados na declaração de rede 2024:

- Capacidade instalada maior que zero;
- Velocidade média de percurso menor que a velocidade limite de curva;
- Velocidade média de percurso menor que a velocidade limite arbitrada (parâmetro);
- Velocidade média de percurso menor que a VMA;
- Rampa máxima sentidos crescente/decrescente menor que a rampa limite arbitrada (parâmetro);

Passo 2 - Verificação se o somatório das extensões de entre pátios selecionados não excede o parâmetro de extensão da via passível de recuperação determinado pela frente de engenharia. Caso afirmativo, a execução do fluxo é encerrada, cabendo revisão dos parâmetros antes de nova execução.

Passo 3 - Realização de processamento iterativo (looping) compreendendo o domínio atinente aos entre pátios selecionados, onde em cada ciclo a velocidade média é incrementada pela taxa parametrizada, até que ao menos uma das seguintes condições sejam verificadas (escape):

- velocidade calculada maior que a velocidade limite de curva;
- velocidade calculada maior que a velocidade limite arbitrada (parâmetro);
- capacidade instalada aumentada de acordo com o parâmetro de capacidade adicional informado;

Passo 3.1 - Persistência (registro) dos dados obtidos ao final de cada ciclo.

A velocidade limite de inscrição nas curvas, para entre pátios onde consta o valor do raio, foi obtida por meio da equação específica para a bitola métrica:

$$\text{Velocidade Limite Curva (VLC)} = 3.44668 * \sqrt{\text{Raio}}$$

Após as fases de desenvolvimento e teste de alguns protótipos, definiu-se uma versão final, tendo sido implementada em linguagem SQL (*Structured Query Language*), própria para manipular dados em bancos de dados relacionais.

8.4 CALIBRAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA DO MÉTODO

O processo de calibração considerou a variação dos parâmetros de limitação de rampa e velocidade de percurso. Apresenta-se, a seguir, o cenário que melhor conformou no aspecto operacional, compreendendo 11 segmentos de via, os quais totalizam 847 km, com os respectivos parâmetros e resultados.

Tabela 8-1: Cenário adotado para a determinação da VMC

PARÂMETROS:

p_RampaMax = 3.00%

p_VelMediaMax = 30 km/h

p_adCapacidade = 0 PDT

p_TaxaVMP = 0.10%

RESULTADOS:

Entre Pátios atualizados = 11

Extensão = 250 km ~19%

VMP = 26.72 km/h

Razão VMC/VMP = 0.60983

VMC = 16.30 km/h

Para o cálculo final da VMC considerou-se a razão entre VMC e VMP igual a 0,60983, obtida a partir da apuração ponderada das velocidades das linhas ferroviárias da malha particionada em questão na Declaração de Rede da RMS de 2023¹.

Portanto, para efeito de desenvolvimento do atual estudo, considera-se a VMC de 16,30 km/h, após a plena recuperação proposta para a via permanente.

Os segmentos de via cujas velocidades médias foram alvo de processamento, encontram-se disponíveis, por meio de planilha eletrônica, nos Apêndices.

¹ Utilizou-se 2023 para que as velocidades apuradas não sofressem os impactos das chuvas no RS ocorridas em 2024.

9 DIMENSIONAMENTO DE FROTA

De acordo com os resultados obtidos no processo dos estudos operacionais e de capacidade, dimensionou-se a quantidade de material rodante tipificado e necessário ao atendimento da demanda de transporte, conforme os ciclos estradais projetados.

9.1 PREMISSAS

As seguintes premissas foram utilizadas para dimensionar a frota de material rodante para o presente estudo:

- A frota de material rodante foi dimensionada para atender os fluxos de transporte próprios e principais. Para os fluxos de retorno não se dimensionou frota, pois a carga classificada como retorno utiliza-se do mesmo ativo do fluxo principal;
- Utilizou-se o mês com a máxima demanda da distribuição anual, considerando a sazonalidade do produto a ser transportado, representado em % no estudo de demanda.
- Os fluxos de transporte foram agrupados em Produto – Rota, ou seja: todos os fluxos com POD que trafegam numa mesma rota foram agrupados, resultando no agrupamento de 05 fluxos Produto – Rota.
- Para os anos anteriores à conclusão das intervenções na via permanente programados no cronograma da Engenharia, adotou-se a VMC de 15,38 km/h, da RMS, trechos da Malha Interestadual, da Declaração de Rede 2024/2025 (Fonte: ANTT) e para os anos a partir da conclusão das intervenções na via permanente, considerando a sua recuperação, adotou-se a VMC de 16,30 Km/h apurada no processo de projeção do ciclo estradal, conforme informado no Capítulo 8.4 Calibração dos parâmetros de entrada do método;

Tabela 9-1: Corredores com intervenções programadas

Corredor	Ano alteração da VMC
Apiáí-Uvaranas	-

Corredor	Ano alteração da VMC
Roca Sales - General Luz	2033
Passo Fundo - Guaporé	2036
Guaporé - Roca Sales	2030
General Luz - Triângulo	2030

- e) Para a determinação do ciclo estradal, as distâncias médias de cada agrupamento Produto – Rota, foram determinadas pela média ponderada das distâncias de cada fluxo de transporte (POD) que compõe o agrupamento, ponderadas pela soma do volume projetado destes fluxos para todo o horizonte do projeto;
- f) Para a determinação da quantidade de locomotivas a serem adquiridas por reposição de frota, adotou-se a Idade Máxima da Frota de Locomotivas (IMFL) em 45 anos.
- g) Para cálculo da frota existente da RMS para a malha particionada, primeiramente utilizou-se a distribuição % do volume de demanda projetado durante o período da concessão, conforme Tabela 9-2 abaixo, e, após essa distribuição e havendo sobra de ativos, estes foram distribuídos conforme a necessidade da demanda.

Tabela 9-2: Distribuição % da frota existente

Volume Projetado	TU	%
Ferrovia PR/SC	700.314.440	78,31%
Malha Gaúcha	119.656.950	13,38%
Interestadual	74.303.687	8,31%
Total	894.275.076	100%

9.2 INSUMOS PARA O DIMENSIONAMENTO

Os insumos para a definição da frota de material rodante necessária ao atendimento da demanda de transporte são os originados pelas informações descritas no Capítulo 3 FONTES DE DADOS E INFORMAÇÕES, que, por sua vez, geraram os tempos operacionais, a VMP, a VMC e o ciclo estradal. Os principais são:

- a) Horizontes de demandas por POD – produto, origem, destino, com as correspondentes sazonalidades;
- b) Velocidade Média de Percurso (VMP) e Velocidade Média Comercial (VMC);

- c) Cálculo do Ciclo Estradal, que resulta na quantidade de frota necessária ao atendimento da demanda, de acordo com os trens-tipos definidos.



Figura 9-1: Insumos para a definição do material rodante

9.3 FATORES PARA O CÁLCULO DA FROTA

Considera-se apenas as demandas de transporte dos fluxos próprios para o dimensionamento das frotas comerciais de locomotivas e de vagões, conforme já relatado no Capítulo 9.1.

Para o dimensionamento das locomotivas agrupou-se os tipos por potência (HP) e para a função *helper* adotou-se o percentual de acréscimo de 5% sobre a quantidade de locomotivas determinadas por trem-tipo, considerando a ausência das informações de trechos e extensões onde este recurso efetivamente é necessário.

O cálculo para o dimensionamento mais assertivo da frota de material rodante deve considerar a incidência dos seguintes fatores:

- a) Disponibilidade – representa o percentual de tempo em que as frotas de locomotivas e vagões se encontram disponíveis para a operação, independentemente de estarem sendo utilizados, ou seja, a disponibilidade é obtida como o tempo total não imobilizado.

Adotou-se o percentual de 95% de acordo com a média histórica dos últimos quatro anos das ferrovias similares apuradas no Anuário do Setor Ferroviário, acrescida de um percentual de melhoria de 10%, conforme demonstrativo na Tabela 9-3 abaixo.

Tabela 9-3: Média histórica da disponibilidade de locomotivas

Ano/Ferrovia	EFC	EFVM	MRS	VLI	RMN	RMP	RMS	Média Geral	Melhoria (10%)
2021	89,44%	81,73%	77,27%	81,89%	95,48%	98,01%	95,49%	88,47%	97,32%
2022	89,53%	76,09%	76,81%	80,26%	94,80%	97,28%	96,95%	87,39%	96,13%
2023	87,92%	75,79%	78,25%	81,41%	94,61%	97,15%	96,99%	87,45%	96,19%
2024	87,95%	79,09%	74,57%	79,93%	94,05%	97,27%	96,33%	87,03%	95,73%
Média	89%	78%	77%	81%	95%	97%	96%	88%	95%

Fonte: ANTT/Anuário do Setor Ferroviário

- b) Utilização da Disponibilidade – representa o percentual de tempo no qual as locomotivas disponíveis estão efetivamente sendo utilizados para o atendimento à programação de transporte.

Adotou-se o percentual de 65% de acordo com a média histórica dos últimos quatro anos das ferrovias similares apuradas no Anuário do Setor Ferroviário, acrescida de um percentual de melhoria de 10%, conforme demonstrativo na Tabela 9-4 abaixo.

Tabela 9-4: Média histórica da utilização da disponibilidade de locomotivas

Ano/Ferrovia	EFC	EFVM	MRS	VLI	RMN	RMP	RMS	Média Geral	Melhoria (10%)
2021	72,47%	60,23%	42,31%	62,41%	50,78%	49,75%	37,99%	53,71%	59,08%
2022	70,11%	75,12%	44,88%	80,73%	58,75%	46,02%	38,85%	59,21%	65,13%
2023	72,79%	81,17%	45,91%	79,91%	60,61%	48,08%	40,46%	61,27%	67,40%
2024	70,96%	78,94%	44,87%	83,97%	59,13%	51,28%	41,23%	61,48%	67,63%
Média	72%	74%	44%	77%	57%	49%	40%	59%	65%

Fonte: ANTT/Anuário do Setor Ferroviário

Portanto, para o presente estudo foram considerados os seguintes valores:

Tabela 9-5: Percentuais de disponibilidade e de utilização da disponibilidade

Disponibilidade de locomotivas	95,0%
Utilização da Disponibilidade de locomotivas	65,0%
Disponibilidade de vagões	95,0%

9.3.1 Fórmula do Cálculo da Frota de Locomotivas

$$\text{Frota Locos} = \text{Ntrens} * \text{NLocosTrem} * \text{CicloEstradal} / ((\text{Disp} / 100) * (\text{UtilDisp}/100))$$

9.3.2 Fórmula do Cálculo da Frota de Vagões

$$\text{Frota Vagões} = \text{Ntrens} * \text{NVagoesTrem} * \text{CicloEstradal} / (\text{Disp} / 100)$$

A partir das definições dos pares diários de trem e do ciclo estradal, conforme as equações supracitadas, obteve-se as frotas bases utilizadas para cada agrupamento Produto – Rota de transporte próprio, em cada ano identificado no Estudo de Demanda.

9.4 FROTA COMERCIAL PARA ATENDIMENTO À DEMANDA

9.4.1 Processo de Dimensionamento

Os diversos fluxos próprios e principais por Produto-Origem-Destino (POD), foram agrupados, considerando primeiramente o produto e posteriormente a rota que este produto segue até chegar no destino, resultando nos seguintes 33 agrupamentos Produto – Rota, conforme Tabela 9-6, abaixo.

Tabela 9-6: Produto-Rota

Corredor	#	Produto-Rota
Apiá-Uvaranas	1	Cimento-Apiá-Uvaranas-Londrina
Roca Sales - General Luz	2	Combustível-Pátio Industrial-Lages
Passo Fundo - Guaporé	3	Combustível-Passo Fundo-Araucária
Guaporé - Roca Sales	4	Combustível-Pátio Industrial-Passo Fundo
General Luz - Triângulo	5	Combustível-Pátio Industrial-Santa Maria-Cruz Alta

Posteriormente determinou-se a Velocidade Média Comercial (VMC)² dos períodos, conforme já exposto em 9.1 Premissas e, conseqüentemente o ciclo estradal de cada viagem³, em dias por Produto – Rota, conforme Tabela 9-7, abaixo.

Tabela 9-7: VMC e Ciclo Estradal

#	Produto-Rota	Velocidade Comercial* (km/h) Anterior à melhorias VP	Velocidade Comercial** (km/h) Posterior à melhorias VP	Ciclo Estradal Médio (dias) Anterior à melhorias VP	Ciclo Estradal Médio (dias) Posterior à melhorias VP
1	Cimento-Apiá-Uvaranas-Londrina	15,38	16,30	2,06	1,94
2	Combustível-Pátio Industrial-Lages	15,38	16,30	2,26	2,13
3	Combustível-Passo Fundo-Araucária	15,38	16,30	4,61	4,35
4	Combustível-Pátio Industrial-Passo Fundo	15,38	16,30	1,51	1,42

² Velocidade média comercial é o quociente da distância total percorrida de um fluxo em quilômetros (dividendo) pelo tempo total em horas, considerando todos os tempos operacionais e o tempo de percurso necessários para percorrer uma determinada distância (divisor).

³ Ciclo estradal é o total de dias considerando os tempos operacionais e de percurso de um fluxo de transporte desde a sua origem até a volta à mesma origem na mesma condição. Ou seja, se inicia na carga do trem e se encerra quando nova carga, na mesma origem se repetir. O ciclo estradal determina o giro da frota num determinado período.

5	Combustível-Pátio Industrial-Santa Maria-Cruz Alta	15,38	16,30	2,36	2,23
---	--	-------	-------	------	------

O ciclo estradal determina o giro mensal da frota, ou seja, quantas viagens o ativo fará neste período, determinando assim a necessidade de ativos (locomotivas e vagões) para o atendimento da demanda mensal pico de cada ano.

Com o ciclo estradal determinado e com as configurações dos trens-tipos obtidos, determina-se a quantidade de giros no mês, bem como a TU/mês a ser transportado por cada trem-tipo.

Segue abaixo a Tabela 9-8 onde demonstra-se a quantidade de giro de cada trem-tipo, por Produto – Rota, bem como a quantidade de ton. úteis que estes trens transportam no mesmo período.

Tabela 9-8: Giro e ton. úteis por trem-tipo/mês

#	Produto-Rota	Tipo Locomotiva	Quant.	Helper	Tipo do Vagão	Quant.	Tu/vagão	Ton. Úteis/trem	Viagens/mês (Giro) Anterior às melhorias VP	Viagens/mês (Giro) Posterior às melhorias VP	TU/mês/trem Anterior às melhorias VP	TU/mês/trem Posterior às melhorias VP
1	Cimento-Apiaí-Uvaranas-Londrina	de 2.000 a 3.600 HP	3	0,2	Fechado	50	59,8	2.990,0	14,56	15,43	43.521,0	46.124,3
2	Combustível-Pátio Industrial-Lages	de 2.000 a 3.600 HP	2	0,1	Tanque	40	56,0	2.240,0	13,26	14,06	29.710,2	31.487,4
3	Combustível-Passo Fundo-Araucária	de 2.000 a 3.600 HP	2	0,1	Tanque	40	56,0	2.240,0	6,51	6,90	14.590,8	15.463,6
4	Combustível-Pátio Industrial-Passo Fundo	de 2.000 a 3.600 HP	2	0,1	Tanque	40	56,0	2.240,0	19,87	21,06	44.519,2	47.182,3
5	Combustível-Pátio Industrial-Santa Maria-Cruz Alta	de 2.000 a 3.600 HP	2	0,1	Tanque	40	56,0	2.240,0	12,72	13,48	28.497,2	30.201,8

Após a determinação dos trens-tipos necessários por mês para cada Produto – Rota, de acordo com a quantidade de giros e toneladas úteis por trem, dimensionou-se a frota de locomotivas e vagões necessários para o atendimento da demanda pico mensal decorrente da sazonalidade aplicada na demanda de cada ano, conforme demonstra-se, como exemplo, na Tabela 9-9 e Tabela 9-10 para o primeiro ano do projeto (2027).

O dimensionamento completo das locomotivas e vagões para todo o horizonte do projeto encontra-se no Apêndice 10.7 Estudo de Dimensionamento de Frota.

Tabela 9-9: Dimensionamento da frota de locomotivas para o primeiro ano (2027)

Ano	Produto - Rota	Volume Anual	Sazon.	Sazonalidade (mês pico)	Trens-tipo/ mês	Tipo Locomotiva	de 2.500 a 3.600 HP	Helpers	Total de Locos	Total de Helpers
2027	Cimento-Apiaí-Uvaranas-Londrina	431.397	9,2%	40.120	0,92	de 2.000 a 3.600 HP	4,48	0,22	4	0
2027	Combustível-Pátio Industrial-Lages	0	9,3%	0	0,00	de 2.000 a 3.600 HP	0,00	0,00		
2027	Combustível-Passo Fundo-Araucária	0	9,3%	0	0,00	de 2.000 a 3.600 HP	0,00	0,00		
2027	Combustível-Pátio Industrial-Passo Fundo	0	9,3%	0	0,00	de 2.000 a 3.600 HP	0,00	0,00		
2027	Combustível-Pátio Industrial-Santa Maria-Cruz Alta	0	9,3%	0	0,00	de 2.000 a 3.600 HP	0,00	0,00		

Tabela 9-10: Dimensionamento da frota de vagões para o primeiro ano (2027)

Ano	Produto - Rota	Volume Anual	Sazon.	Sazonalidade (mês pico)	Trens-tipo/ mês	Tipo do Vagão	Fechado	Tanque	Total de Vagões
2027	Cimento-Apiaí-Uvaranas-Londrina	431.397	9,2%	40.120	0,92	Fechado	48,00		48
2027	Combustível-Pátio Industrial-Lages	0	9,3%	0	0,00	Tanque		0,00	
2027	Combustível-Passo Fundo-Araucária	0	9,3%	0	0,00	Tanque		0,00	
2027	Combustível-Pátio Industrial-Passo Fundo	0	9,3%	0	0,00	Tanque		0,00	
2027	Combustível-Pátio Industrial-Santa Maria-Cruz Alta	0	9,3%	0	0,00	Tanque		0,00	

9.4.2 Locomotivas e vagões para atendimento à demanda

Utilizando-se do mesmo critério dos cálculos de dimensionamento para o primeiro ano, determinou-se a frota necessária e as aquisições de locomotivas e vagões para cada ano de transporte durante a duração do projeto (2027 a 2056), conforme demonstrado nas Tabelas a seguir.

O detalhamento por Produto – Rota encontra-se detalhado no Apêndice 10.7 Estudo de Dimensionamento de Frota.

Tabela 9-11: Dimensionamento anual da frota de locomotivas

Ano	de 2.000 a 3.600 HP	Helpers	Total Dimensionadas	de 2.000 a 3.600 HP Existentes	Acréscimo por demanda	Acréscimo por reposição
2027	4	0	4	12	0	0
2028	4	0	4	12	0	0
2029	4	0	4	12	0	0
2030	25	1	26	12	14	0
2031	25	1	26	11	0	1
2032	25	1	26	11	0	0
2033	25	1	26	11	0	0
2034	25	1	26	11	0	0
2035	25	1	26	11	0	0
2036	25	1	26	11	0	0
2037	25	1	26	11	0	0
2038	25	1	26	11	0	0
2039	25	1	27	11	0	0
2040	25	1	27	11	0	0
2041	26	1	27	11	0	0
2042	26	1	27	11	0	0
2043	26	1	27	11	0	0
2044	26	1	27	11	0	0
2045	26	1	27	11	0	0
2046	26	1	27	11	0	0
2047	26	1	27	11	0	0
2048	26	1	27	11	0	0
2049	26	1	28	11	0	0
2050	26	1	28	11	0	0
2051	26	1	28	11	0	0
2052	27	1	28	11	0	0
2053	27	1	28	9	0	2

Ano	de 2.000 a 3.600 HP	Helpers	Total Dimensionadas	de 2.000 a 3.600 HP Existentes	Acréscimo por demanda	Acréscimo por reposição
2054	27	1	28	8	0	2
2055	27	1	28	8	0	0
2056	27	1	28	6	0	1

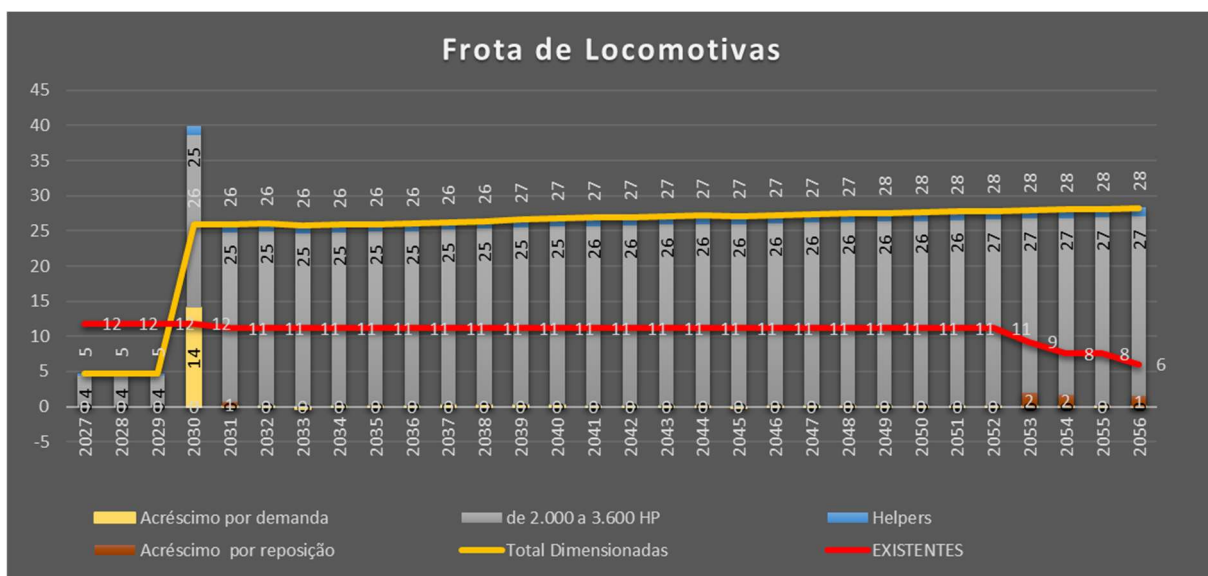


Figura 9-2: Frota de locomotivas ao longo da concessão x frota existente/aquisições

Tabela 9-12: Dimensionamento anual da frota de vagões

Ano	Fechado	Tanque	Dimensionados	Fechado	Tanque	Existentes
2027	48	0	48	78	300	378
2028	48	0	48	78	300	378
2029	48	0	48	78	300	378
2030	48	262	310	78	300	378
2031	48	264	312	78	300	378
2032	48	265	313	78	300	378
2033	48	261	309	78	300	378
2034	48	263	311	78	300	378
2035	48	264	312	78	300	378
2036	48	265	313	78	300	378
2037	48	267	315	78	300	378
2038	48	269	317	78	300	378
2039	48	272	319	78	300	378
2040	48	274	322	78	300	378

Ano	Fechado	Tanque	Dimensionados	Fechado	Tanque	Existentes
2041	48	275	323	78	300	378
2042	48	276	324	78	300	378
2043	48	277	325	78	300	378
2044	48	279	327	78	300	378
2045	48	278	326	78	300	378
2046	48	280	328	78	300	378
2047	48	281	329	78	300	378
2048	48	282	330	78	300	378
2049	48	283	331	78	300	378
2050	48	284	332	78	300	378
2051	48	286	334	78	300	378
2052	48	287	335	78	300	378
2053	48	288	336	78	300	378
2054	48	290	338	78	300	378
2055	48	291	339	78	300	378
2056	48	292	340	78	300	378

O detalhamento por tipo de vagão, como as diferenças entre a frota dimensionada e a existente, encontra-se no Apêndice 10.7 Estudo de Dimensionamento de Frota.

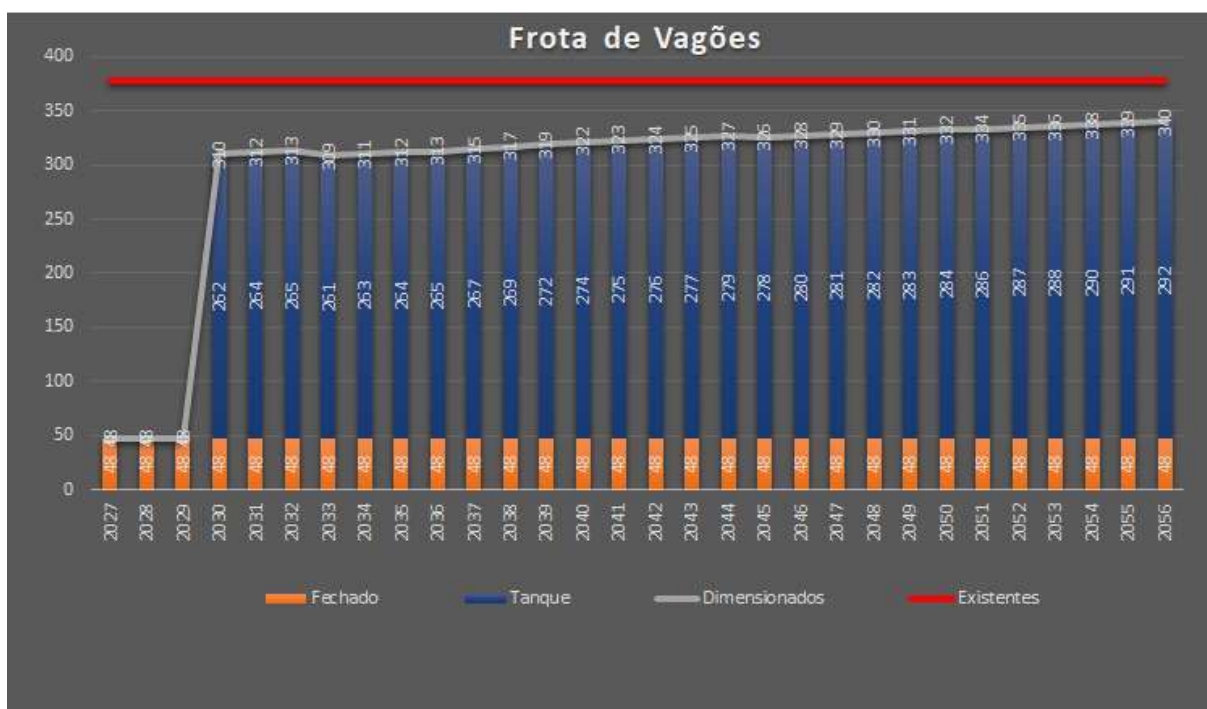


Figura 9-3: Frota de vagões ao longo da concessão x frota existente/aquisições

10 APÊNDICES

10.1 Projeção de Demanda

Projeção de Demanda resultante do estudo realizado pela LOGIT, e complementado pela SYSFER.

10.2 Entre Pátios

Relação de Entre Pátios compreendidos no Corredor Interestadual, elaborado pela SYSFER.

10.3 Análise Demanda Anual

Consolidação da demanda, em função das sazonalidades, por ano, tonelagens, carregamentos de vagões e quantidade de trens, elaborado pela SYSFER.

10.4 Rotas Fluxo de Demanda

Roteirização de cada Fluxo de Demanda, pelo menor caminho compreendido entre a origem e o destino, elaborado pela SYSFER.

10.5 Carregamento da malha

Consolidação da produção de transporte de cargas prevista em capacidades instaladas e utilizadas, tonelagens (tu e tku) e índices de saturação, para cada Entre Pátios do Corredor Interestadual, elaborado pela SYSFER.

10.6 VMP & VMC

Memória de cálculo da VMP e VMC resultantes após recuperação do Corredor Interestadual.

10.7 Estudo de Dimensionamento de Frota

Planilha eletrônica com todos os cálculos do dimensionamento da frota necessária para o atendimento da demanda da Malha Interestadual.