

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE CARGA**

RAFAEL AGOSTINHO ROCHA LANGONI

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE OPERACIONAL DE PÁTIOS FERROVIÁRIOS
DE CLASSIFICAÇÃO**

**Rio de Janeiro
2006**

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

RAFAEL AGOSTINHO ROCHA LANGONI

METODOLOGIA PARA ANÁLISE OPERACIONAL DE PÁTIOS FERROVIÁRIOS DE CLASSIFICAÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Especialização
Em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar
De Engenharia para obtenção do título de Especialista
Em Transporte Ferroviário de Carga

Rio de Janeiro

2006

A minha família

AGRADECIMENTOS

À professora Vânia Barcellos Gouvêa Campos, do Instituto Militar de Engenharia - IME e ao Engenheiro José Renato Girão Pellon, da MRS Logística S/A pela orientação, apoio e incentivo recebidos durante toda a execução deste trabalho.

Ao amigo e companheiro de trabalho Paulo César Ferreira, da MRS Logística, pelo suporte na obtenção de informações do sistema de apoio SISLOG, fator crítico para o sucesso do presente trabalho.

Ao IME, à MRS Logística e ao Centro de Estudos e Pesquisas Ferroviárias – CEPEFER pela realização do curso e pelas condições de ensino, pesquisa e desenvolvimento profissional oferecidos.

Aos colegas do curso pela amizade, pela troca de experiências e pelo apoio e incentivo recebidos durante o curso.

À Deus, por ter-me dado força nos momentos de dúvida e por todas as graças recebidas.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a proposição de uma metodologia que permita a análise operacional de pátios ferroviários de classificação, a fim de caracterizar os seus níveis de atividade e causas raízes da operação deficiente.

Espera-se que a metodologia proposta possa ser usada a fim de subsidiar decisões de priorização de investimentos para eliminação de gargalos operacionais causados por pátios de classificação, em uma rede de transportes ferroviária, orientando a alocação eficiente de recursos para a solução dos problemas.

A metodologia proposta consiste em um conjunto de quatro indicadores e de um fluxograma de avaliação pelo qual, através da análise cruzada dos indicadores propostos é definida a causa principal do problema existente e macro medidas a serem tomadas para a sua eliminação.

A fim de ilustrar a metodologia proposta, ao final do trabalho são estudados quatro pátios ferroviários de classificação da MRS Logística S/A.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE TABELAS.....	8
1. Introdução	10
1.1. O problema	10
1.2. Objetivo proposto.....	11
1.3. Dimensão do Problema	11
1.4. Organização da monografia.....	12
2. Revisão da literatura	12
2.1. Definições	12
2.2. Considerações de Projeto.....	18
2.3. A Operação de Pátios Ferroviários de Classificação	20
2.3.1. Técnicas para Avaliação Operacional de Pátios Ferroviários de Classificação	22
2.4. Conclusões	27
3. Metodologia proposta.....	28
3.1. Indicadores propostos	29
3.2. Fluxograma de avaliação operacional	33
4. Aplicação da metodologia	37
5. Conclusões	59
Apêndices.....	61
5.1. Apêndice A – Memorial de Cálculo do Indicador I.1: Taxa de ocupação de pátio	61
5.2. Apêndice B – Memorial de Cálculo do Indicador I.2	62
5.3. Apêndice C – Memorial de Cálculo do Indicador I.3	63
5.4. Apêndice D – Memorial de Cálculo do Indicador I.4	64

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig. 1: Pátio Ferroviário Simples	14
Fig. 2: Pátio ferroviário com uma saída, ou "single-ended".....	15
Fig. 3: Pátio ferroviário com duas saídas, ou "double-ended".....	16
Fig. 4: Pátio ferroviário direcional.....	17
Fig. 5: Pátio ferroviário de classificação por gravidade, ou "hump yard".....	18
Fig. 6: Fluxograma de avaliação operacional, parte I.	34
Fig. 7: Fluxograma de avaliação operacional, parte II.	35
Fig. 8: Fluxograma de avaliação operacional, parte III.	36
Fig. 9: Posição relativa dos quatro pátios escolhidos para aplicação da metodologia	39
Fig. 10: "Layout" esquemático do pátio do Barbará (FBB), em Barra Mansa/ RJ.....	40
Fig. 11: "Layout" esquemático do pátio de Eng. Manoel Feio (IEF), em Itaquaquecetuba/ SP.	41
Fig. 12: "Layout" esquemático do pátio de São José dos Campos (FSJ), em São José dos Campos/ SP.....	42
Fig. 13: "Layout" esquemático do pátio de Cruzeiro (FCZ), em Cruzeiro/ SP.....	43

LISTA DE TABELAS

Tab. 1: Modelos de filas aplicáveis, por tipo de pátio.....	24
Tab. 2: Valores de referência para os indicadores propostos.....	33
Tab. 3: Capacidade estimada dos pátios em estudo, em metros e quantidade de vagões tipo.....	44
Tab. 4: Frota de vagões da MRS Logística S/A: tipos de vagões, quantidades e comprimentos	45
Tab. 5: Resultados da aplicação do indicador I.1	46
Tab. 6: Resultados da aplicação do indicador I.2	48
Tab. 7: Exemplo de registro de atividades com vagões ou grupos de vagões utilizado para o cálculo do indicador I.2	50
Tab. 8: Resultados da aplicação do indicador I.3	52
Tab. 9: Resultados da aplicação do indicador I.3: dados interquartílicos	53
Tab. 10 - Resultados da aplicação do indicador I.4 (Maio a Julho/ 06).....	54
Tab. 11: I.4 – Exemplos de dados de ocorrências de desvio iguais ou inferiores a 0% (Maio a Julho/ 06)	54
Tab. 12: Resultados da aplicação do indicador I.4 - dados corrigidos (Maio a Julho/ 06).....	55
Tab. 13: I.4 - Freqüência de ocorrência de desvios superiores a 300% por faixas de dias do mês (Maio a Julho/ 06).....	56
Tab. 14: I.4 - Freqüência de ocorrência de desvios superiores a 300% por faixa horária (Maio a Julho/ 06)	57
Tab. 15: I.4 - Freqüência de ocorrência de desvios superiores a 300% por tipo de atividade (Maio a Julho/ 06).....	58
Tab. 16: Memorial de cálculo do indicador I.1 (exemplo de relatório de registro de dados).....	61
Tab. 17: Memorial de cálculo do indicador I.2 (exemplo de relatório de registro de dados).....	62

Tab. 18: Memorial de cálculo do indicador I.3 (exemplo de relatório de registro de dados).....	63
Tab. 19: Memorial de cálculo do indicador I.4 (exemplo de relatório de registro de dados).....	64

METODOLOGIA PARA ANÁLISE OPERACIONAL DE PÁTIOS FERROVIÁRIOS DE CLASSIFICAÇÃO

Tutor: José Renato Girão Pellon

Orientador: Vânia Barcellos Gouvêa Campos

1. Introdução

1.1. O problema

O transporte ferroviário pode ser representado por uma rede onde os nós representam os pátios e terminais e estes são ligados por linhas que representam a via por onde circulam os veículos transportando carga. Resolver os problemas do transporte nessa rede significa aumentar a disponibilidade do recurso via, quer seja através da duplicação de trechos ou de melhoria na manutenção, ou através da solução de problemas envolvendo a operação dos nós, o que permite maior fluidez na rede, incorrendo recursos consideravelmente menores do que os requeridos para intervenção na via.

Segundo a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (www.antf.org.br), um pátio ferroviário pode ser classificado como sendo uma área de esplanada em que um conjunto de vias é preparado para formação de trens, manobras e estacionamento de veículos ferroviários, cruzamento entre trens e outros fins.

A necessidade da utilização de pátios é uma característica inerente ao transporte ferroviário, que é a de utilizar uma combinação de veículos individuais, provindos de diversas origens e com diversos destinos, em trens comuns, com o objetivo principal de economizar força motriz, combustível e pessoal envolvido na operação de transporte. A desvantagem dessa utilização, por outro lado, é a necessidade de manuseios adicionais, incorrendo inclusive em um conseqüente aumento da periculosidade.

1.2. Objetivo proposto

A presente monografia tem o objetivo de definir uma metodologia que permita a avaliação da operação dos pátios ferroviários de classificação da MRS, quanto ao seu nível de atividade e caracterização de alguns indicadores de desempenho para subsidiar decisões de priorização de investimentos (ampliação da capacidade e/ ou readequação da infra-estrutura para garantir o atendimento da demanda) e planejamento operacional (mudança da grade de trens e alterações nas programações de atividade de trens).

1.3. Dimensão do Problema

A operação deficiente dos pátios ocasionada em grande parte pelo seu congestionamento causa atrasos consideráveis na circulação dos trens e conseqüentes prejuízos para a empresa na medida em que os atrasos incorrem para a perda de faturamento pela imobilização desnecessária de ativos tais como locos e vagões, conforme pode ser medido pelo indicador THP – Trem Hora Parado, utilizado pela MRS.

Segundo a definição de eventos utilizada pela MRS, são dois os eventos causadores de THP ligados à atividade dos pátios, “aguardar – pátio congestionado” e “aguardar – aguardando cliente” e apenas para exemplificar a relevância do estudo e da obtenção de tal ferramenta, a empresa mede através do conceito de lucro cessante o impacto causado pelo THP, sendo que no período de apenas 15 dias, de 01/11/2005 a 15/11/2005, foi apurado o montante de lucro cessante de R\$ 5.636.104,00, referente ao evento “aguardar – pátio congestionado”.

Além disso, o atraso na entrega da carga compromete a imagem da empresa junto aos seus clientes e pode ser fator determinante para a troca de modal pelo cliente, tão mais similares sejam as tarifas cobradas entre a MRS e os transportadores concorrentes.

1.4. Organização da monografia

Inicialmente é apresentada uma revisão bibliográfica sobre pátios ferroviários, suas definições, tipos e aplicações, critérios de projeto e recomendações operacionais. A seguir serão pesquisadas na literatura as abordagens existentes sobre métodos para avaliação operacional de pátios ferroviários, identificando suas vantagens e desvantagens e buscando a conceituação do problema para o caso específico de pátios ferroviários de classificação.

Após a conclusão sobre as abordagens existentes, será proposta uma nova metodologia e os conceitos e as premissas envolvidas.

Finalmente, a metodologia proposta será aplicada à situação atual de quatro pátios ferroviários de classificação da MRS Logística S/A, concessionária de serviço de transporte ferroviário da malha sudeste da antiga Rede Ferroviária Federal S/A – RFFSA.

2. Revisão da literatura

2.1. Definições

Segundo Wright e Ashford (1989), a principal função de um pátio de classificação é a de permitir a classificação dos vagões recebidos, a sua separação em blocos e a formação de trens, através de reagrupamento, para a distribuição da carga para os seus vários destinos.

Um pátio usualmente é composto por três componentes:

- Área de recebimento de trens: é aquela pela qual os trens que adentram o pátio são desviados da linha principal e temporariamente armazenados antes de serem desmembrados e classificados. Nesse intervalo de tempo ocorre também a inspeção da composição, sendo que conforme a necessidade os vagões avariados são marcados para serem separados e então destinados ao conserto;

- Área de classificação: é aquela onde os vagões são separados e reagrupados em blocos segundo um destino comum, que pode ser o destino final da carga ou outro pátio subsequente;
- Área de formação de trens: aquela onde os trens são formados e armazenados enquanto aguardam outras operações que irão permitir a sua partida, ou seja, o retorno para a linha principal. Entre essas operações estão a inspeção da composição para a partida, a preparação da documentação fiscal do transporte das cargas e o próprio licenciamento da movimentação pela linha principal.

Um pátio mais completo pode conter ainda linhas específicas para reparo da composição, principalmente vagões com pequenas avarias, linhas para reabastecimento de combustível e areia para locomotivas e linhas “locais”, sendo estas destinadas à formação de trens destinados a entregas à terminais próximos ao pátio.

Pátios mais simples são compostos apenas de algumas linhas utilizadas para todas as diversas atividades mencionadas anteriormente, sem separação clara entre as diferentes áreas utilizadas para as diversas operações.

Samuel (1961) adiciona que outra função dos pátios pode ser a de facilitar a quebra dos trens em pátios subsequentes. Pondera que podem existir linhas de classificação especificamente designadas para determinada carga apenas para determinada faixa horária do dia e que essa alocação ajuda a reduzir erros de classificação.

Segundo Edwards (1992), a tendência atual no meio ferroviário é a de reduzir o número de pátios para um pequeno número de pátios maiores e muito bem equipados e com processos mais automatizados.

Os pátios ferroviários podem ser classificados, segundo o seu layout, de acordo com Petersen (1977a), em cinco tipos principais:

- Pátio simples (fig.1): de recurso mais limitado, é aquele que não possui separação estrutural entre linhas de recepção, classificação e de despacho. Locomotivas comuns fazem todo o trabalho no pátio e como resultado esse tipo de pátio apresenta os maiores tempos de operação, pelo caráter de dependência e interferência entre as atividades de pátio e a operação de transporte.



Fig. 1: Pátio Ferroviário Simples

Fonte: Santos (1989) – Procedimentos para o dimensionamento de pátios ferroviários de classificação por gravidade

- Pátio em nível com uma saída, ou “single-ended” (fig.2): é o tipo mais simples de pátio que possui recursos de operação próprios. Suas linhas de classificação apresentam linhas guias em apenas um dos lados. Como decorrência, toda operação de corte e depósito precisa ser executada por uma mesma locomotiva de pátio, que, sequencialmente, corta o lote recebido e encaminha os blocos até as diversas linhas de classificação. Por essa razão também apresenta forte dependabilidade entre as operações. Além disso, a operação de classificação precisa ser interrompida sempre que se conclui a formação de um trem e se move este para as linhas de despacho, pela utilização da única linha guia existente. Também existe o risco da ocorrência de uma situação onde o primeiro bloco de vagões formador de um trem é despachado

após um segundo bloco, caso estes tenham sido agrupados em uma mesma linha de classificação.

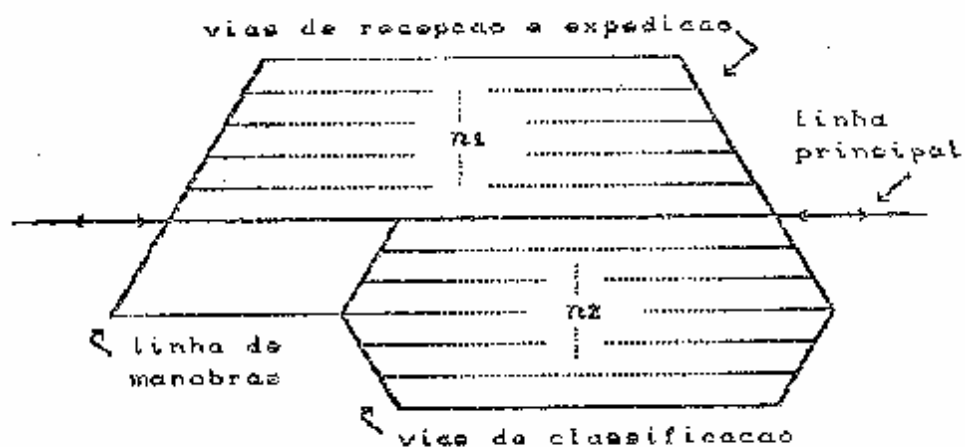


Fig. 2: Pátio ferroviário com uma saída, ou "single-ended"

Fonte: Santos (1989) – Procedimentos para o dimensionamento de pátios ferroviários de classificação por gravidade

- Pátio em nível com duas saídas, ou "double-ended" (fig.3): nesse tipo de pátio, as operações de corte e depósito podem ser realizadas por ambas as pontas das linhas de classificação. Geralmente uma ponta é reservada para classificação, enquanto na outra se realiza a operação de montagem do trem de partida. Dessa forma consegue-se um grande aumento de produtividade pela independência entre as operações.

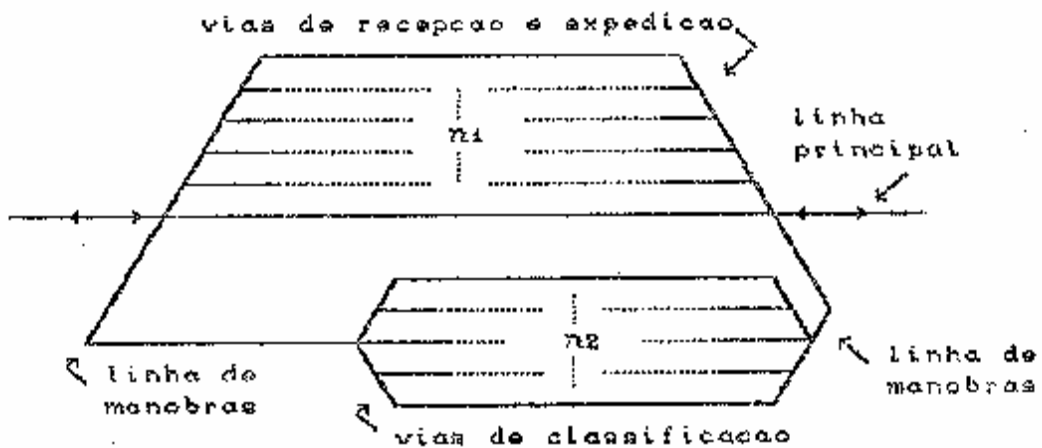


Fig. 3: Pátio ferroviário com duas saídas, ou "double-ended"

Fonte: Santos (1989) – Procedimentos para o dimensionamento de pátios ferroviários de classificação por gravidade

- Pátio direcional, ou com classificação orientada (fig.4): é na verdade uma combinação de dois pátios do tipo anterior, existindo áreas de classificação separadas para cada sentido de movimento, que operam independentemente. Justificam-se quando o volume de tráfego é grande e bem distribuído entre os dois sentidos.

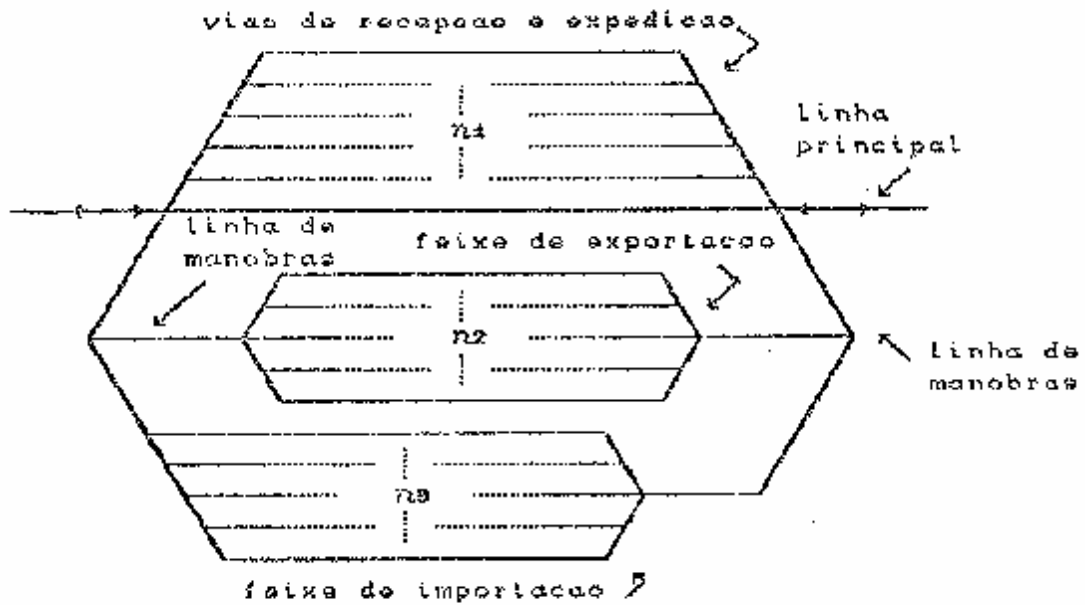


Fig. 4: Pátio ferroviário direcional

Fonte: Santos (1989) – Procedimentos para o dimensionamento de pátios ferroviários de classificação por gravidade

- Pátio de classificação por gravidade, ou "Hump yard": é o maior e mais complexo tipo de pátio. Apresentam excepcional produtividade na operação de classificação e podem ser altamente automatizados. Enquanto que no caso dos pátios planos (ou em nível) a locomotiva de pátio move os blocos de vagões para frente e para trás na linha guia, com o auxílio dos manobreadores, que sequencialmente operam as máquinas de chaves segundo os movimentos desejados, em um pátio do tipo "hump yard" isso é feito através da força da gravidade. Cada vagão é liberado a partir de um ponto elevado e automaticamente dirigido para a linha de classificação desejada. Dispositivos retardadores calculam a inércia do vagão e automaticamente oferecem um nível de resistência ao movimento compatível com o cuidado necessário para a integridade da carga e da própria estrutura do vagão.



Fig. 5: Pátio ferroviário de classificação por gravidade, ou "hump yard"
 Fonte: Santos (1989) – Procedimentos para o dimensionamento de pátios ferroviários de classificação por gravidade

2.2. Considerações de Projeto

Os pátios ferroviários são dimensionados seguindo determinados parâmetros de projeto, segundo o tráfego previsto, função do volume de transporte para o horizonte de projeto. Porém, dada a dinâmica da atividade, algumas vezes os volumes verificados superam em muito os volumes previstos, o que torna necessária a reavaliação da sua infra-estrutura a fim de garantir o atendimento da demanda de transporte, na medida em que os pátios, na maioria das vezes, constituem-se nos maiores gargalos operacionais.

Wright e Ashford (1989) afirmam que o layout dos pátios depende primordialmente das dimensões dos vagões e locomotivas que o utilizarão, do comprimento dos trens, do volume de tráfego previsto para o horizonte de projeto e da taxa pela qual os trens serão processados, função dos procedimentos operacionais a serem implementados. No mínimo 16 metros de

comprimento por vagão devem ser garantidos em cada linha, exceto para linhas de reparo, que devem garantir 17 metros por vagão desacoplado.

Linhas de classificação paralelas devem ser espaçadas (centro a centro) não menos do que 5 metros entre si e a mais interna com pelo menos 6 metros da linha principal.

Também recomendam que um número suficiente de linhas de recebimento de composições sejam providenciadas a fim de que sempre aja pelo menos uma linha disponível sempre que um trem chegando precise entrar no pátio, a fim de evitar obstrução na linha principal. Pátios planos (ou em nível) são usados onde o número de manobras de cortes por trem é pequeno. Nesse tipo de pátio a separação dos vagões é feita a uma taxa típica de 30 a 60 vagões por hora, enquanto que em pátios do tipo “hump yard” as taxas de classificação usualmente variam de 100 a 300 vagões por hora.

O comprimento das linhas de despacho depende do comprimento dos trens de partida a serem formados. Cuidados devem ser tomados quanto ao perfil das linhas a fim de evitar uma resistência inicial ao movimento excessiva, com consumo desnecessário de combustível.

Edwards (1992) complementa que devem ser providenciadas nas linhas de recebimento e despacho de trens de 60 a 90 metros adicionais como fator de segurança para a frenagem dos trens, pois do contrário haverá a necessidade de reduzir a velocidade de operação no pátio.

Samuel (1961) afirma que o problema de número insuficiente de linhas de classificação pode ser contornado através de reclassificações em pátios posteriores, porém com conseqüente perda de produtividade e de tempo em trânsito pela necessidade de manuseios adicionais.

Pondera que um limitante para o número de linhas de classificação paralelas é o ângulo formado entre a saída da linha principal e estas, pois um número excessivo de linhas de classificação leva à distâncias muito grandes a partir da linha principal e provoca a redução da velocidade de classificação.

Segundo o autor, um fator limitante da produtividade da atividade de classificação é a linha conectora, razão pela qual não adiantaria se ter diversas máquinas de pátio para a classificação, pois a interferência entre elas quando da ocupação da linha conectora anularia o ganho esperado.

Caso se deseje construir mais de uma linha de recepção de trens, idealmente estas devem ser distribuídas em ambos os lados da linha principal, para que a locomotiva de movimento, após a entrada no pátio e a liberação dos vagões, seja disponibilizada mais rapidamente.

2.3. A Operação de Pátios Ferroviários de Classificação

Um fator de extrema importância para se avaliar a eficiência da operação de um pátio ferroviário é o tempo de permanência dos vagões no mesmo, respeitadas as políticas de formação e programação de trens.

Segundo Gomes (1982), os tempos de permanência dos vagões em pátio podem ser classificados em permanência ativa e permanência passiva.

O tempo de permanência ativa é entendido como sendo o intervalo de tempo sobre o qual os vagões encontram-se submetidos a alguma operação e permanência passiva o intervalo de tempo em que os vagões estão aguardando a execução de alguma operação ou evento. Tanto o período de permanência ativa quanto o de permanência passiva podem se apresentar excessivos, dependendo das características físicas e operacionais do pátio em estudo.

Porém atenção especial deve ser dada a tempos de permanência passiva excessivos, na medida em que denotam, na maioria das vezes, ineficiência operacional de simples solução. Ainda, segundo Gomes (1982), as principais causas de permanência passiva de vagões em pátios ferroviários são as seguintes:

Acidentais:

- Ocorrência de acidente em uma ou mais linha que têm acesso ao pátio ou no próprio pátio;
- Necessidade de remanejamento, para oficinas adequadas, de vagões e/ou locomotivas avariadas;
- Ocorrência de vagões avariados em posição de difícil retirada.

Não acidentais:

- Número insuficiente de servidores no pátio;
- Inadequabilidade ou insuficiência de equipamentos e/ou de linhas para execução de determinadas operações;
- Deficiência operacional dos Centros de Controle Operacional, em especial com relação às estações situadas nos limites territoriais desses centros, dada a desinformação sobre a operação do território vizinho.

Com relação ao despacho de trens em pátios, duas políticas distintas podem ser mencionadas: a primeira baseada em um “cutoff time” para os vagões e a segunda baseada em regras de acumulação.

Com a definição de um “cutoff time” busca-se o menor tempo programado para a conexão. Se um vagão com destino a “K” chega ao pátio no instante “t” e “C” é o “cutoff time” estabelecido, então, o vagão deve fazer conexão ao primeiro trem de saída disponível com destino a “K” que parta até “t + C” (Martland, 1982).

Outras formas de “cutoff time” mais sofisticadas podem ser utilizadas, por exemplo, estabelecendo tempos diferentes para cada tipo de carga, prioridades para conexão, etc.

Porém o autor discute a validade do caráter determinístico dessa política, pois uma conexão pode deixar de ser feita por estar apenas 5 minutos atrasada em relação ao “cutoff time” estabelecido sendo que a próxima viagem para o referido destino só se dará após 24 horas.

Já a política de despacho de vagões baseada em regras de acumulação (Assad, 1980) determina que, por exemplo, um determinado trem “m” deverá partir às 10h00min se 100 vagões estiverem prontos, às 11h00min se 80 vagões estão prontos, e assim sucessivamente, até um limite horário pré-estabelecido.

2.3.1. Técnicas para Avaliação Operacional de Pátios Ferroviários de Classificação

Várias abordagens sobre o problema das políticas e atividades de pátio podem ser encontradas na literatura, sendo as mais comuns aquelas derivadas da teoria das filas e as de modelos de simulação.

Petersen (1977a), explica que do ponto de vista da modelagem pela teoria das filas, a principal diferença entre pátios está na separação física das atividades de classificação e formação de trens, o que irá determinar se devem ser modeladas em conjunto ou de forma independente. Também importante, mas de forma secundária, é o caráter de independência das outras atividades do pátio.

Segundo seus dados, os maiores gargalos operacionais estão nas atividades de classificação e formação de trens, além dos atrasos decorrentes de operações de conexão com trens partindo. Afirma que por serem as atividades de recebimento e despacho de trens “randômicas”, elas tendem a não serem

atividades críticas, pois equipes adicionais de inspeção poderiam ser, em tese, facilmente providenciadas.

Nessa modelagem, as unidades de serviço não são o número de veículos, mas sim o número de trens processados no pátio. Os tempos de serviço são aqueles necessários às atividades de classificar e montar um trem.

Se as atividades de classificação e montagem de trens são independentes, ou seja, se utilizam recursos próprios, elas devem ser modeladas separadamente utilizando modelos de filas com servidores múltiplos.

Caso contrário, duas filas são formadas, uma de trens chegando e que esperam para serem classificados e outra de trens que estão se formando e esperando para serem completados e despachados.

Os modelos assumem que a formação dos trens para despacho tem prioridade sobre os que esperam para serem classificados e modela as atividades como não sequencialmente dependentes e com taxas de serviço diferentes.

O número de servidores para cada operação é igual ao número de trens que podem ser simultaneamente classificados ou formados. Porém, usualmente tem-se um servidor único, pois os trens são processados um a cada vez, mesmo quando mais de uma máquina ou equipe estão envolvidas. Caso exista mais de um servidor, assume-se que eles possuem o mesmo tempo esperado para conclusão do serviço.

O “input” para os trens a serem classificados é o número de trens que chegam ao pátio e o “input” para os trens a serem formados é o número de trens que saem do pátio. Os modelos assumem que os processos de chegada e saída são estatisticamente independentes e que seguem distribuição de probabilidades Poisson.

Os modelos de fila comumente utilizados são do tipo M/G/s se as operações são independentes e da forma $M_i/G_i/s(NPPR)$ se recursos comuns são utilizados, onde “M” denota “input” Poisson, “G” uma distribuição geral e “s” o número de servidores existentes.

	M/G/1	M/M/s	M/Ek/1	M/D/s	M _i /G _i /1	M _i /M/s
Pátio direcional		X		X		
Pátio “double-ended”						
Classificação e formação independentes	X	X	X	X		
Classificação e formação dependentes						X
Pátio “single-ended”					X	X

Tab. 1: Modelos de filas aplicáveis, por tipo de pátio

Fonte: Petersen, E.R. – Railyard Modeling Part I: Prediction of Put-Through Time (1977)

Petersen (1977b) descreve uma metodologia básica de cálculo para diversos parâmetros de serviço de pátios, a serem embutidos em softwares específicos, para, dentre outros objetivos, estimar o tempo que os vagões permanecem no pátio, conhecer a variância do tempo de permanência e analisar a utilização dos recursos do pátio (linhas de recepção, classificação e despacho; máquinas de pátio). A metodologia se baseia no número de linhas de classificação, na configuração dos ramais de classificação, no número de máquinas de pátio disponíveis, nas regras de classificação e separação, na intensidade de tráfego e na carga de trabalho estimada. A partir de tempos unitários - padrão para as diversas operações, as taxas pelas quais os trens são classificados e formados é calculada e então é possível ajustar essas taxas às restrições existentes.

Martland (1982) contesta a validade da modelagem através da teoria de filas para a operação de pátios a partir da constatação de que suas hipóteses básicas não são atendidas, principalmente a que se refere ao pátio como em

regime estacionário, uma vez que os tempos de serviço são claramente variáveis na medida em que mudanças são efetuadas na alocação de pessoal ou no número de servidores, entre outras.

Além disso, segundo o autor, não é verdadeira a hipótese de que o processo de chegadas é randômico e que segue uma distribuição de probabilidades de Poisson, uma vez que se observam padrões cíclicos diários, semanais ou sazonais nas chegadas. Como consequência, observa-se baixa aderência entre o previsto pela teoria e o observado, o que leva a baixa utilização dos modelos por profissionais da área de transporte.

Entretanto pondera que em uma situação onde os volumes de tráfego são extremamente pesados, os modelos baseados na teoria de filas podem apresentar resultados satisfatórios, pois nessa situação os atrasos na espera por um trem partindo com capacidade suficiente se sobrepõem aos atrasos na classificação e formação de trens, bem como às diferenças na frequência de despacho.

Já os modelos de simulação apresentam a vantagem de permitir a modelagem das operações de pátio em qualquer nível de detalhe desejado, e se apresentam aos profissionais da área de maneira bastante intuitiva e visual, compatível com os conceitos vividos no seu dia-a-dia, permitindo acompanhar a movimentação de um vagão pelas diversas atividades no pátio.

Além disso, segundo Gomes (1982), apresentam a vantagem de permitir a análise de diversas configurações hipotéticas alternativas de operação, de uma forma bastante simples, uma vez obtidos os parâmetros de entrada, comuns a quaisquer configurações. Tal facilidade permite a avaliação, uma vez identificados os pontos críticos operacionais através da modelagem e simulação da operação real, da alternativa mais viável para a solução do problema, dentre um conjunto de soluções testadas. Permite também “antecipar” a situação futura de um pátio mediante a entrada dos seus parâmetros de acordo com os

previstos no horizonte desejado (mudanças físicas ou operacionais), constituindo-se assim em uma importante ferramenta de projeto.

Ainda segunda a autora, a técnica de simulação é mais adequada para a modelagem da operação de um pátio ferroviário, se comparado à teoria das filas, quando se trata de um processo que não atinge certa estabilidade, ou quando os estados transientes são críticos. Ressalta que o estudo de sistemas não estacionários de filas torna-se bem mais fácil através de simulação do que através de métodos analíticos e que qualquer sistema de filas pode ser simulado, desde que o mesmo possa ser descrito e que possam ser obtidos dados relativos à chegada e atendimento de unidades no sistema. Por fim afirma que mesmo que as distribuições de tempos de entrada e atendimento não sigam padrões teóricos, ainda assim a simulação pode ser empregada, desenvolvida através de distribuições empíricas, geralmente tomando a forma de uma distribuição cumulativa de frequência de eventos.

Porém, segundo Martland (1982), além de custosos, por serem de difícil calibração, em geral os modelos de simulação subestimam os tempos de permanência dos vagões em pátio, superestimam a confiabilidade do sistema e por isso podem causar problemas nas análises desejadas.

Outra abordagem utilizada é a “capacity scheduling”, ou *programação de capacidade*, onde, dada uma descrição detalhada das instalações do pátio, a grade de trens prevista e o tempo requerido para a execução das diversas operações, modelos podem agendar tráfego de um trem que chega através das diversas operações até a eventual conexão com um trem de partida. Segundo o autor, a *SRI International* desenvolveu um modelo que permite avaliar o impacto de diferentes configurações de pátio no seu desempenho. A dificuldade na utilização desses modelos reside na obtenção de parâmetros dos tempos de serviço representativos e confiáveis.

Martland (1982) apresenta uma quarta abordagem, resultado de dez anos de estudos no *MIT Rail Group*, que seria capaz de contornar os problemas

apontados nas outras abordagens, através do conceito de uma “PMAKE function”.

A função é definida como a probabilidade de se fazer uma conexão com o primeiro trem de saída apropriado, estimada a partir do percentual de vagões que efetivamente fizeram a conexão durante um período de observação.

O autor exemplifica a utilização do conceito em sistemas desenvolvidos para diversas companhias americanas (*Southern Railway, Boston & Maine, Delaware & Hudson, Southern Pacific e Santa Fe, Missouri Pacifica e Conrail*) e afirma que análises econométricas podem ser utilizadas para relacionar “PMAKE function” a um grande número de variáveis independentes, incluindo o tempo disponível para se efetuar dada conexão, as prioridades no tráfego, o volume de tráfego, o padrão de variação do volume de carga durante o dia, a confiabilidade da chegada de trens e a disponibilidade de energia de tração.

2.4. Conclusões

Através da revisão bibliográfica buscou-se inicialmente estabelecer conceitos básicos sobre a definição de pátio ferroviário de classificação, dos tipos de pátios existentes, de recomendações básicas de projeto e finalmente o conhecimento sobre as diversas abordagens de metodologias para a avaliação operacional de pátios ferroviários encontrados na literatura.

Contudo, a partir da constatação de que, conforme observado, existe, no meio técnico, controvérsia quanto à efetividade da avaliação através da teoria de filas e mesmo da metodologia baseada em técnicas de simulação, optou-se, para o desenvolvimento do presente trabalho, pela proposição de uma metodologia inédita, capaz de se prestar como ferramenta de monitoramento, diagnóstico e de suporte a decisão ao gestor de pátios, conforme detalhado a seguir.

3. Metodologia proposta

A metodologia proposta consiste no monitoramento de um grupo de indicadores e da utilização de um fluxograma de análise operacional, pelo qual se efetua o diagnóstico simplificado do problema operacional do pátio avaliado e se propõe a adoção de macro medidas para a solução do principal problema verificado.

A principal vantagem da aplicação dessa metodologia é a sua generalidade, uma vez que ela pode ser aplicada a qualquer pátio ferroviário de classificação, permitindo ainda que se façam classificações dos diversos pátios operados por uma empresa ferroviária segundo seus próprios critérios de interesse, auxiliando os gestores de pátios na tomada de decisão quanto aos pontos de intervenção mais efetivos para a melhoria da qualidade do transporte.

A utilização de indicadores permite ao gestor da área de pátios ferroviários o monitoramento da situação operacional de todos os pátios sob a sua responsabilidade, permitindo ao mesmo inferir sobre as causas do mau comportamento a partir da simples observação de valores superiores aos desejados. O foco generalista da metodologia, no entanto, deve suscitar o gestor ao aprofundamento da análise através da condução de investigação detalhada, atentando para as particularidades de cada pátio.

3.1. Indicadores propostos ¹

Os indicadores propostos são apurados e apresentados de forma vetorizada, conforme descrito abaixo:

(I.X) = [μ / σ / max/ min]

Onde:

X: número do indicador (X=1, 2, 3, 4).

μ : média aritmética da distribuição observada

σ : desvio padrão da distribuição observada

max: valor máximo da distribuição observada

min: valor mínimo da distribuição observada

Acredita-se que essa forma de apuração seja capaz de fornecer subsídios mais efetivos para o gestor de pátios, uma vez que a média é a medida de representatividade de distribuição de valores mais comumente utilizada, assim como é consagrada a utilização do desvio padrão como medida de dispersão. Também são importantes os valores máximos e mínimos observados em virtude da constatação de picos e que, principalmente no caso do valor máximo, são de fundamental importância como parâmetro de entrada para o dimensionamento de recursos.

- (I.1) ² Taxa de ocupação do pátio

Objetivo

Mensurar e monitorar o percentual de utilização da capacidade física instalada do pátio.

Justificativa

Sob o ponto de vista de produtividade, a operação de um pátio ferroviário deve ser a mais eficiente possível e para isso o pátio necessita operar sob uma

¹ Com exceção do indicador I2: Quantidade de manobras realizadas por vagão movimentado, que é apresentado na forma [μ]

margem de utilização que lhe confira flexibilidade para as manobras decorrentes das suas várias atividades de demanda. Por outro lado, de maneira conflitante, sob o ponto de vista econômico da empresa ferroviária, deve-se buscar a plena utilização dos recursos instalados. É obrigação do gestor de pátios conciliar os dois pontos de vista e para isso a mensuração e o monitoramento do percentual de sua utilização é de extrema importância.

Definições

Capacidade estática: É o somatório dos comprimentos de todas as linhas ativas de um pátio ferroviário, excluindo-se apenas as linhas de movimento, ou seja, aquelas destinadas à circulação e ao cruzamento de trens na malha ferroviária.³

Vagão tipo: É igual ao comprimento médio dos vagões que solicitam o pátio, ponderados pela quantidade observada destes vagões no período observado. Por vagões que solicitam o pátio entende-se que são aqueles que são desanexados de trens no seu interior e estacionados em suas linhas enquanto aguardam conexão com trens de saída do pátio, destinados ao seu ponto de destino ou a algum outro pátio mais próximo do seu destino.

Indicador: É apurada periodicamente a quantidade média de vagões que ocupa o pátio ao longo de todo o dia (faixas horárias unitárias) e o resultado é dividido pela capacidade estática do pátio, em número de vagões tipo equivalente. Da distribuição extraem-se a média diária da taxa de ocupação no período observado, seu desvio padrão e os valores máximo e mínimo observados.

- (I.2) Quantidade de manobras realizadas por bloco de vagões movimentados

Objetivo

Mensurar e monitorar a eficiência da operação do pátio frente a sua solicitação (grade de trens e programa de atividades de pátio em trens).

² Lê-se Indicador 1

Justificativa

A operação eficiente do pátio pode ser definida como sendo aquela existe o menor número de manobras possível capaz de atender a sua solicitação, e para tal, o gestor do pátio deve, conhecendo a grade de trens e o programa de atividades de pátio em trens, programar o atendimento do pátio de forma racionalizada e tão otimizada quanto possível, antecipando a ordem seqüencial de operações de corte e a alocação dos grupos de vagões às linhas mais apropriadas. Para tal, a mensuração e o monitoramento da quantidade de manobras executadas por vagão movimentado são de extrema importância. Essa ferramenta se constitui de elemento de retro análise da operação, permitindo inferir sobre a qualidade da programação de atendimento do pátio, a eficiência do seu “layout” frente à demanda e sobre a ocorrência de trens cuja formação é inadequada sob o ponto de vista de produtividade do pátio.

Definições

Manobra: É a atividade pela qual um vagão ou grupo (bloco) de vagões é manuseado no pátio, envolvendo as operações de desanexação de vagão em trem, classificação e anexação de vagão a trem de saída do pátio. O número de manobras por vagão é igual à quantidade de vezes em que ele, estando estacionado, é retirado da sua linha de ocupação original para outra linha no pátio.

Indicador: É apurada periodicamente a quantidade média diária de manobras executadas pelo pátio e a quantidade média diária de blocos de vagões movimentados pelo pátio, sendo-se calculada a divisão dos dois termos e extraindo-se a média diária no período observado.

³ A denominação usual de tais linhas é a de linha principal, utilizada para a circulação (passagem de trens pelo pátio) e linha secundária, utilizada para o cruzamento de trens na malha.

- (I.3) Tempo médio de permanência de vagões em pátio

Objetivo

Mensurar e monitorar a quantidade de horas que os vagões de classificação permanecem no pátio.

Justificativa

Sob o ponto de vista da eficiência operacional do pátio de classificação, o mesmo deve programar e realizar suas atividades de classificação de maneira a minimizar a quantidade de horas envolvidas nessas operações. Porém, considerando uma dada grade de trens sobre a qual os vagões são desanexados e anexados a trens no pátio, existe um horário pré-estabelecido para a partida desses vagões, sendo assim que não importa o quão rápido pode ser um pátio nas suas operações uma vez que o horário limitante para a saída dos vagões é aquela especificada pela grade. A situação ideal é aquela aonde a programação e a realização de atividades do pátio (desanexação, classificação e conexão com trens de saída) é perfeitamente casada com a grade de trens e ainda, que a circulação dos trens de chegada ao pátio seja tão regular quanto prevista. A mensuração e o monitoramento do tempo de permanência de vagões no pátio é ferramenta fundamental para a gestão do sistema pátio/ grade/ circulação de trens.

Definição

Indicador: É apurado mensalmente o tempo médio de permanência no pátio dos vagões não originados/ destinados ao pátio, excluindo-se os vagões com avarias mecânicas.

- (I.4) Desvio de tempo entre atividade de pátio em trem previsto e realizado

Objetivo

Mensurar e monitorar a eficiência do pátio em cumprir a programação de atividades de pátio em trens (PAT) conforme o estabelecido

Justificativa

A mensuração e o monitoramento do indicador permitem ao gestor de pátio a identificação da necessidade de ganho de produtividade na realização das atividades programadas ou, caso se verifique a coerência do tempo médio realizado de acordo com a realidade particular do pátio, a revisão do tempo previsto na grade de trens.

Definição

Indicador: São apuradas mensalmente todas as atividades de pátio em trens programadas e executadas (tempos de execução realizados), os tempos de execução previstos e o resultado da divisão entre tais tempos. O indicador é composto da média mensal e desvio padrão do quociente.

3.2. Fluxograma de avaliação operacional

Para o diagnóstico de análise operacional do pátio desejado através do fluxograma de apoio, deve-se utilizar a sua componente de média (μ), comparando-a com os valores de referência (V.R) conforme tabela abaixo:

Indicador	Valor de Referência (V.R)
I.1 – Taxa de ocupação do pátio	80%
I.2 – Quantidade de manobras por bloco de vagões movimentados	2,0
I.3 – Tempo médio de permanência de vagão em pátio	04h00min
I.4 – Desvio de tempo entre atividade de pátio em trem previsto e realizado	30%

Tab. 2: Valores de referência para os indicadores propostos

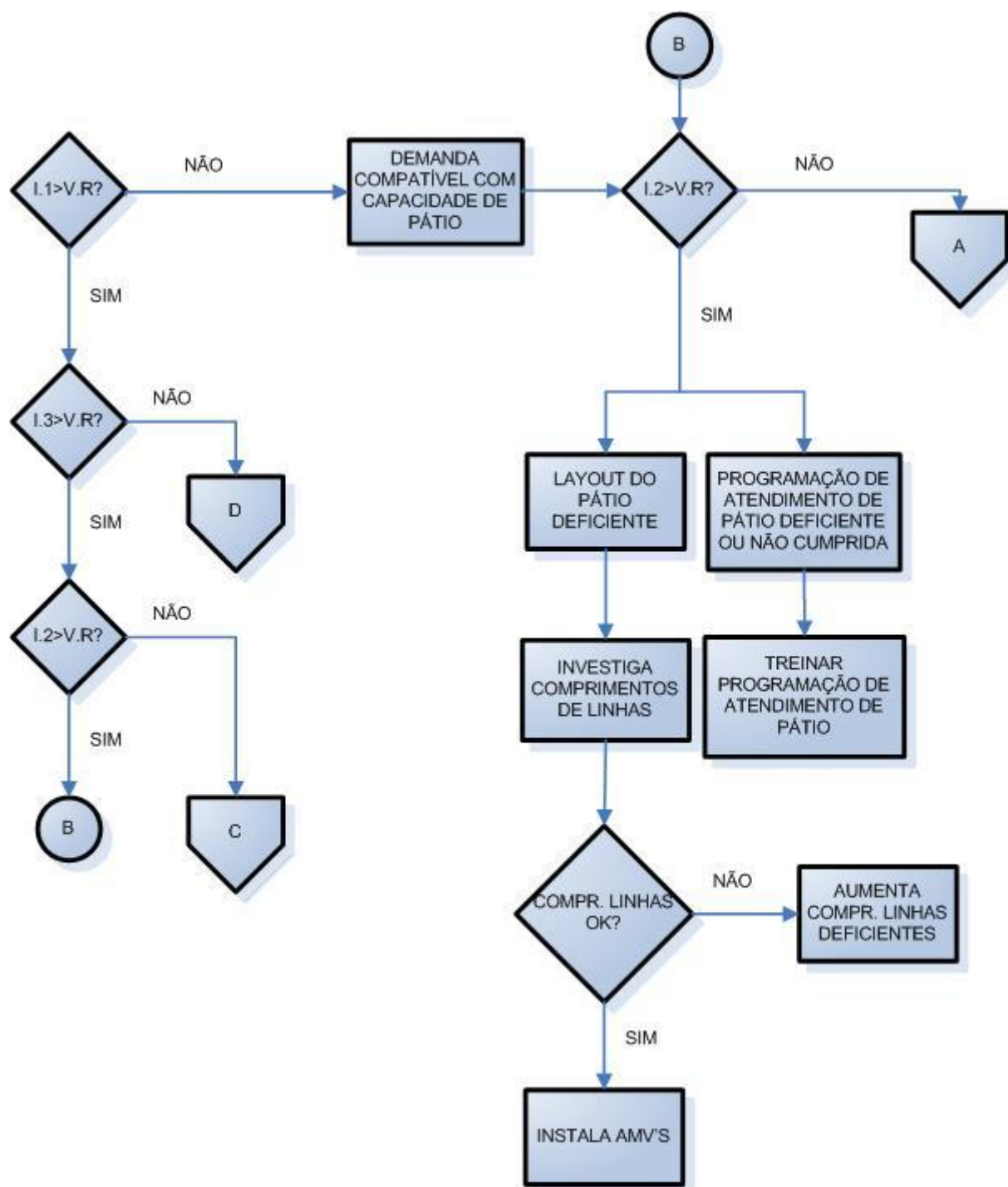


Fig. 6: Fluxograma de avaliação operacional, parte I.

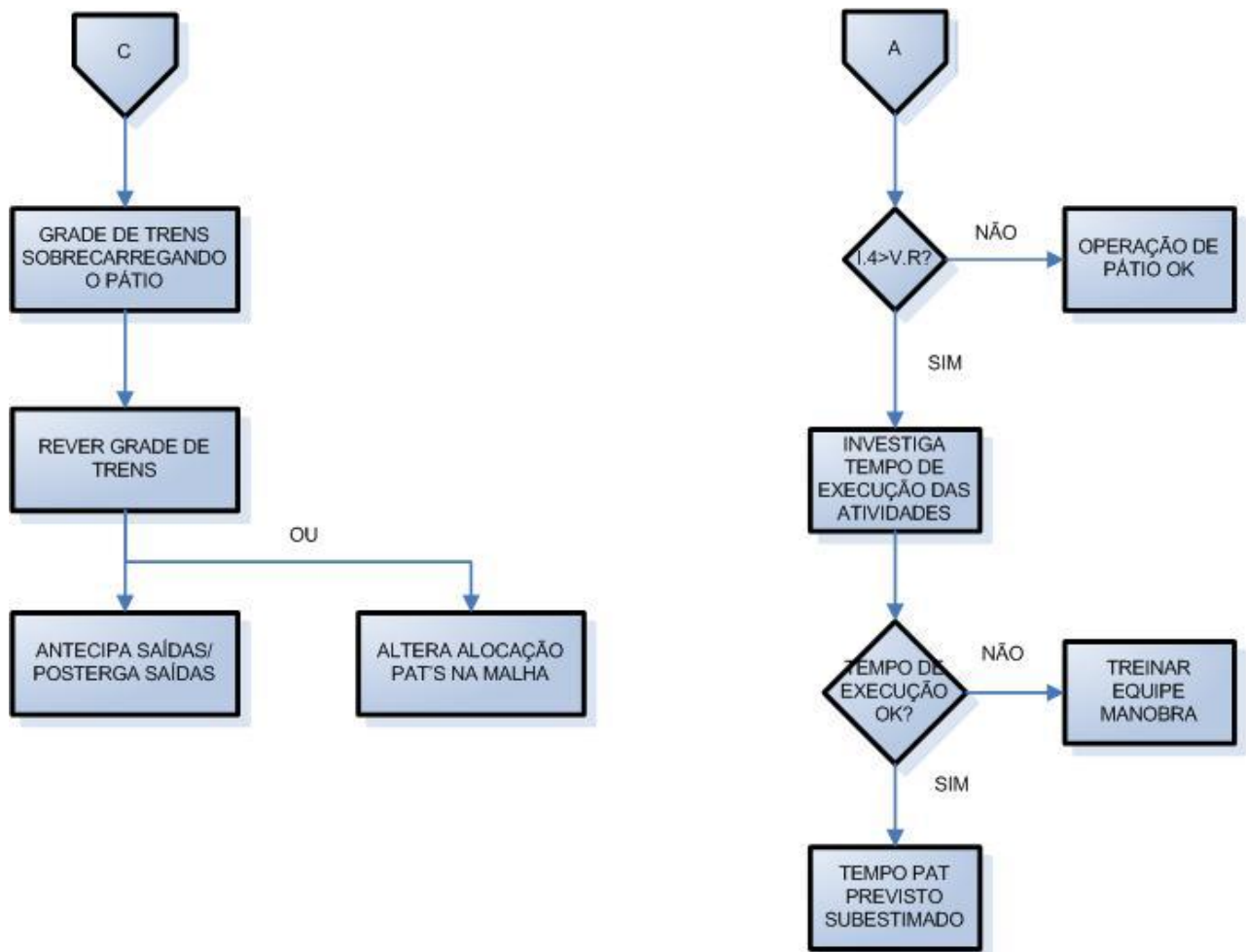


Fig. 7: Fluxograma de avaliação operacional, parte II.

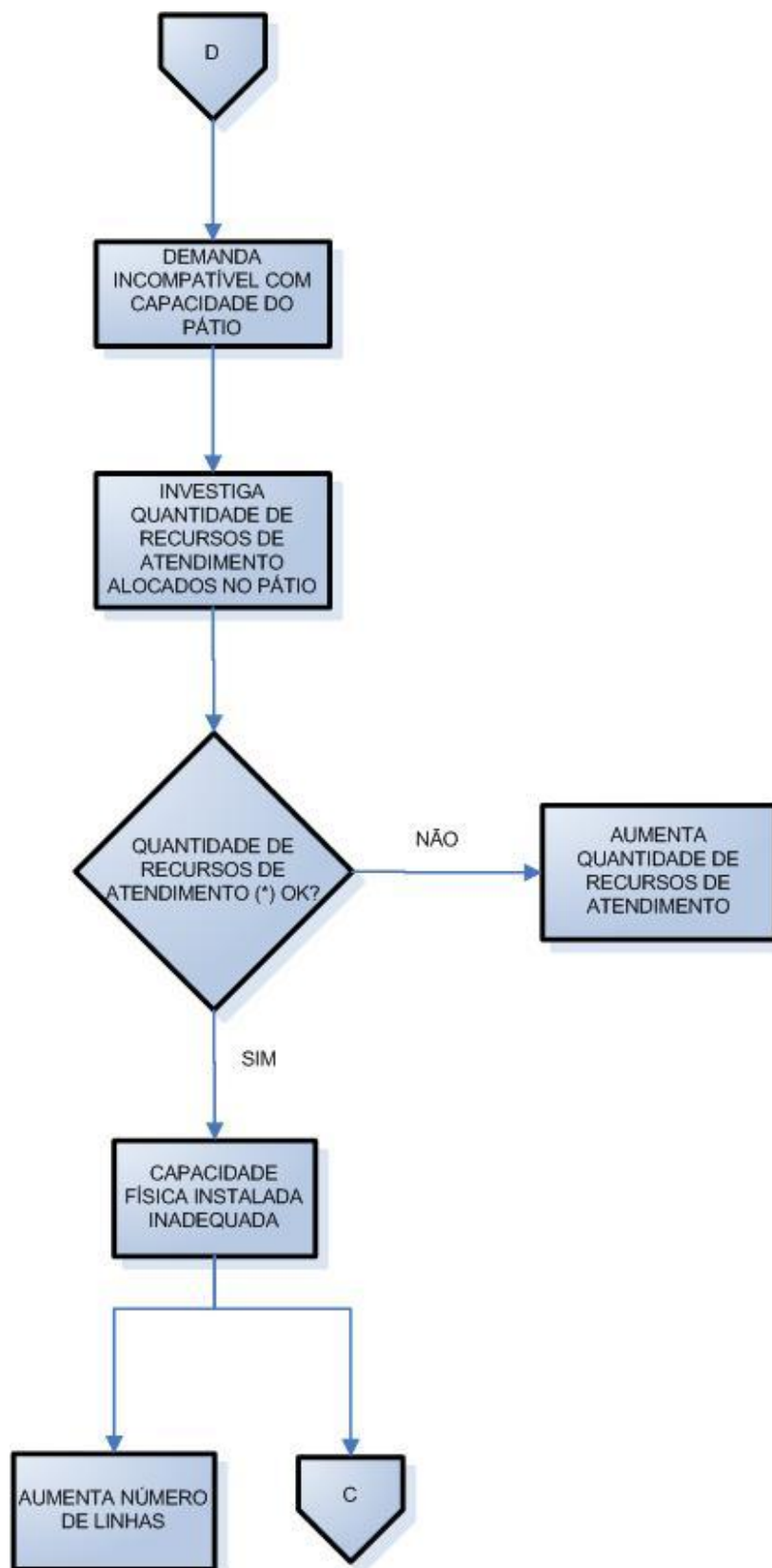


Fig. 8: Fluxograma de avaliação operacional, parte III.

4. Aplicação da metodologia

Para a aplicação da metodologia proposta para análise operacional de pátios ferroviários de classificação foram escolhidos os pátios do Barbará (FBB), localizado em Barra Mansa/ RJ; Engenheiro Manoel Feio (IEF), localizado em Itaquaquecetuba/ SP; São José dos Campos (FSJ), localizado em São José dos Campos/ SP e Cruzeiro (FCZ), localizado em Cruzeiro/ SP.

A razão para essa escolha provém da condição de volume de carga de trabalho atual de cada um desses pátios. Com o objetivo de testar a aplicabilidade e a sensibilidade da metodologia sugerida buscou-se adotar dois grupos de pátios, um primeiro com alta carga de trabalho e operação mais delicada e um segundo grupo, de operação supostamente mais fácil, com menor volume de carga de trabalho. Buscando eliminar eventuais distorções, optou-se por eleger quatro pátios da malha, ou dois de cada grupo. Os pátios de FBB e IEF pertencem ao primeiro grupo e os pátios de FSJ e FCZ pertencem ao segundo grupo.

As principais cargas movimentadas pelo pátio do Barbará são: ferro gusa, sucata, contêineres, granito em placas e pedras, produtos siderúrgicos diversos (bobinas, laminados, tarugos e tubos), cimento granel e ensacado e minério de ferro para exportação e consumo interno. No pátio de Engenheiro Manoel Feio, entre as principais cargas movimentadas, está o cimento a granel e ensacado, contêineres, bauxita, madeira em toras, celulose, granito em placas e pedras, areia a granel e produtos siderúrgicos diversos. Os pátios de Cruzeiro e São José dos Campos, por se situarem entre os anteriores movimentam todas as cargas descritas anteriormente, inclusive o minério de ferro para consumo interno, que é destinado à usina Cosipa, em Cubatão/ SP, cuja descarga é próxima ao pátio de São Bento (FST). O pátio de FCZ movimenta também vagões avariados ou destinados à revisão, que são acumulados para envio para o pátio de Cachoeira Paulista (FCP), onde se localiza a oficina da empresa Tejofran, prestadora de serviço da MRS.

A figura a seguir (Fig.9) ilustra a posição dos quatro pátios na malha da MRS Logística. Nas páginas seguintes, as figuras 10, 11, 12 e 13 ilustram os “croquis” esquemáticos de cada um dos pátios.

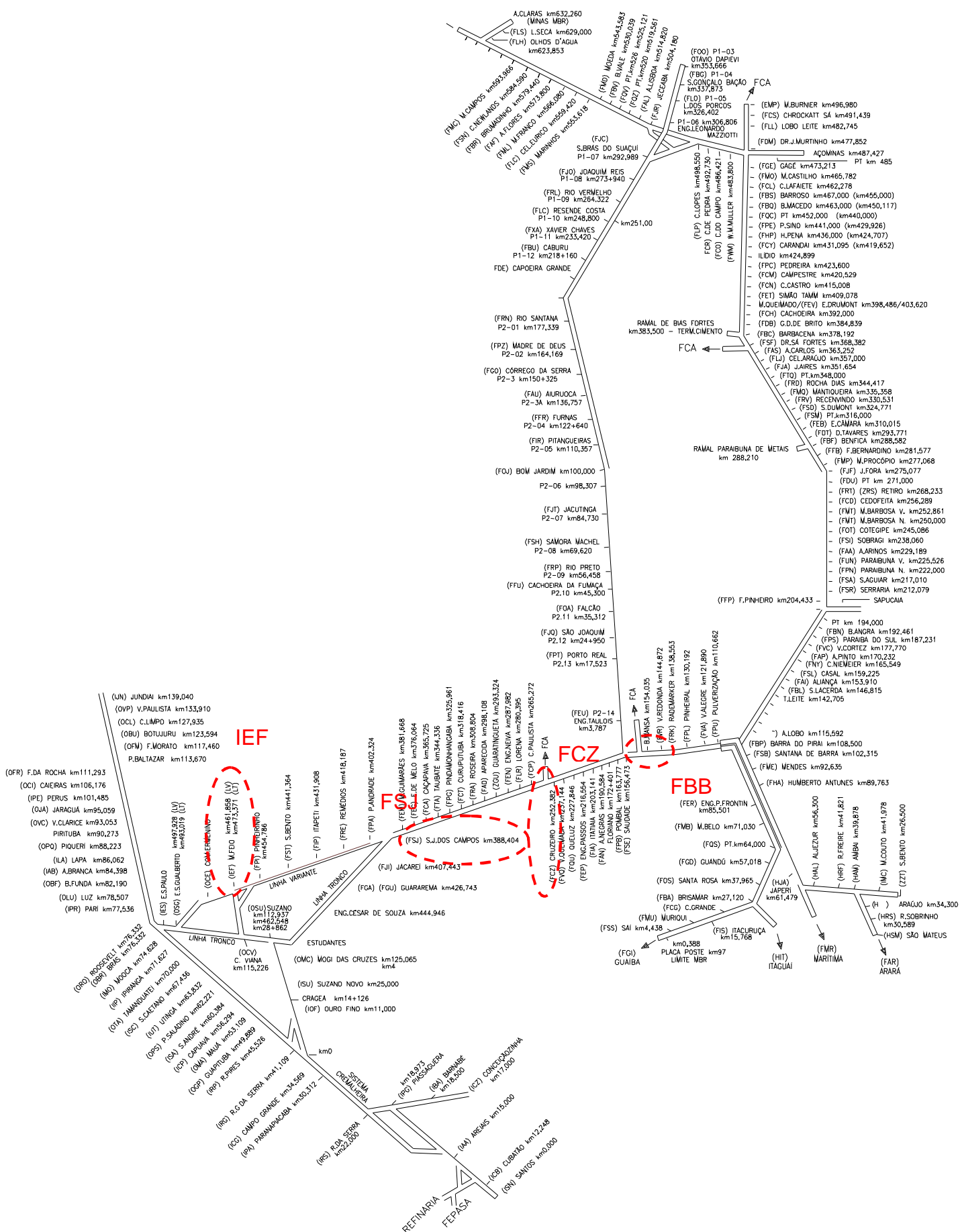


Fig. 9: Posição relativa dos quatro pátios escolhidos para aplicação da metodologia

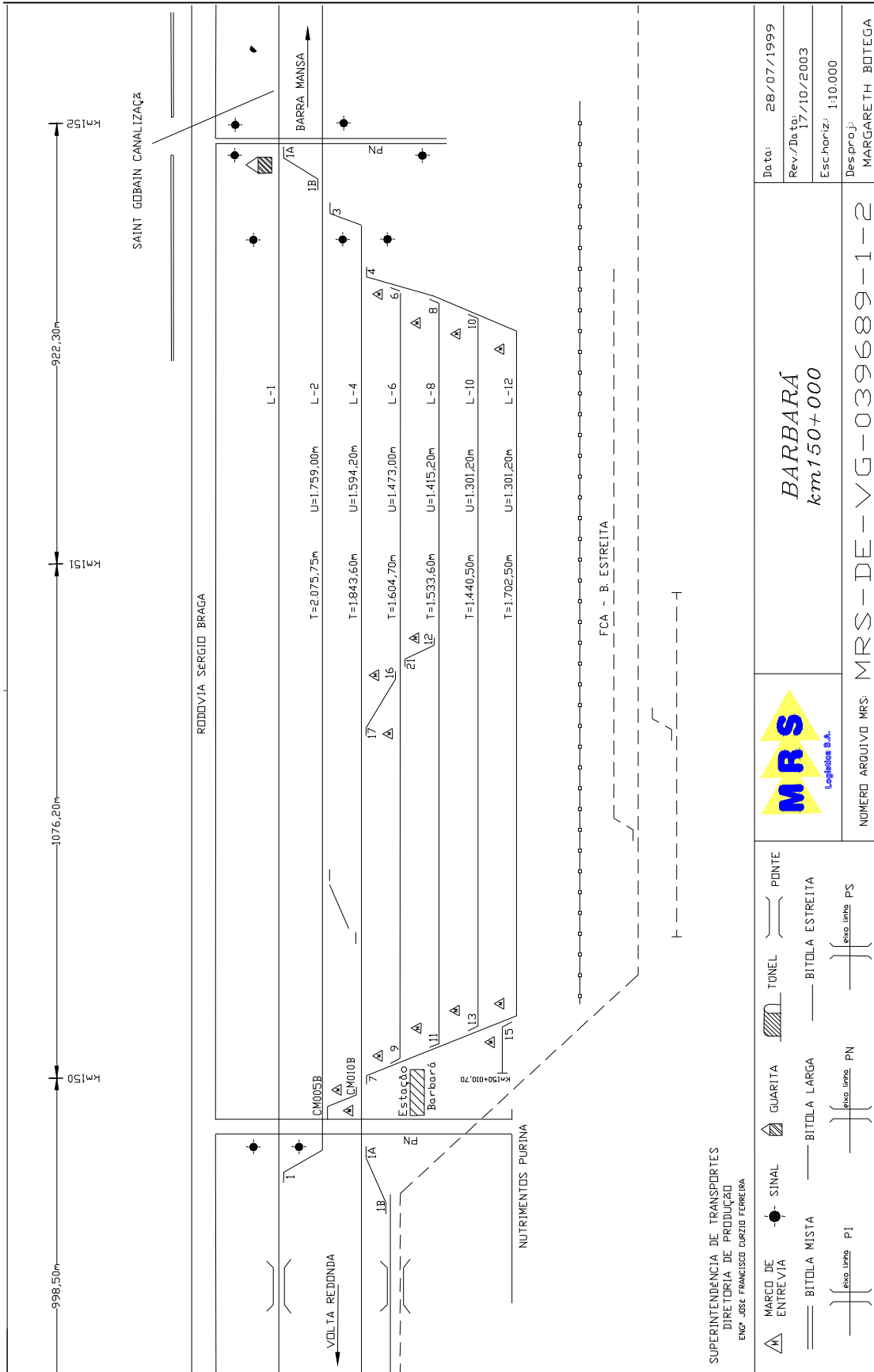


Fig. 10: "Layout" esquemático do pátio do Barbará (FBB), em Barra Mansa/ RJ

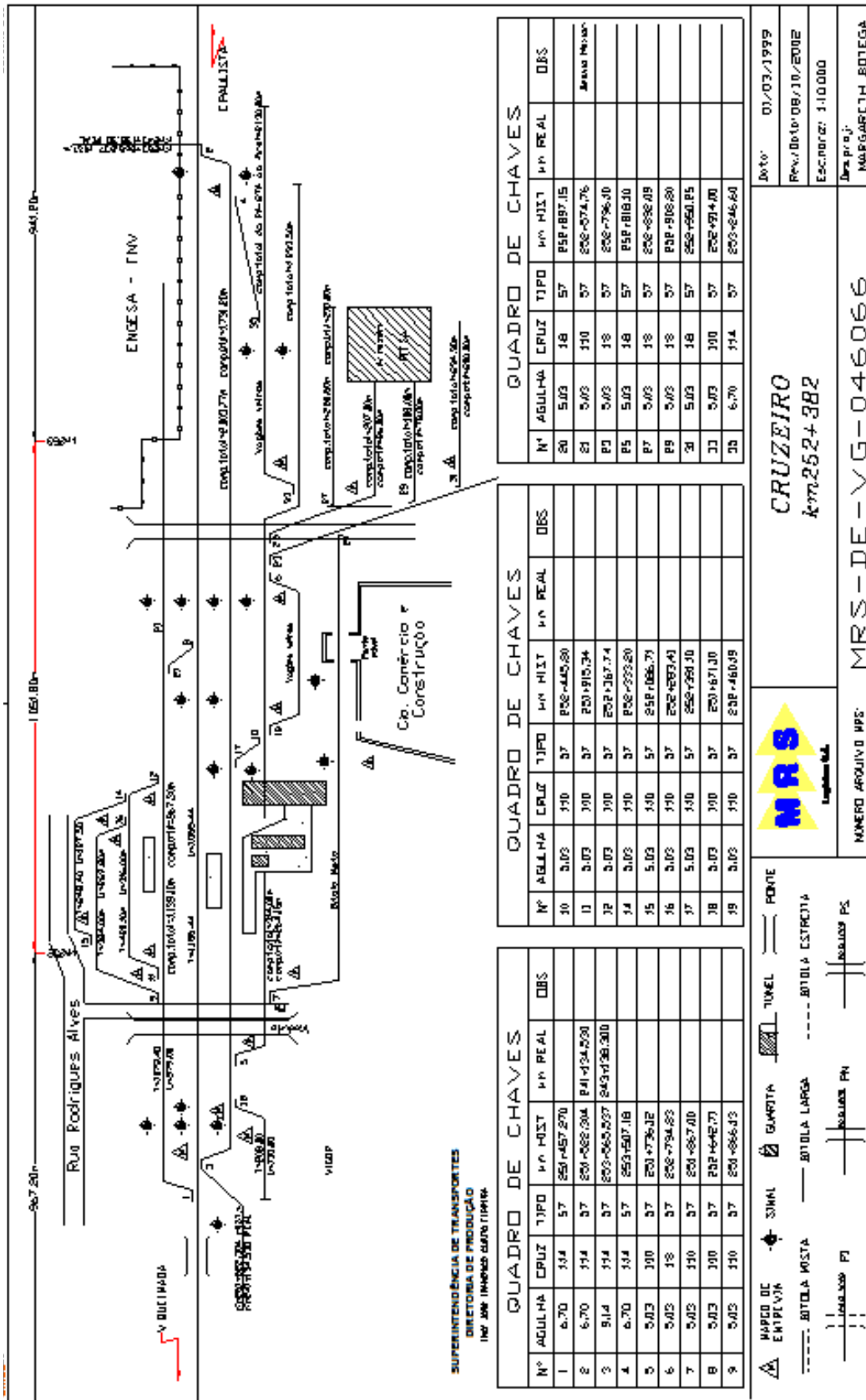


Fig. 13: "Layout" esquemático do pátio de Cruzeiro (FCZ), em Cruzeiro/ SP

4.1. Taxa de ocupação do pátio

A tabela abaixo (tab.3) apresenta as capacidades estimadas de cada um dos quatro pátios objetos do presente estudo, em metros de via permanente e em quantidade de vagões tipo, tendo sido o comprimento adotado para o vagão tipo (13,42m) calculado conforme a tabela 4, na página seguinte.

Os comprimentos de linhas foram apurados de acordo com os croquis esquemáticos obtidos da área de Engenharia da MRS Logística S/A e revisados a partir de entrevistas com os agentes de estação e supervisores responsáveis pelos pátios em questão.

Pátio	Capacidade (m)	Capacidade (num. vagões tipo)
FBB	7084,80	528
IEF	7446,00	555
FSJ	1514,50	113
FCZ	1691,45	126

Tab. 3: Capacidade estimada dos pátios em estudo, em metros e quantidade de vagões tipo

A forma de cálculo do comprimento médio para o vagão tipo adotado no presente estudo apresenta uma simplificação que não prejudica o objetivo do trabalho, mas uma recomendação para que se obtenha uma maior precisão no cálculo do indicador é a aplicação do conceito de vagão tipo variável para cada pátio e em cada período de apuração do indicador. Através desse conceito poderia ser calculado o comprimento médio dos vagões que efetivamente ocuparam o pátio no período em questão, ponderado pela suas quantidades.

Conforme o escopo do presente trabalho, foi desconsiderado para o cálculo do vagão tipo os vagões tipo gôndola, destinados ao transporte de cargas do tipo “heavy haul”.

Tipo de vagão	Frota ativa (quant.)	Comprimento (m)	Frota ativa x Comprimento
ADS	21	19,27	404,67
FHS	800	15,53	12.424,00
FLS	107	15,91	1.702,37
FPS	9	16,00	144,00
FRS	311	15,46	4.808,06
GDR	25	13,07	326,75
GDR	25	13,82	345,50
GDS	669	13,07	8.743,83
GDS	669	11,93	7.981,17
GDT	5.187	10,50	54.463,50
GFS	373	13,20	4.923,60
GFS	373	15,04	5.609,92
GFT	4	13,23	52,92
GFT	4	10,50	42,00
GHS	200	10,54	2.108,00
GOR	2	13,40	26,80
GOR	2	10,95	21,90
GPS	243	13,50	3.280,50
GPS	243	16,50	4.009,50
GQS	47	13,62	640,14
GQS	47	14,10	662,70
GTS	105	13,82	1.451,10
GTS	105	19,22	2.018,10
HAS	871	13,95	12.150,45
HAS	871	9,35	8.143,85
HAT	770	12,10	9.317,00
HES	106	14,01	1.485,06
HES	106	15,26	1.617,56
HFS	771	14,17	10.925,07
HFS	771	15,59	12.019,89
HPS	9	14,40	129,60
HPS	9	15,14	136,26
HTS	115	14,53	1.670,95
HTS	115	15,00	1.725,00
PBS	194	14,75	2.861,50
PBS	194	14,57	2.826,58
PCR	65	26,70	1.735,50
PDQ	2	15,14	30,28
PDR	201	15,14	3.043,14
PDR	201	13,36	2.685,36
PDS	447	19,26	8.609,22
PES	1.105	15,53	17.160,65
PES	1.105	18,95	20.939,75
PET	1	15,59	15,59
PET	1	16,04	16,04
PGS	40	26,81	1.072,40
PPS	27	19,22	518,94
PRU	2	25,51	51,02
Soma total	17.670		237.077,69
Soma exc.gôndola	9.347		140.369,76
Vagão tipo (m)	13,42		
Vagão tipo exc.gôndola (m)	15,02		

Tab. 4: Frota de vagões da MRS Logística S/A: tipos de vagões, quantidades e comprimentos

Na tabela abaixo, apresentam-se os valores apurados para o cálculo do indicador.

MÊS/ ANO	FBB	FCZ	FSJ	IEF
Maio/ 06	[20,0%/ 1,1%/ 21,8%/ 18,2%]	[4,2%/ 0,5%/ 5,2%/ 3,4%]	[10,4%/ 2,6%/ 15,7%/ 6,3%]	[16,6%/ 2,5%/ 19,8%/ 11,7%]
Junho/ 06	[20,9%/ 2,1%/ 24,0%/ 17,7%]	[5,9%/ 0,6%/ 7,3%/ 5,2%]	[18,4%/ 5,3%/ 28,2%/ 10,9%]	[15,2%/ 1,8%/ 19,0%/ 12,2%]
Julho/ 06	[24,9%/ 1,5%/ 28,2%/ 21,6%]	[7,7%/ 0,5%/ 8,6%/ 6,8%]	[12,9%/ 3,9%/ 19,4%/ 7,0%]	[16,4%/ 1,7%/ 19,6%/ 13,6%]

Tab. 5: Resultados da aplicação do indicador I.1

Devido a uma característica do sistema SISLOG, utilizado pela MRS Logística, o cálculo do indicador não pôde ser feito de maneira trivial, uma vez que não é atributo do vagão em pátio a sua linha de ocupação. Como consequência, tentou-se aproximar a apuração da ocupação dos vagões em pátio através do levantamento do histórico das atividades de vagões em pátio, calculando-se o tempo de ocupação de cada vagão no pátio.

Para isso, calculou-se o tempo decorrido, para cada vagão, desde o primeiro evento registrado “retirar vagão” até o último evento registrado “anexar vagão”, que é o evento onde o vagão em pátio é anexado a um trem de saída. A seguir construiu-se e aplicou-se uma lógica de programação aonde foram calculados os números de vagões em pátio segundo cada faixa horária unitária de um dia, somando-se os valores por faixa no mês e em seguida dividindo-se os valores observados pelo número de dias do mês, obtendo-se a média de vagões diária, por faixa horária unitária. Desta distribuição extraiu-se a média, o desvio padrão e as quantidades máximas e mínimas observadas.

A importância da observação dos valores de desvio padrão está na indicação, pelo valor, da possível ocorrência de concentração de picos de utilização do pátio, em determinadas faixas horárias do dia. A ocorrência crônica de valores de desvio padrão altos, associados à altas taxas médias de ocupação, superiores ou próximas a 100%, pode levar o decisor a buscar o equilíbrio do sistema através da alteração da grade de trens, alterando horários de chegada e partida de trens com o intuito de distribuir a taxa de ocupação ao longo do dia.

A possibilidade da ocorrência de valores de taxa média de ocupação maiores do que 100%, teoricamente impossíveis, se justifica pela discretização horária da apuração da ocupação, que consideraria em um caso hipotético a ocupação de dois vagões durante toda a hora apurada, mesmo que os dois vagões não tivessem, na realidade, ocupado o pátio ao mesmo tempo, tendo por exemplo o primeiro vagão deixado o pátio no primeiro minuto da faixa enquanto o segundo só tenha começado a ocupar o pátio no último minuto da faixa. Porém acredita-se que a simplificação seja compatível com o objetivo do indicador, na medida em que uma discretização mais fina implicaria em consideráveis recursos extras de capacidade de armazenamento de informação, tornando a medida financeiramente inviável.

A observação do valor máximo de ocupação é importante para fins de projetos de expansão da capacidade, na medida em que valores máximos altos, próximos ao valor do desvio padrão, indicam que a ocorrência de tal solicitação não é pontual e deve ser levada em conta como parâmetro de dimensionamento.

A observação dos resultados da aplicação do indicador, no entanto, indica valores muito pequenos de ocupação, incompatível com a opinião dos gestores que acompanham a operação dos pátios, no dia a dia, por onde se conclui que a aproximação adotada não foi satisfatória.

Porém, acredita-se que caso se deseje, a apuração pela empresa do indicador se torne, num futuro próximo, significativamente mais confiável e simples, na medida em que um atual projeto piloto de monitoramento de pátios em fase de testes no pátio do Barbará, seja aprovado e implementado aos outros pátios de classificação da companhia. Pelo atual projeto, o agente de estação monitora a ocupação pátio em tempo real, sendo ela um de seus parâmetros de decisão para a programação do pátio. A única adaptação necessária será o registro do quadro de ocupação do pátio ao final de cada faixa horária, tornando-se tais informações na base de dados para o cálculo do indicador.

4.2. Quantidade de manobras por vagão movimentado

Devido à característica do sistema atualmente utilizado pela MRS Logística, para o cálculo do número de manobras realizadas, considerou-se como manobra as atividades executadas com os vagões no pátio, a saber: entregar/ receber do terminal; retirar/ anexar a trem; entregar/ retirar de oficina; entregar/ receber de ferrovia de intercâmbio e mudar de linha no pátio. Tal aproximação deverá resultar em um número de manobras subestimado, uma vez que, com exceção da atividade “mudar de linha no pátio”, todas as outras atividades podem envolver mais de uma manobra, dependendo da característica física do pátio e do seu quadro de ocupação no momento de execução da atividade.

Para que fosse possível a apuração exata do indicador, o sistema deveria possuir um atributo de localização inicial e final do vagão para cada atividade executada no pátio.

Na tabela abaixo, apresentam-se os valores apurados para o cálculo do indicador.

MÊS/ ANO	FBB	FCZ	FSJ	IEF
Maio/ 06	[0,08]	[0,29]	[0,13]	[0,09]
Junho/ 06	[0,08]	[0,55]	[0,21]	[0,09]
Julho/ 06	[0,07]	[0,31]	[0,09]	[0,08]

Tab. 6: Resultados da aplicação do indicador I.2

A análise da tabela a seguir, onde é mostrado um dos grupos de registros utilizado para o cálculo do indicador, demonstra que o principal problema na apuração consiste na forma como os agentes responsáveis pela entrada de dados no sistema registram as atividades.

DH_EVENTO	EVENTO	VEIC	PATIO
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245534	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	246697	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	246689	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	246212	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	246166	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	246115	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	246069	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245941	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245836	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245780	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141358	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141340	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6140858	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6140394	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6140343	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6140165	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6140041	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6140025	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139621	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139493	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139370	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139302	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139256	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139132	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6139051	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6138977	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6138951	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161502	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161430	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161421	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161413	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161375	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143351	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143326	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143229	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143113	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6205739	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6171338	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6169139	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6168906	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6167292	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6167063	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6163904	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6162118	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6162053	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6469230	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6469078	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6468594	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6423507	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6423272	FSJ

15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6245901	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6245323	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6244921	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6242910	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6241557	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6235514	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6215661	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6208185	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161961	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161936	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161871	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161839	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161791	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161766	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161723	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6161677	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143105	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143075	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6143008	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142940	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142877	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142753	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142311	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142150	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142117	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142109	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6142079	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141986	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141889	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141501	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141471	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	6141391	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245364	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245186	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245194	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245224	FSJ
15/7/2006 08:00	RETIRAR VAGAO	245143	FSJ
15/7/2006 08:00	Contar	87	

Tab. 7: Exemplo de registro de atividades com vagões ou grupos de vagões utilizado para o cálculo do indicador I.2

Conforme pode ser observado através da tabela acima, o registro no sistema indica que foi executada uma manobra de retirada de vagões com 87 vagões, ao mesmo tempo, o que é impossível, dentre outros motivos, pela capacidade do pátio em questão, que não possui nenhuma linha com capacidade maior do que 24 vagões tipo. Da forma como os registros são feitos atualmente, se considera como uma única atividade a retirada de vagões de um trem no pátio, não se especificando quantas manobras são executadas para a desanexação dos

vagões do trem, ou em quantos blocos de vagões o trem é desanexado, onde cada bloco é posicionado, nem quais os horários iniciais e finais de cada uma das manobras.

Porém, a exemplo da consideração feita anteriormente, também para este indicador acredita-se que a implementação pela MRS Logística do sistema de controle de operação de pátios, atualmente em fase de testes, poderá viabilizar a aplicação do indicador, uma vez que o agente de estação deverá, tendo consultado no sistema a previsão de chegadas de trens no pátio, planejar o atendimento do pátio, registrando no sistema a quantidade de blocos de vagões a ser desanexado, suas linhas de alocação intermediária e a seqüência de classificação para a formação de trens de saída.

4.3. Tempo médio de permanência de vagões em pátio

A razão pela qual não se deve considerar o tempo de permanência em pátio dos vagões com avarias mecânicas, é devido ao fato de que o seu tempo de permanência é função maior do planejamento de atendimento da equipe mecânica e não da operação do pátio, o que poderia gerar distorções na interpretação do resultado do indicador, ou seja, do nível operacional do pátio de classificação.

Por motivo semelhante, conforme explicitado na definição do indicador, não é considerado o tempo médio de permanência em pátio dos vagões destinados ao transporte de cargas do tipo “heavy haul”, que devido a sua maior escala de movimentação e à natureza de ciclos de origem e destino bem determinados, poderiam, em caso de problemas de interrupção da operação nos terminais de descarga e conseqüente “represamento” nos pátios intermediários a fim de evitar a formação de enormes filas em trechos à jusante da origem, causar distorções nos resultados que poderiam ser interpretadas como problemas operacionais do pátio em estudo.

A tabela a seguir (tab.8) mostra os resultados apurados para os meses de Maio, Junho e Julho de 2006.

MÊS/ ANO	FBB	FCZ	FSJ	IEF
Maio/ 06	[09h07min/ 30h58min/ 805h40min/ 00h01min]	[01h50min/ 00h13min/ 02h07min/ 01h40min]	[24h49min/ 46h37min/ 143h02min/ 00h12min]	[39h56min/ 185h36min/ 2144h17min/ 00h01min]
Junho/ 06	[07h47min/ 19h06min/ 326h00min/ 00h05min]	[36h17min/ 00h00min/ 36h17min/ 36h17min]	[05h25min/ 00h00min/ 05h25min/ 05h25min]	[13h24min/ 61h21min/ 1271h55min/ 00h01min]
Julho/ 06	[04h41min/ 05h53min/ 123h55min/ 00h02min]	Não houve registros	[01h17min/ 01h01min/ 02h40min/ 00h34min]	[08h47min/ 17h09min/ 534h20min/ 00h01min]

Tab. 8: Resultados da aplicação do indicador I.3

A análise dos resultados mostra valores de desvio padrão muito elevados, com coeficientes de variação da ordem de quatro unidades, principalmente nos pátios de Eng. Manoel Feio e Barbará. A princípio, considerando condições normais de operação, tais valores não deveriam ser tão altos, principalmente devido ao conceito adotado para o cálculo do indicador, que desconsidera vagões com avarias mecânicas, que poderiam em tese permanecer por períodos mais longos nos pátios. Analisando os valores dos três meses observados, constata-se que o problema é mais crítico em IEF, onde 10% dos registros envolvem tempos de permanência superiores à 24h.

Por outro lado, a análise dos valores mínimos de tempo de permanência também permite verificar a existência de dados incoerentes no sistema, uma vez que não é possível a permanência de um vagão classificado no pátio por menos do que 00h30min, uma vez que a classificação envolve pelo menos uma atividade de desanexação do vagão do trem de entrada e a anexação dele a um trem de saída. Analisando os dados, constata-se que o problema é mais crítico em IEF, onde 24% dos registros envolvem tempos de permanência inferiores a 30min e em segundo lugar, em FBB, com 9% dos registros. Ainda, em IEF, 12,5% dos registros apontam tempos inferiores a 5min, o que demonstra a necessidade de atenção para o problema na digitação das atividades pelos agentes de estação.

Assim, optou-se por considerar apenas os valores situados entre o segundo e o terceiro quartil da base de dados como valores válidos para o cálculo do indicador, resultando nos valores explicitados na tabela 9.

MÊS/ ANO	FBB	FCZ	FSJ	IEF
Maio/ 06	[08h56min/ 01h57min/ 11h20min/ 05h20min]	[01h50min/ 00h13min/ 02h07min/ 01h40min]	[05h58min/ 09h40min/ 28h00min/ 01h00min]	[06h41min/ 02h00min/ 11h42min/ 03h43min]
Junho/ 06	[07h47min/ 01h37min/ 10h20min/ 04h42min]	[36h17min/ 00h00min/ 36h17min/ 36h17min]	[05h25min/ 00h00min/ 05h25min/ 05h25min]	[06h30min/ 02h20min/ 10h35min/ 03h25min]
Julho / 06	[04h56min/ 00h41min/ 06h15min/ 03h40min]	Não houve registros	[01h17min/ 01h01min/ 02h40min/ 00h34min]	[07h09min/ 02h05min/ 10h44min/ 03h44min]

Tab. 9: Resultados da aplicação do indicador I.3: dados interquartílicos

Os novos resultados, com exceção do indicador de Junho do pátio de Cruzeiro, que por possuir uma base de dados muito pequena não permitiu expurgar os valores extremos, indicam patamares muito próximos de tempo de permanência de vagões entre os pátios, confirmando a percepção inicial de que existem dois grupos de pátios com níveis de operação distintos, a princípio principalmente pela quantidade de demanda significativamente maior em IEF e FBB do que em FCZ e FSJ. Considerando todo o período de estudo, observa-se que os vagões de classificação ficam em média 06h46min em IEF e 07h13min em FBB, o que pode ser considerado um tempo muito elevado entre a saída de um trem e a conexão com outro trem de saída, mesmo caso seja o trem de saída o trem com o destino final das cargas.

4.4. Desvio de tempo entre atividade de pátio em trem previsto e realizado

Na tabela abaixo, seguem os resultados da aplicação do indicador proposto aos quatro pátios objetos de estudo do presente trabalho.

MÊS/ ANO	FBB	FCZ	FSJ	IEF
Maio/ 06	[30,7%/ 45,4%/ 1130,0%/ 0,0%]	[18,4%/ 29,5%/ 408,3%/ 0,0%]	[30,2%/ 52,6%/ 725,0%/ 0,0%]	[37,2%/ 207,0%/ 9733,3%/ 0,0%]
Junho/ 06	[28,4%/ 41,9%/ 1100,0%/ 0,0%]	[20,7%/ 29,3%/ 261,7%/ 0,0%]	[29,7%/ 41,1%/ 433,3%/ 0,0%]	[35,2%/ 139,0%/ 3225,0%/ -44,4%]
Julho/ 06	[32,2%/ 47,8%/ 1250,0%/ 0,0%]	[19,5%/ 29,8%/ 301,7%/ 0,0%]	[24,9%/ 35,7%/ 480,0%/ 0,0%]	[34,2%/ 179,4%/ 8135,0%/ -255,6%]

Tab. 10 - Resultados da aplicação do indicador I.4 (Maio a Julho/ 06)

Na análise dos dados da tabela 10 valem ressaltar dois pontos, que a princípio, apontam para algum tipo de problema no registro dos dados, que são os valores excessivos de desvio padrão, em todos os conjuntos de dados estudados e a existência de valores mínimos iguais a zero ou negativos. A tabela a seguir (tab.11) exhibe alguns destes registros.

ATIVIDADE	INI_ATVD	FIM_ATVD	DURAÇÃO	DESvio
RETIRAR VAGAO	8/7/2006 01:00	7/7/2006 21:10	#####	-255,6%
RETIRAR VAGAO	27/7/2006 23:55	27/7/2006 22:00	#####	-127,8%
RETIRAR VAGAO	13/7/2006 00:15	12/7/2006 22:30	#####	-116,7%
RETIRAR VAGAO	28/6/2006 10:55	28/6/2006 10:15	#####	-44,4%
ANEXAR VAGAO	11/6/2006 15:45	11/6/2006 15:15	#####	-33,3%
RETIRAR VAGAO	21/6/2006 21:35	21/6/2006 21:21	#####	-15,6%
106 - PESAR COMPOSICAO	09/06/2006 08:45	09/06/2006 08:45	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	11/06/2006 00:35	11/06/2006 00:35	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	13/05/2006 06:40	13/05/2006 06:40	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	06/06/2006 06:56	06/06/2006 06:56	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	07/05/2006 13:16	07/05/2006 13:16	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	15/06/2006 13:51	15/06/2006 13:51	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	18/05/2006 14:40	18/05/2006 14:40	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	30/07/2006 01:16	30/07/2006 01:16	00:00	0,0%
107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	03/05/2006 13:41	03/05/2006 13:41	00:00	0,0%
110 - REVISTAR LOCOMOTIVAS	23/06/2006 02:00	23/06/2006 02:00	00:00	0,0%
110 - REVISTAR LOCOMOTIVAS	01/05/2006 05:20	01/05/2006 05:20	00:00	0,0%
110 - REVISTAR LOCOMOTIVAS	09/07/2006 07:54	09/07/2006 07:54	00:00	0,0%
115 - MANOBRAR VEICULOS	01/06/2006 01:05	01/06/2006 01:05	00:00	0,0%
115 - MANOBRAR VEICULOS	01/07/2006 20:40	01/07/2006 20:40	00:00	0,0%

Tab. 11: I.4 – Exemplos de dados de ocorrências de desvio iguais ou inferiores a 0% (Maio a Julho/ 06)

Conforme pode-se observar a partir da tabela 11, vê-se que os valores de desvio negativos ocorreram devido à erros nos registros dos dados, uma vez que o horário de fim de atividade é inferior ao de início, o que é impossível. Vê-se também que os registros de desvios iguais a 0% são igualmente decorrentes de erros de digitação, uma vez que ocorrem quando o tempo apontado de execução das atividades é igual à zero, o que também é impossível de ocorrer.

Além desses erros, facilmente identificáveis, a análise da base de dados para o cálculo do indicador mostra ainda a ocorrência de um grande número de registros com tempos de execução inferiores a 05h00min, bem como a existência de alguns dados com tempos de execução superiores a 20h00min, o que também sugere se tratar de erros de digitação dos eventos, razões pelas quais a consideração apenas dos registros de tempos de execução situados entre o segundo e terceiro quartil não pode ser adotada, pois caso se procedesse dessa maneira seriam considerados apenas os registros de atividades com tempo de execução entre 00h01min e 00h15min, o que não condiz com a realidade.

Assim, optou-se no presente trabalho por excluir da base de dados os registros de tempo de execução inferiores a 00h05min bem os como os superiores a 20h00min, resultando nos novos valores calculados para o indicador conforme a tabela 12.

MÊS/ ANO	FBB	FCZ	FSJ	IEF
Maio/ 06	[45,9%/ 48,6%/ 1130,0%/ 5,6%]	[32,2%/ 33,2%/ 408,3%/ 5,6%]	[51,0%/ 61,3%/ 725,0%/ 5,6%]	[47,8%/ 67,7%/ 1003,3%/ 5,6%]
Junho/ 06	[42,9%/ 42,1%/ 1100,0%/ 5,6%]	[34,9%/ 31,4%/ 261,7%/ 5,6%]	[46,5%/ 44,0%/ 433,3%/ 5,6%]	[49,1%/ 69,8%/ 750,0%/ 5,6%]
Julho/ 06	[48,9%/ 50,6%/ 1250,0%/ 5,6%]	[34,1%/ 32,9%/ 301,7%/ 5,6%]	[45,1%/ 38,9%/ 480,0%/ 5,6%]	[53,8%/ 74,1%/ 866,7%/ 5,6%]

Tab. 12: Resultados da aplicação do indicador I.4 - dados corrigidos (Maio a Julho/ 06)

Conforme a tabela acima pode-se notar um acréscimo nos desvios médios em todos os pátios estudados, devido à não consideração dos registros conforme explicitado anteriormente, evidenciando a importância de treinamento e

sensibilização dos agentes responsáveis pelo registro das informações no sistema, pois do contrário poder-se-ia superestimar o padrão de operação dos pátios na execução das suas atividades em trem programadas.

Um objetivo secundário da aplicação do indicador é o de atentar o gestor à investigação das causas de valores superiores aos desejados, e sendo assim, a título de exemplo, serão investigados os dados referentes ao pátio de IEF, com ocorrências de desvio iguais ou superiores a 300%, na tentativa de identificar padrões de comportamento (concentração de ocorrências) destes desvios conforme a faixa de dias do mês, horas do dia e tipos de atividade.

Faixa - Dia do mês	Núm. Ocorrências	Frequência	Freq. Acumulada
01 a 15	22	52,4%	52,4%
16 a 31	20	47,6%	100,0%
Soma	42		

Tab. 13: I.4 - Frequência de ocorrência de desvios superiores a 300% por faixas de dias do mês (Maio a Julho/ 06)

A análise da tabela 13 não permite identificar a concentração de ocorrências na primeira ou segunda quinzena do mês. Na tabela 14, abaixo, observa-se a frequência de ocorrência de registros de desvios superiores a 300% por faixa horária.

Faixa - Dia do mês	Núm. Ocorrências	Frequência	Freq. Acumulada
0	2	4,8%	4,8%
1	2	4,8%	9,5%
2	1	2,4%	11,9%
3	0	0,0%	11,9%
4	3	7,1%	19,0%
5	0	0,0%	19,0%
6	0	0,0%	19,0%
7	2	4,8%	23,8%
8	1	2,4%	26,2%
9	2	4,8%	31,0%
10	2	4,8%	35,7%
11	2	4,8%	40,5%
12	2	4,8%	45,2%
13	1	2,4%	47,6%
14	0	0,0%	47,6%
15	3	7,1%	54,8%
16	0	0,0%	54,8%
17	4	9,5%	64,3%
18	2	4,8%	69,0%
19	4	9,5%	78,6%
20	3	7,1%	85,7%
21	2	4,8%	90,5%
22	1	2,4%	92,9%
23	3	7,1%	100,0%
Soma	42		

Tab. 14: I.4 - Frequência de ocorrência de desvios superiores a 300% por faixa horária (Maio a Julho/ 06)

A análise da tabela 14 também não permite identificar a concentração de ocorrências conforme faixas horárias específicas. Na tabela 15, a seguir, observa-se a frequência de ocorrência de registros de desvios superiores a 300% por atividade.

Atividade	Núm. Ocorrências	Frequência	Freq. Acumulada
Manobrar veículos	23	54,8%	54,8%
Revistar locomotiva	11	26,2%	81,0%
Retirar vagão	3	7,1%	88,1%
Equipar/ Troca de equipagem	2	4,8%	92,9%
Inspecionar composição	1	2,4%	95,2%
Circulação no pátio	1	2,4%	97,6%
Retirar locomotiva	1	2,4%	100,0%
Soma	42		

Tab. 15: I.4 - Frequência de ocorrência de desvios superiores a 300% por tipo de atividade (Maio a Julho/ 06)

A análise da tabela 15 demonstra uma forte concentração de ocorrências na atividade “manobrar veículos”, porém, nesse caso em especial, a variabilidade do tempo envolvido em cada manobra é uma realidade intrínseca da operação de qualquer pátio, em função da particularidade de cada manobra, o que não permite tirar conclusões mais esclarecedoras. Porém, nota-se também uma grande concentração na atividade “revistar locomotivas”, com 26,2% das ocorrências. A atividade “revistar locomotivas” é uma atividade padrão, razão pela qual não deveria haver desvios significativos entre os tempos previstos e realizados. Assim, a análise demonstra a necessidade de reforçar o treinamento da atividade para corrigir essa anomalia, que pode existir em função de realização em tempo maior do que o previsto ou pelo registro tardio no sistema.

5. Conclusões

Apesar de ter havido problemas na aplicação da metodologia proposta, acredita-se que o objetivo do presente trabalho foi alcançado, tendo sido desenvolvida uma metodologia inédita para a avaliação operacional de pátios ferroviários de classificação, constituindo-se em uma importante ferramenta de suporte para decisões de intervenções efetivas para a melhoria do desempenho de pátios.

Isso porque, através da revisão bibliográfica sobre as mais comuns metodologias existentes, pôde-se concluir que a aplicação da técnica de simulação, além de envolver consideráveis recursos de tempo na etapa de construção do modelo, é controversa dada a sua particularidade de aplicação, uma vez que cada pátio é único em suas características físicas e de alocação de recursos, como quantidade e comprimento de linhas, alocação de recursos de manobra (locomotivas de pátio e equipes de manobra, etc.) tornando necessária a adaptação do modelo inicial a cada vez que se desejar a aplicação a outro pátio diferente. Além disso, ele é fundamentalmente uma ferramenta para avaliação de cenários futuros, não permitindo a análise da evolução real da operação de um pátio ao longo do tempo. Também a teoria de filas tem a sua validade contestada por especialistas na aplicação na análise operacional de pátios, em função da sua complexidade matemática e da necessidade de assumir premissas que nem sempre são válidas, tendendo a subestimar os tempos envolvidos na operação e levando a uma baixa aderência entre os cenários previstos e observados. Por tais motivos, a técnica, que teve o auge da sua utilização nos anos 70, está em desuso atualmente.

A metodologia proposta, ao contrário das citadas anteriormente, apresenta a vantagem de permitir o monitoramento contínuo da situação operacional dos pátios e pode levar o gestor a investigações mais detalhadas, quando necessário, fundamentando algumas percepções e desmitificando outras.

A sua utilização não requer investimentos significativos e pode ser utilizada como ferramenta de retroanálise da efetividade de ações para melhoria do desempenho operacional, tais como planejamento de atendimento de pátio, treinamento

operacional em manobra, alterações em atividades programadas de pátio e grade de trens.

Durante a aplicação da metodologia foram encontrados alguns obstáculos que deverão servir para chamar a atenção dos gestores das empresas ferroviárias quanto à necessidade de reestruturação de sistemas de informação e de treinamento dos funcionários quanto ao registro destas informações, ou inclusive quanto a necessidade de melhoria no planejamento da operação em nível de pátio. Isso porque quando a sua operação não é efetivamente medida e avaliada, não são desenvolvidas técnicas orientadas para a melhoria global do sistema de pátios, prevalecendo a melhor operação em um determinado pátio em função de medidas locais isoladas, promovidas pelas pessoas diretamente envolvidas na sua operação, quase sempre baseadas em processos experimentais de tentativa e erro.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se citar a utilização de técnicas para refinamento dos valores de referência utilizados no fluxograma de avaliação operacional, tais como técnicas estatísticas baseadas em estudos de caso.

Apêndices

5.1. Apêndice A – Memorial de Cálculo do Indicador I.1: Taxa de ocupação de pátio

Abaixo é apresentada a primeira página da tabela de dados utilizada para o cálculo do indicador I.1; Taxa de ocupação de pátio, a título de exemplo.

VEIC	DH DO EVENTO	EVENTO	ESTADO	LCLZ	CONDIÇÃO
100005	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	COM RESTRICAO
100005	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	COM RESTRICAO
100013	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100013	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100021	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100021	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100030	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100030	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100048	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100048	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100056	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100056	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100064	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	COM RESTRICAO
100064	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	COM RESTRICAO
100072	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100072	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100081	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100081	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100099	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100099	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100102	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100102	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100111	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	COM RESTRICAO
100111	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	COM RESTRICAO
100129	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100129	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100137	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100137	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100145	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM
100145	5/6/2006 14:15	ANEXAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM TREM	BOM
100161	5/6/2006 10:20	RETIRAR VAGAO	ATENDENDO CLIENTE	EM PATIO	BOM

Tab. 16: Memorial de cálculo do indicador I.1 (exemplo de relatório de registro de dados)

5.2. Apêndice B – Memorial de Cálculo do Indicador I.2

Abaixo, é apresentada a primeira página da tabela de dados utilizada para o cálculo do Indicador I.2: Quantidade de manobras executadas por vagão movimentado, a título de exemplo.

DH_EVENTO	EVENTO	VEIC	PATIO
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6138713	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140114	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6141323	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6141111	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6141081	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140939	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140882	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140769	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140629	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140602	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6140599	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6143199	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6142711	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6142681	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6142583	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6142389	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6142222	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6141889	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6141633	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6141404	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6139612	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6138802	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6139361	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6139540	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6139582	FSJ
1/7/2006 03:00	RETIRAR VAGAO	6138926	FSJ
1/7/2006 03:00	Contar	26	
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6147721	FSJ
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6148042	FSJ
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6148816	FSJ
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6148638	FSJ
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6148263	FSJ
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6148212	FSJ
1/7/2006 13:30	MANOBRAR VAGAO	6147984	FSJ
1/7/2006 13:30	Contar	7	

Tab. 17: Memorial de cálculo do indicador I.2 (exemplo de relatório de registro de dados)

5.3. Apêndice C – Memorial de Cálculo do Indicador I.3

Abaixo, é apresentada a primeira página da tabela de dados utilizada para o cálculo do Indicador I.3: Tempo médio de permanência de vagões em pátio, a título de exemplo.

PATIO	VAGÃO	TREM_CHEG	RETIRADA_TREM	TREM_PART	ANEXAÇÃO_TREM	T.PERM.
FBB	6147674	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6148727	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6148859	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6149022	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6149341	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6161430	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6161677	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6161847	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6162291	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6163751	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6164013	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6164986	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6165176	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6165249	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6165869	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6165991	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6166491	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6166491	KCR0156	28/5/2006 21:00	KVS1158	29/5/2006 08:20	11:20
FBB	6166831	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6167195	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6169856	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6170366	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6170439	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6170536	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6171184	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6233350	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6242791	KCR0156	28/5/2006 21:00	KVS1158	29/5/2006 08:20	11:20
FBB	6243142	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6243657	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6243703	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6244157	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6246338	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6423949	KCR0156	28/5/2006 21:00	KVS1158	29/5/2006 08:20	11:20
FBB	6424490	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20
FBB	6424601	KPR1124	12/5/2006 22:40	KVS1126	13/5/2006 10:00	11:20
FBB	6456430	KPR1112	6/5/2006 21:30	KVS1114	7/5/2006 08:50	11:20

Tab. 18: Memorial de cálculo do indicador I.3 (exemplo de relatório de registro de dados)

5.4. Apêndice D – Memorial de Cálculo do Indicador I.4

Abaixo, é apresentada a primeira página da tabela de dados utilizada para o cálculo do Indicador I.4: Desvio de tempo entre atividade de pátio em trem previsto e realizado, a título de exemplo.

PATIO	ATIVIDADE	TREM	INI_ATVD	FIM_ATVD	DURAÇÃO	DUR.PADRÃO
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	CVE0147	24/04/2006 15:16	24/04/2006 15:45	00:29	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0102	01/04/2006 17:44	01/04/2006 19:30	01:46	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0102	01/05/2006 18:03	01/05/2006 19:10	01:07	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0104	02/04/2006 17:25	02/04/2006 18:10	00:45	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0114	07/04/2006 21:46	07/04/2006 23:00	01:14	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0118	09/04/2006 16:41	09/04/2006 18:15	01:34	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0118	09/05/2006 20:45	09/05/2006 22:10	01:25	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0120	10/05/2006 21:55	10/05/2006 23:00	01:05	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0122	11/04/2006 14:57	11/04/2006 17:45	02:48	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0128	14/05/2006 22:21	14/05/2006 22:48	00:27	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0138	19/04/2006 16:45	19/04/2006 18:05	01:20	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0146	23/04/2006 16:20	23/04/2006 17:55	01:35	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0148	25/04/2006 03:19	25/04/2006 04:10	00:51	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0158	29/05/2006 15:51	29/05/2006 16:20	00:29	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR0162	31/03/2006 22:27	31/03/2006 23:10	00:43	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR1102	01/05/2006 20:05	01/05/2006 20:35	00:30	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR1104	03/05/2006 01:59	03/05/2006 03:35	01:36	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR1110	06/05/2006 14:51	06/05/2006 16:30	01:39	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR1116	09/04/2006 01:01	09/04/2006 01:36	00:35	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR1120	10/06/2006 16:30	10/06/2006 17:20	00:50	01:00
FBB	107 - INSPECIONAR COMPOSIÇÃO	KCR1122	12/05/2006 18:20	12/05/2006 19:40	01:20	01:00

Tab. 19: Memorial de cálculo do indicador I.4 (exemplo de relatório de registro de dados)