



Guilherme Loyola Campos

**O uso da teoria das filas no acesso
rodoviário aos terminais de contêiner**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Eugênio Leal

Rio de Janeiro
Abril de 2012



Guilherme Loyola Campos

O uso da teoria das filas no acesso rodoviário aos terminais de contêiner

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada

Prof. José Eugênio Leal

Orientador e Presidente

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Antonio Fernando de Castro Vieira

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Nelio Domingues Pizzolato

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 18 de abril de 2012.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Guilherme Loyola Campos

Trabalha desde 2008 com a Operação logística de contêineres, inicialmente como Trainee da Libra Terminais e hoje como Analista de Planejamento da Log-In intermodal. Graduado em Engenharia de Produção pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ.

Ficha Catalográfica

Campos, Guilherme Loyola

O uso da teoria das filas no acesso rodoviário aos terminais de contêiner / Guilherme Loyola Campos ; orientador: José Eugênio Leal. – 2012.

77 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2012.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Teoria das Filas. 3. Contêiner. I. Leal, José Eugênio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. III. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Aos meus pais, Teresa Maria Loyola Campos e Frederico da Silveria Campos, por todo carinho e esforço na criação que me foi oferecida e que hoje me permite realizar os feitos da minha vida acadêmica, profissional e pessoal.

Aos meus mestres que muito me ensinaram e contribuíram de forma determinante para meu desenvolvimento profissional, em especial Felipe Antônio Ferreira e Robson Ferreira.

Ao orientador Professor José Eugênio Leal, pelo suporte e ajuda no desenvolvimento desta dissertação.

Aos colegas de mestrado pelo apoio nos estudos e caronas à aula.

Aos meus colegas de trabalho pelo apoio e solicitude.

Resumo

Campos, Guilherme Loyola. Leal, José Eugênio. **O uso da teoria das filas no acesso rodoviário aos terminais de contêiner.** Rio de Janeiro, 2012. 77p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O principal objetivo desta dissertação é enquadrar o atendimento rodoviário dos terminais de contêineres em um nível de serviço aceitável e ajudar a quebrar o paradigma de ineficiência que acompanha estas instituições. Este trabalho apresenta um estudo sobre “Teoria das Filas” e sua aplicação no processo de entrada das carretas em um Terminal de Contêineres. Assim, será possível calcular o desempenho deste sistema para a demanda e serviço atual, e projetar seu desempenho para o estado futuro. Primeiramente serão definidas as características da fila atual, taxa de atendimento, taxa de chegada, quantidade de postos de atendimento e nível de serviço. Após esta etapa, será possível definir o número de postos de atendimento necessários para o nível de serviço desejado, baseando se nas previsões existentes de aumento de demanda e melhoria da taxa de atendimento.

Palavras-chave

Contêiner, Logística, Teoria das Filas, Terminal, Porto, *Gate*

Abstract

Campos, Guilherme Loyola. Leal, José Eugênio. (Advisor) **Using queueing theory on container terminals road access.** Rio de Janeiro, 2011. 77p. M. Sc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The main reason for this work is to fit container terminal road access service on acceptable level of service and help to solve the paradigm of inefficiency that follows these institutions. This paper presents a study about Queueing Theory and a case with container terminal road access. In this way it will be possible to calculate the actual performance for the present demand and service level, then project the future performance. First will be defined the actual characteristics such as service rate, arrival rate, server numbers and service level. Then, it will be possible to define the number of servers needed to achieve desirable service of level, based on demand forecast and service level improvements.

Keywords

Container, Gate, Logistic, Port, Queueing Theory, Terminal.

Sumário

1. Introdução	12
1.1. Panorama brasileiro do mercado de contêineres	13
1.2. A necessidade de projetos de Gate nos terminais de contêiner do Rio de Janeiro	16
1.3. Tecnologias existentes para redução do tempo de serviço	20
1.4. Descrição do objetivo e estrutura do trabalho	21
2. Teoria das Filas	24
2.1. Características estruturais dos sistemas de fila	24
2.2. Fonte de clientes	25
2.3. Modelos de chegadas	25
2.4. Modelos de atendimento	26
2.5. Disciplinas das filas	29
2.6. Notação de sistema de filas	30
2.7. Medidas de desempenho de sistemas de filas	31
2.8. Modelos básicos de filas	31
3. Estudo de caso	34
3.1. Projeção da demanda de contêineres da Libra Terminais Rio de Janeiro	35
3.2. Estrutura de acesso e saída do terminal	38
3.3. O processo de chegada do modal rodoviário	44
3.4. Metodologia	52
3.5. Medidas de desempenho exigidas	52
3.6. Estado atual	54
3.7. Estado futuro	62
3.8. Conclusão do estudo de caso	71
4. Conclusão	73
Referências Bibliográficas	76

Lista de Figuras

Figura 1: Movimentação brasileira de contêineres	14
Figura 2: Percentual de cargas containerizadas sobre total comercializado	15
Figura 3: Abordagem sistêmica de um terminal de contêineres	18
Figura 4: Congestionamento num terminal de contêineres em Santos	19
Figura 5: Estrutura de uma fila	25
Figura 6: Canal único, Atendimento único	27
Figura 7: Canal único, Atendimento múltiplo	28
Figura 8: Canal múltiplo, Atendimento único	28
Figura 9: Canal múltiplo, Atendimento múltiplo	28
Figura 10: Vista superior do terminal 1 do porto do Rio de Janeiro	35
Figura 11: Participação dos estados na movimentação de contêineres nos portos brasileiros	36
Figura 12: Projeção de demanda para os portos Fluminenses e market share dos terminais	38
Figura 13: Vista superior da fila de carretas do terminal 1 do porto do Rio de Janeiro	39
Figura 14: Espaço destinado a fila de carretas e a passagem da linha férrea	40
Figura 15: Vista superior do estacionamento do porto do Rio de Janeiro	41
Figura 16: Estacionamento do porto do Rio de Janeiro	42
Figura 17: Estrutura de gate	43
Figura 18: Localização dos gates do terminal 1	44
Figura 19: Fluxograma do processo de recebimento	47
Figura 20: Teste de aderência para a taxa de chegada de clientes do processo de recebimento	48

Figura 21: Fluxograma do processo de entrega	50
Figura 22: Teste de aderência para a taxa de chegada de clientes do processo de entrega	51
Figura 23: Correlação entre o tempo de fila e a taxa de ocupação do pátio	55
Figura 24: Esquema do leitor óptico de caracteres	62
Figura 25: Leitor biométrico	63
Figura 26: Adaptação da abordagem sistêmica de um terminal de contêineres de SteeNken (2004)	75

Lista de Tabelas

Tabela 1: Contêineres movimentados nos portos brasileiros	16
Tabela 2: Distribuições de probabilidade utilizadas nas taxas de chegada de clientes	26
Tabela 3: Taxa de atendimento de clientes no sistema de filas	27
Tabela 4: Regras de definição das disciplinas de filas	30
Tabela 5: Medidas de desempenho de uma fila	33
Tabela 6: Projeção de contêineres da Libra Terminais	37
Tabela 7: Horários e capacidades do agendamento de exportação	45
Tabela 8: Horários e capacidades do agendamento de importação	49
Tabela 9: Desempenho exigido para o processo de recebimento	53
Tabela 10: Desempenho exigido para o processo de entrega	53
Tabela 11: Componentes do tempo de atendimento do processo de recebimento	55
Tabela 12: Valores das grandezas do processo de recebimento no cenário de baixa ocupação de pátio	56
Tabela 13: Valores do desempenho atual do processo de recebimento na chegada infinita de clientes no cenário de baixa ocupação do pátio	56
Tabela 14: Valores do desempenho atual do processo de recebimento na chegada limitada pelo agendamento	57
Tabela 15: Valores das grandezas do processo de recebimento no cenário de alta ocupação de pátio	57
Tabela 16: Valores do desempenho atual do processo de recebimento na chegada infinita de clientes no cenário de alta taxa de ocupação de pátio	58
Tabela 17: Valores do desempenho atual do processo de recebimento na chegada limitada pelo agendamento	59
Tabela 18: Valores das grandezas do processo de entrega	60

Tabela 19: Valores do desempenho atual do processo de entrega na chegada infinita de clientes	61
Tabela 20: Valores do desempenho atual do processo de entrega na chegada limitada pelo agendamento	61
Tabela 21: Projeção do tempo de atendimento na baixa taxa de ocupação de pátio	63
Tabela 22: Projeção do tempo de atendimento na alta taxa de ocupação de pátio	64
Tabela 23: Desempenho exigido no cenário futuro	64
Tabela 24: Situações a serem evitadas no cenário futuro	65
Tabela 25: Projeção da taxa de chegada de clientes	66
Tabela 26: Projeção do desempenho do novo sistema no cenário de alta taxa de ocupação de pátio	68
Tabela 27: Projeção do desempenho do novo sistema no cenário de baixa taxa de ocupação de pátio	70
Tabela 28: Projeção do desempenho do sistema para “c” postos de atendimento em 2048	72
Tabela 29: Resumo do desempenho atual	73
Tabela 30: Resumo do desempenho futuro	74
Tabela 31: Resumo da adequação da estrutura	74