

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UFSC

QUALIDADE E PRODUTIVIDADE EM EMPRESAS DE TRANSPORTE
URBANO DE PASSAGEIROS - PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE CONTROLE DE INDICADORES.

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

ONEIDA BARROS BEZERRA

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA – BRASIL - 2002

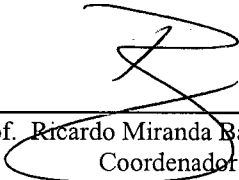
**QUALIDADE E PRODUTIVIDADE EM EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO
DE PASSAGEIROS – PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CONTROLE DE INDICADORES.**

ONEIDA BARROS BEZERRA

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de:


“DOUTOR EM ENGENHARIA”

Especializada em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.

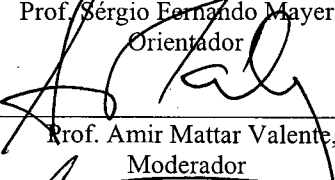


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Dr.
Coordenador

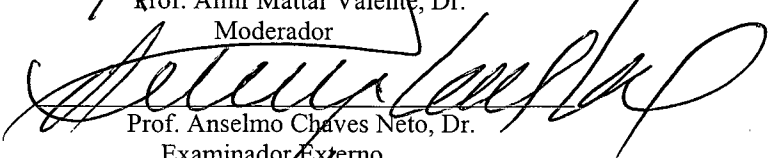
BANCA EXAMINADORA



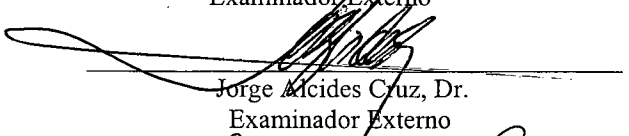
Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr.
Orientador



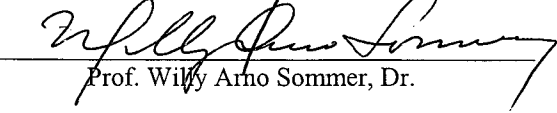
Prof. Amir Mattar Valente, Dr.
Moderador



Prof. Anselmo Chaves Neto, Dr.
Examinador Externo



Jorge Alcides Cruz, Dr.
Examinador Externo



Prof. Willy Arno Sommer, Dr.

HOMENAGEM ESPECIAL

Esta Tese é dedicada à
PEDRO DAMIÃO DE BARROS (*in memorium*).

Com ele aprendí a ter fé,
perseverança, lutar com dignidade e coragem pelos meus
direitos, e sobretudo, ter um coração benevolente para com
aqueles que têm respeito pelo semelhante.

Com o olhar fixo nestes ensinamentos, transmitidos ao
longo da sua trajetória de vida, permaneço determinada em realizar
os meus objetivos de vida.

A você meu pai, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela vida, saúde e a oportunidade para chegar até aqui.

A minha mãe Maria, meus irmãos Enoi, Graça, José Antonio, Fanfan e Tita, minha cunhada Jaqueline e minha querida sobrinha Marianna, mas do que agradecer, peço-lhes perdão por ter me ausentado do convívio familiar para realização deste trabalho.

Ao Professor Sérgio Fernando Mayerle, a minha admiração. Sou muito grata pela excelente orientação, pelos ensinamentos transmitidos, tanto os acadêmicos quanto aqueles relacionados com sua filosofia profissional e de conduta.

Aos Professores, membros da Banca Examinadora, pela valiosa apreciação deste trabalho.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pelo apoio financeiro.

A Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFPI, na pessoa da Professora Ana Zélia, que não mediu esforços em me ajudar..., a ela devo uma palavra de gratidão.

Ao Centro de Tecnologia da UFPI, principalmente ao Professor Rômulo Gayoso Castelo Branco, naquela oportunidade (1997) como Vice-Reitor da UFPI, se empenhou junto à Administração para que fosse concedida a liberação para realizar este trabalho.

Em particular, agradeço ao Professor Afrânio Piauiense de Sousa, que mais uma vez me incentivou, acreditou na minha determinação e capacidade para realizar este trabalho.

Ao Laboratório de Transporte da UFSC - LABTRANS, juntamente com sua equipe técnica, Jorge Destri, Armando Dettmer e Wilson Fernandes, aos estagiários Graziela Luchtenberg, Fábio Schmitz Tani e Thiago Marin, pelo apoio logístico.

Ao Núcleo de Transporte de Florianópolis – SC, na pessoa do Engenheiro Rodolfo Carlos N. Phillipi, por abrir-me as portas e pela boa vontade em fornecer as informações solicitadas.

As amigas Marlise Ludwig, Maria Teresa P. Ribeiro e Amícia Martins, pelo carinho e pela atenção, meus sinceros agradecimentos a vocês.

Ao carismático casal, Sandra Leandro e Lucinaldo Rodrigues, que tive a felicidade de conhecê-los, e que sem dúvida nenhuma, fazem parte do meu acervo afetivo. Quero lhes agradecer pelo carinho, apoio nos momentos tristes, enfim, pelos bons conselhos recebidos.

A todos os meus professores, com os quais muito aprendi e entendi...

A Universidade Federal de Santa Catarina, especialmente ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. E a todos os colegas e amigos que participaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, por sua amizade ou companheirismo.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma proposta de sistema de controle de indicadores de qualidade e produtividade, para o acompanhamento e avaliação do processo de execução do serviço de transporte urbano de passageiros. Neste trabalho é feita uma análise do cenário gerencial da qualidade e produtividade do sistema de transporte público de passageiros, para o qual é apresentado um conjunto de indicadores propostos na literatura. Para acompanhamento destes indicadores é sugerido o uso de algumas das ferramentas de Controle Estatístico de Processos (CEP), as quais são implantadas na forma de um sistema computacional. Aspectos desta implantação são discutidos, de forma a tornar o sistema flexível e capaz de evoluir juntamente com as necessidades da empresa operadora. Para fins de validação do sistema proposto foi desenvolvido um modelo de simulação, com base no programa de operação de uma empresa de transporte público de Florianópolis (SC). Os resultados dos testes com o modelo de simulação e o sistema de controle proposto são analisados, indicando a viabilidade de implantação do referido sistema na prática. Recomendações adicionais para esta implantação são apresentadas.

Palavras Chave: transporte público de passageiros; controle estatístico de processo; simulação discreta.

ABSTRACT

The objective of this work is the development of a proposal of a system to control indexes of quality and productivity, for the performance and assessment of the process of execution of the service of urban passenger transportation. In this work an analysis of the management scenery of the quality and productivity of the public transportation system of passenger is made, in which is presented a collection of indexes proposed in literature. To follow this indexes is suggested the use of some of the techniques of statistics control of process (CEP), which are implemented in the form of a computer system. The aspects of this implementation are discussed, in a way that the system is flexible and capable of developing together with the necessities of the company. For the purpose of checking the validity of the proposed system a simulation model was developed with basis in the operational program of a public transportation company in Florianópolis (SC). The results of the tests with the simulation model and the control system proposed are analysed, showing the viability of the implementation, of the control system in the practice. Additional recommendations for this implementation are presented.

Key-word: public transportation of passengers; statistics control of process; simulation model

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE QUADROS	
I. INTRODUÇÃO	01
1.1. Considerações Iniciais	01
1.2. Objetivos do Trabalho	04
1.3. Justificativa e Importância do Trabalho	06
1.4. Limitações do Trabalho	14
1.5. Estrutura do Trabalho	14
II. GERENCIAMENTO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS	16
2.1. Considerações Iniciais	16
2.2. Histórico da Qualidade e Produtividade	17
2.3. Qualidade e Produtividade nos Transportes	20
2.4. Evolução dos Transportes	22
2.5. Tendências de Administração	25
2.6. Cenário Gerencial	27
2.7. Caracterização do Sistema de Transporte Público de Passageiros	28
2.7.1. Planejamento	28
2.7.2. Execução	29
2.7.3. Controle	33
2.8. Problemas Relevantes na Operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros	33
2.9. Indicadores de Produtividade na Operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros	39
2.10. Indicadores de Qualidade na Operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros	45

2.11. Considerações Finais	49
III. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO – CEP	50
3.1. Considerações Iniciais.....	50
3.2. Ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP)	52
3.3. Gráficos de Controle	56
3.3.1. Construção do gráfico de controle.....	57
3.3.2. Escolha dos limites de controle.....	58
3.3.3. Análise dos gráficos de controle	58
3.4. Gráficos de Controle por Variáveis	63
3.5. Gráficos de Controle por Atributos	68
3.6. Análise do Processo	71
3.6.1. Limites naturais de tolerância do processo.....	71
3.6.2. Interpretação da estabilidade do processo	72
3.6.3. Capacidade do processo	74
3.7. Considerações Finais	77
IV. O SISTEMA PROPOSTO PARA CONTROLE DE INDICADORES DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE	78
4.1. Considerações Iniciais.....	78
4.2. Base de Dados Relacionais	78
4.3. Estrutura da Base de Dados de Operação do Sistema de Transporte	84
4.3.1. Modelo da base de dados proposto.....	84
4.3.2. Coleta e armazenamento de dados	88
4.3.3. Extensões para o modelo proposto.....	89
4.4. Estrutura do Sistema de Controle.....	90
4.4.1. Visão geral do sistema de controle.....	90
4.4.2. Estrutura da base de dados de indicadores	92
4.4.3. Módulo de controle	94
4.5. A Dinâmica Operacional do Sistema de Controle	96
4.6. Implantação do Protótipo	97
4.7. Considerações Finais	104

V. VALIDAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO PARA CONTROLE DE INDICADORES DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE	106
5.1. Considerações Iniciais.....	106
5.2. Simulação da Operação da Empresa	106
5.2.1. Caracterização do cenário operacional da empresa.....	106
5.2.2. Modelo de simulação.....	107
5.3. Definição dos Indicadores	112
5.4. Acompanhamento dos Indicadores	117
5.4.1. Índice de duração das viagens	119
5.4.2. Tempo de atraso	120
5.4.3. Índice de viagens suprimidas	123
5.4.4. Índice de ocupação do veículo	125
5.5. Identificação das Causas Especiais	126
5.6. Considerações Finais	128
VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	130
6.1. Conclusões	130
6.2. Recomendações	131
BIBLIOGRAFIA CITADA	134
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	142
APÊNDICE 1	151
ANEXO 1	155

LISTA DE FIGURAS

2.1. Estrutura formal das empresas – organograma	26
2.2. Representação do sistema, adaptado para empresas de transporte público de passageiros.....	29
2.3. Representação do processo de produção do serviço de transporte de passageiros.....	32
3.1. Gráfico de controle.....	52
3.2. Diagrama de dispersão	53
3.3. Diagrama de tendência	53
3.4. Histograma	54
3.5. Fluxograma.....	55
3.6. Diagrama de Pareto	55
3.7. Diagrama causa-efeito.....	56
3.8. Gráfico de controle mostrando variações extremas.....	59
3.9. Gráfico de controle mostrando desvios.....	60
3.10. Gráfico de controle mostrando tendências	61
3.11. Gráfico de controle ilustrando ciclos.....	61
3.12. Gráfico de controle ilustrando falta de variabilidade	62
3.13. Gráfico de controle ilustrando variabilidade excessiva.....	62
3.14. Gráfico de controle estilizado mostrando as zonas de aplicação dos testes de não aleatoriedade	74
3.15. Situação do processo capaz	75
3.16. Situação do processo não-capaz	75
4.1. Diagrama de entidades e relacionamentos	80
4.2. Representação do diagrama de entidade e relacionamento (DER) – estrutura da base de dados da empresa de transporte de passageiros.....	85
4.3. Estrutura geral do sistema proposto para controle de indicadores de qualidade e produtividade	91
4.4. Representação do diagrama de entidade e relacionamento (DER) – estrutura da base de dados de indicadores.....	92
4.5. Tela ativada ao iniciar o sistema, ou quando há necessidade de troca de perfil do usuário	97

4.6. Tela principal do sistema, apresentando indicadores associados ao perfil operacional, com os gráficos de controle.....	98
4.7. Tela apresentada quando o cursor é pressionado sobre os indicadores de resultado dos testes de não-aleatoriedade	99
4.8. Tela principal do sistema, apresentando do lado esquerdo o diagrama de causa efeito (árvore causa-efeito).....	100
4.9. Tela principal do sistema, apresentando a relação de causas especiais	101
diagrama de Pareto	101
4.10. Tela principal, apresentando um relatório contendo a relação de linhas.....	102
4.11. Tela apresentando a descrição do indicador selecionado.....	103
4.12. Tela apresentando a pasta – “Série - SQL – Cálculos”.....	104
5.1. Histograma de frequência apresentando uma distribuição normal	108
5.2. Gráfico de controle apresentando a média e desvio-padrão do indicador índice de duração das viagens.....	119
5.3. Gráfico de controle apresentando a média e desvio-padrão do indicador tempo de atraso,.....	121
5.4. Gráfico de controle apresentando a média do indicador número de viagens com atraso,.....	122
5.5. Gráfico de controle apresentando a média do indicador índice viagens suprimidas... ..	124
5.6. Gráfico de controle apresentando a média e desvio-padrão do indicador índice de ocupação do veículo,....	125
5.7. Diagrama causa-efeito para atraso na partida das viagens	128
6.1. Representação do sistema proposto para controle de indicadores, ampliado através do acréscimo de SAD.....	133

LISTA DE QUADROS

1.1. Principais meios de transporte coletivo urbano na América Latina	07
1.2. Demonstrativo de receita, custo, despesas e pessoal das empresas brasileiras de transporte rodoviário de passageiros	08
1.3. Valores indicativos do transporte de passageiros e receita, segunda a natureza das linhas	08
1.4. Demonstrativo da frota, IPK, quilometragem percorrida e passageiros transportados nas empresas de ônibus, em algumas capitais brasileiras.	09
1.5. Indicadores de conforto no transporte público: densidade de ocupação dos veículos e duração da viagem	12
1.6. Indicadores de tempo de deslocamento dos serviços de transporte público ..	12
3.1. Testes de não-aleatoriedade.....	73
4.1. Entidades e seus atributos.....	79
4.2. Apresentação de tabelas	81
5.1. Capacidade por tipo de veículo	116
5.2. Valores das parâmetros utilizados na simulação da operação da empresa,.....	118
5.3. Diagrama de causas especiais – árvore de causa-efeito,	127

Capítulo I

1. Introdução

1.1. Considerações Iniciais

Nas duas últimas décadas a velocidade das transformações foi acelerada, desencadeada pela introdução do microcomputador em todas as atividades pessoais e profissionais, tornando a busca do conhecimento e da inovação, o desenvolvimento de pesquisa e o domínio da informação, requisitos indispensáveis ao crescimento das organizações e da sociedade como um todo.

Nas organizações, verifica-se que se jogam por terra estruturas arcaicas, rígidas, burocráticas e altamente hierarquizadas. A produção de bens e serviços, até então gerida como algo formado por fases estanques, passa a ser gerenciada como processos que devem ser sincronizados, desde o planejamento até a disponibilização do produto ou do serviço ao cliente. Como consequência, as empresas vêm-se obrigadas a se inter-relacionar com o ambiente, com a concorrência, com o cliente e com o fornecedor, de forma integrada, no sentido de se tornarem capazes de acompanhar as mudanças e a evolução do mercado.

Com maior ou com menor intensidade, praticamente todos os setores de atividades vêm passando por uma significativa transformação, com uma crescente valorização do benefício gerado pelo produto como o resultado final dos processos. Bens físicos passam a ser facilitadores na distribuição de benefícios, onde o vital é a função e sua adequação ao uso pelo cliente e não o produto em si ou serviço que a realiza.

Os gerentes da nova organização vivem em um ambiente inteiramente novo, no qual vêm-se obrigados a tomar decisões, não só em maior número, mas de forma cada vez mais rápida e acertada. Como processadores de informações, os tomadores de decisão atuam limitados pelo volume, pela qualidade de dados disponíveis, pela falta de habilidade para acessá-los e, principalmente, pela sua capacidade de analisá-los.

O sucesso de um gerente pode ser medido pela qualidade e quantidade de suas decisões, que vão depender de sua eficiência na utilização de informações [BORGES, 1995]. A chave para o sucesso é obter informações úteis e exatas, disponíveis no momento certo.

É difícil avaliar que informação é necessária ao decisor, bem como atribuir o seu valor em termos de contribuição para decisões mais acertadas. A maneira como a informação é disponibilizada ao decisor pode indicar o que é útil ou não. Os gerentes tendem a ser inundados com memorandos e relatórios, cujo conteúdo pode ser trivial, não sendo realmente relevante às decisões que devem ser tomadas. Para ser útil, a informação deve ser compreendida e absorvida pelo decisor.

A tecnologia da informação, como ferramenta gerencial, deverá ser utilizada para análise de dados, transformando-os em informações realmente úteis aos negócios das empresas. À medida que as empresas converterem dados em informações, modificarão necessariamente seus processos de decisão, a sua estrutura administrativa e a sua maneira de trabalhar. Este processo evolutivo vem criando oportunidades e facilidades cada vez maiores, contribuindo decisivamente para o surgimento de programas, métodos e processos modernos e eficientes, para a tomada de decisão das empresas, como o estabelecimento de um modelo de gestão da informação que contemple a implantação de sistemas de informações adequados a cada realidade.

Existem atualmente na literatura diversas metodologias para medição de desempenho. Entre elas, pode-se citar o Balanced Scorecard – BSC [KOHISTRUNG; REHNELT; MIERZOWSKI, 2001] e [VARDANGALOS; PANTELIS, 2000], o Activity-Based Costing – ABC [RASMUSSEN; SAVORY; WILLIAMS, 1999] e [COKINS, 1999], o Economic Value Added [COKINS, 1999] e [PRESCOTT, 1999], o Target-Costing [WALD, 1992] e [BODE, 1998] e o Quality Function Deployment [GLUSHKOVSKY, 2001] e [BOUCHEREAU; ROWLANDS, 1999].

Algumas destas ferramentas de gerenciamento, a exemplo do BSC criado pelos professores Robert Kaplan e David Norton, da Harvard Business School, resgatam o uso de indicadores associados ao controle da qualidade e produtividade. Contudo, conforme

divulgação da Symnetics¹ (em Agosto/1999), somente 32% das organizações brasileiras possuem mecanismos eficazes de monitoramento e controle de suas atividades [SCHWARZ; PINTO, 2000].

O aspecto central na implantação do BSC, é a construção de “um sistema de indicadores chave de desempenho, balanceados em quatro perspectivas: financeira (para ter sucesso financeiro, como a empresa mostra-se a seus acionistas?), mercadológica (para alcançar a visão de futuro, como a empresa se mostra ao mercado?), interna (para satisfazer aos acionistas e ao mercado, quais os processos de negócios nos quais a empresa deve ter excelência?) e crescimento e aprendizado (para alcançar a visão de futuro, como a empresa sustenta a habilidade de mudar e melhor?)”. O BSC como sistema de gestão estratégico integrado permite a evolução contínua da estratégia a partir de revisões constantes da visão do futuro, permitindo, também, o alinhamento entre diferentes unidades de negócios, comunicação da estratégia por todos os níveis da organização, análise de indicadores chave, execução de ações e revisão da estratégia [SCHWARZ; PINTO, 2000].

O ponto de partida para uma empresa é tratar e manipular a informação de maneira estratégica, através de tecnologias (sistemas) adequadas. A necessidade da implantação de sistemas de informações nas empresas está ligada ao atendimento das necessidades de controle destas mesmas informações, sendo um meio facilitador do poder de decisão nas empresas, tornando-as mais competitivas.

De forma concreta, o desenvolvimento tecnológico vem contribuindo para a transformação do mundo atual, criando uma sociedade baseada na informação e nos serviços. Esta nova sociedade vem criando consumidores cada vez mais exigentes com a qualidade dos produtos, como também preocupados com reflexos no meio ambiente e na sociedade. Além de ser exigente, este cliente busca individualidade, diferenciação, rapidez e confiabilidade.

¹ A Symnetics atua no ramo de consultoria empresarial, utilizando sobretudo, a metodologia do Balanced Scorecard.

Esta tendência vem gradualmente se refletindo no setor de transporte de passageiros, evidenciando-se principalmente nos mercados mais competitivos, como é o caso do transporte aéreo, onde a preocupação com a qualidade percebida pelos passageiros é muito grande. Em outros mercados com maior grau de monopólio, como no caso de transporte urbano de passageiros, a preocupação com os benefícios gerados aos passageiros ainda é incipiente, sendo a qualidade ainda encarada como fator condicionante e não como objetivo. Nesses casos a preocupação com custos é preponderante e praticamente única.

As atividades de transporte não têm, como resultado de sua produção, bens físicos tangíveis; na verdade o que elas fazem é agregar valor às cargas ou trazer benefícios aos passageiros em termos de utilidade de tempo, de espaço e de estado. Exemplificando, os passageiros querem chegar no destino, rápido, confortável e com segurança.

Em algumas empresas do setor de transporte público, as informações existentes contemplam todo o processo de produção do serviço de transporte. Para estas empresas existe a potencialidade de se desenvolver sistemas de controle para dar suporte ao processo de tomada de decisão. Já em outras empresas, a situação é completamente diferente: as decisões são tomadas de forma empírica e intuitiva, sem base em informações documentadas.

Em pesquisa realizada por FIGUEIREDO [1993], sobre qualidade e produtividade nas empresas de transporte público de passageiros, constata-se que, apesar de algumas empresas armazenarem os dados, estes não são adequadamente relacionados e sistematizados de modo a interagir em todos os processos de decisão. Em outras palavras, são encontradas na literatura, citações a respeito da existência de sistemas mal estruturados, que não atendem às reais necessidades das empresas de transporte urbano de passageiros, seja por um fluxo desordenado das informações, seja pela falta de credibilidade das mesmas, ou seja, ainda, pela falta de inter-relacionamento entre os vários sistemas disponíveis.

1.2. Objetivos do Trabalho

Nos últimos tempos, verificou-se uma evolução extremamente rápida nas áreas tecnológicas, deixando-se quase relegado a um segundo plano os aspectos

administrativos. Entretanto, administrar é decidir. Para que se minimize o risco do processo decisório é necessária a busca de informações precisas e atualizadas, sem a qual se estará trabalhando de forma imprópria. Tendo em vista a necessidade de um sistema integrado nas empresas de transporte público de passageiros, apresenta-se como objetivo geral a seguinte proposta:

Delinear uma sistemática de controle que atenda a efetiva integração da empresa de transporte urbano de passageiros, canalizando as informações da produção do serviço de transporte, para o nível decisório.

Para que isso seja possível, torna-se cada vez mais necessário obter-se a informação relevante e transformá-la em instrumento coeso de trabalho. Este fator hoje é decisivo à competitividade e a excelência da empresa de transporte urbano de passageiros em seus negócios, no novo cenário de sobrevivência. Entretanto, é importante que se discuta com mais acuidade que a informação somente cumpre o seu papel, quando integrada à empresa como recurso fundamental no planejamento, na definição de estratégias e na tomada de decisão.

Os objetivos específicos definidos para este trabalho encontram-se em função do objetivo geral:

- 1) construir indicadores representativos dos fatores que levam à melhoria do desempenho e traduzam os objetivos em medidas quantitativas e qualitativas da empresa de transporte urbano de passageiros;
- 2) criar mecanismos de acompanhamento dos indicadores através do CEP (Controle Estatístico do Processo);
- 3) realimentar o sistema periodicamente para que, a partir das informações (dados já tratados) possam ser elaboradas análises a respeito do desempenho da empresa;
- 4) gerar subsídios para decisões que impactem positivamente na satisfação dos passageiros;
- 5) fazer com que cada setor da empresa possa entrar no banco de dados e criar seus próprios indicadores de desempenho (metodologia de controle de gestão para empresas de transporte urbano de passageiros), capazes de sinalizar sintomas de ineficiência administrativa e operacional, e de insatisfação dos passageiros.

Partindo das metas e objetivos previamente estabelecidos pela empresa de transporte urbano de passageiros, o trabalho busca mostrar que os *Sistemas de Controle*, além de serem ferramentas de apoio à tomada de decisão, são bons exercícios de reflexão sobre a organização da empresa, principalmente pela crescente necessidade de informações cada vez mais inter-relacionadas nas empresas em evolução. Falar em evolução significa identificar processos nas empresas quanto ao desenvolvimento organizacional e eficiência econômica, que influenciem diretamente a sua produtividade e a sua qualidade na realização de serviços, e conseqüentemente a sua competitividade.

1.3. Justificativa e Importância do Trabalho

A necessidade de transporte deriva da necessidade de participação das pessoas nas diversas atividades da sociedade, sendo afetada pela distribuição espacial dessas atividades e por suas características temporais. Transportar é um dos serviços que acompanham o homem desde os primórdios, tendo crescido como atividade econômica, junto com os serviços financeiros e de comunicação, a partir da revolução industrial, conclui PORTER [1990].

De maneira resumida pode-se dizer que os aspectos relevantes do trabalho se traduzem na:

- 1) definição das informações relevantes para a empresa de transporte urbano de passageiros, em todos os níveis, assim como os benefícios e os custos que elas trarão;
- 2) necessidade de detalhamento dessas informações, relacionando-as entre si;
- 3) aplicação dessas informações às necessidades da empresa de transporte urbano de passageiros, principalmente levando em consideração sua possibilidade de evolução no tempo.

É oportuno frisar que o transporte coletivo de passageiros na América Latina, e também no Brasil, é predominantemente realizado por ônibus, como indicam pesquisas nas 50 maiores cidades latino-americanas (quadro 1.1) citadas por CRUZ [1995], e continuará sendo o principal meio de transporte coletivo de passageiros nos próximos anos.

Quadro 1.1. Principais Meios de Transporte Coletivo Urbano na América Latina.

Ônibus – Privados	53,0%
Micro-Ônibus – Privados	18,5%
Ônibus – Públicos	11,8%
Trolebus – Público	1,3%
Trem	4,4%
Ferry-Boat	0,2%
Metro	10,2%
Veículo Leve Sobre Trilho	0,6%

Fonte: HENRY, Etienne. Relatório de Pesquisa sobre Transporte Urbano CNPq / Orstron 1992.

A importância dos serviços relacionados ao transporte urbano de passageiros (por ônibus) no contexto econômico do País, pode ser evidenciada por algumas estatísticas disponíveis. O setor de transporte foi responsável por uma receita equivalente a 6,5% do PIB em 1997, segundo a CNT - Confederação Nacional do Transporte. Em 1990 essa participação era de apenas 3,9%. O número de pessoas empregadas no setor é de 2,5 milhões, dos quais somente 1,3 milhões são trabalhadores formalmente empregados, de acordo com o Ministério do Trabalho.

Dados mais recentes mostram que o referido setor oferece uma razoável contribuição para a economia brasileira. As empresas de transporte rodoviário urbano de passageiros, segundo as estatísticas oficiais, publicadas na PATR 1996 (*Pesquisa Anual do Transporte Rodoviário*), realizadas pelo IBGE [1998], empregam uma parcela considerável da população nas suas atividades.

Cerca de 460 mil pessoas estão ligadas às atividades de transporte rodoviário de passageiros, sendo destinado a esta parcela, para pagamento de salários, 30% da receita total (que foi da ordem de 11,6 bilhões de reais) obtida pelas 1.151 empresas pesquisadas nas grandes regiões do País, conforme pode ser observado no quadro 1.2.

Quadro 1.2. Demonstrativo de Receita, Custo, Despesa e Pessoal das Empresas Brasileiras de Transporte Rodoviário de Passageiros.

Região	Empresas	Pessoal	Custos e Despesas (mil R\$)		Receita Total (mil R\$)
			Total	Salários e Outras Remunerações	
Norte	62	13.052	269.378	69.843	267.436
Sudeste	622	279.790	7.529.423	2.260.235	7.562.837
Nordeste	194	63.742	1.381.807	386.764	1.346.837
Sul	215	67.604	1.791.364	564.730	1.790.717
Centro Oeste	58	30.247	695.895	193.547	690.752
Brasil	1.151	454.435	11.667.867	3.475.119	11.658.577

Fonte: PATR - 1996. IBGE. V9, p.12-21, 1998.

Pode-se observar também, no quadro 1.3, a distribuição dos recursos entre as modalidades de transporte, sejam elas intramunicipais, intermunicipais, interestaduais ou internacionais. Conforme os dados apresentados, observa-se que o transporte intramunicipal representa 66,13% da receita total arrecadada pelas empresas. Este dado mostra que o transporte urbano por ônibus é o mais significativo das modalidades de transporte de passageiros, principalmente se considerado que parte dos deslocamentos intermunicipais, nas regiões metropolitanas, estão associados a movimentos urbanos.

Quadro 1.3. Valores Indicativos do Transporte de Passageiros e Receita, segundo a Natureza das Linhas.

Transporte de Passageiros – Modalidades				
Informações	Intramunicipais	Intermunicipais	Interestaduais	Internacionais
Receita de Passageiros Transportados (milhões R\$)	6.572.838	2.230.768	1.118.629	17.828
Passageiros Transportados (em milhares)	12.618.033	1.505.335	113.972	1.784
Percentual Receita Total	66,13%	22,44%	11,25%	0,18%
Número de Informantes	790	422	153	12
Receita Total de Passageiros Transportados = 9.940.063				

Fonte: PATR 1996 - IBGE.V9, p. 62, 1998.

Dados mais recentes, referentes às empresas de transporte urbano de passageiros, podem ser observados no quadro 1.4. Neste quadro, os dados estão agrupados por capitais do país, onde se observa uma frota operante de aproximadamente 34 mil ônibus, com um número aproximado de 429 milhões de passageiros transportados mensalmente [NTU – Dados Operacionais, 2000].

Quadro 1.4. Demonstrativo da Frota, IPK, Quilometragem Percorrida e Passageiros Transportados nas Empresas de Ônibus, em algumas Capitais Brasileiras.

Cidade	Passageiros Equivalentes Transportados	Quilometragem Percorrida	IPK	Frota Operante	Idade Média da Frota
Porto Velho (RO)	2.362.934	1.196.110,00	1,9755	156	5,50
Manaus (AM)	16.865.349	8.193.100,20	2,0584	1.091	3,50
Belém (PA)	23.965.803	14.446.204,00	1,6589	1.674	4,00
Palmas (TO)	1.102.438	922.638,00	1,1948	100	3,60
São Luis (MA)	9.464.864	6.340.896,70	1,4926	759	4,90
Teresina (PI)	6.656.292	4.124.319,00	1,6139	455	4,00
Fortaleza (CE)	21.081.017	11.112.449,60	1,8970	1.572	4,20
Recife (PE)	24.819.159	17.090.848,10	1,4521	2.332	4,15
Aracajú (SE)	6.074.021	3.351.777,31	1,8121	387	5,60
Salvador (BA)	36.838.094	18.301.611,68	2,0128	2.159	4,11
Belo Horizonte (MG)	37.372.566	17.204.748,00	2,1722	2.900	5,11
Rio de Janeiro (RJ)	81.518.145	61.600,00	1,3233	6.982	3,20
São Paulo (SP)	97.009.863	55.897.882,00	1,7354	9.949	7,50
Curitiba (PR)	28.334.744	12.382.288	2,2883	1.782	5,20
Florianópolis (SC)	4.831.194	2.301.029,00	2,0995	371	-
Porto Alegre (RS)	25.518.544	9.941.108,20	2,5669	1.396	4,50
Campo Grande (MS)	5.453.206	2.860.036,00	1,9066	404	4,69
TOTAL	429.268.233	-	-	34.469	-

Fonte: NTU - Dados Operacionais: Outubro/2000.

No que se refere às empresas operadoras de transporte público de passageiros, que administram e fazem funcionar um complexo sistema de transporte, comercializando-o sob a forma de prestação de serviço público, a preocupação relaciona-se com as variáveis que influenciam os custos e receitas deste serviço.

Na revisão de literatura realizada, o cenário comumente encontrado nas empresas de transporte urbano de passageiros, no que se refere ao controle do processo de produção do serviço de transporte de passageiros, é basicamente de sistemas tradicionais, fornecendo grande quantidade de relatórios, muitas vezes extraídos de bancos de dados não-integrados e com dados conflitantes entre si. Se a falta de informações pode representar um problema, o excesso de informações ou informações desconstruídas pode se tornar um problema ainda maior, sobretudo se forem informações decisivas para o processo de tomada de decisão. Desta forma, fica constatado que os sistemas existentes nas empresas de transporte não contemplam as reais necessidades das mesmas.

Em trabalho recentemente apresentado, MAYERLE [1996], conclui que os modelos de alocação e roteamento existentes na literatura, associados com sistemas de informações gerenciais adequados, podem desempenhar um papel crucial na elaboração de um planejamento operacional eficiente nas empresas de transporte público.

As empresas de transporte de passageiros apresentaram no ano de 1996, segundo os dados mostrados pela PATR, realizada pelo IBGE [1998], um déficit (custos e despesas menos receitas) da ordem de 9,3 bilhões de reais (quadro 1.2). Esta situação evidencia a necessidade da aplicação de procedimentos objetivando a melhoria do processo de tomada de decisão nas empresas.

Alguns exemplos disponíveis na literatura vêm reforçar esta importância. DESROCHERS; SOUMIS [1989], comentam que uma redução na ordem de 1% nos custos operacionais da MUCTC (Montreal Urban Community Transit Company), decorrentes da aplicação de técnicas de otimização, de acordo com os valores de 1986, economizaria anualmente cerca de US\$ 2,0 milhões. Segundo a literatura encontrada [DESROCHERS; SOUMIS 1989] e [BALL 1983], com a aplicação de técnicas de otimização em problemas práticos de alocação de frota, é comum obter-se redução nos custos na ordem de 0,5% a 2,5%, mesmo quando a empresa apresenta uma boa organização e eficiência. Extrapolando estes percentuais para os custos apresentados no PATR - 1996 (quadro 1.2.), poder-se-ia economizar cerca de R\$ 300 milhões de reais anualmente.

Outro fator relevante a ser considerado, diz respeito à sistemática de tomada de decisão comumente adotada pela maioria das empresas. A obtenção dos dados relativos ao processo decisório é feita manualmente, muitas vezes de forma não sistematizada, por fiscais, despachantes, motoristas, cobradores e mecânicos, muitos dos quais não se encontram devidamente qualificados para a realização destas tarefas, nem tão pouco cientes da importância destes dados. Neste contexto, a existência de um sistema de controle adequado às empresas de transporte urbano de passageiros, faz com que estes dados sejam obtidos em tempo real, de forma sistematizada, com efetiva integração. Além de auxiliar no conhecimento sobre o que já foi feito no passado e o que está sendo feito no presente, pode-se utilizar os dados cadastrados para determinar o que deve ser feito no futuro.

O conjunto de informação estruturadas e organizadas constitui, assim, um importante item do patrimônio da empresa, e principalmente, relevante conteúdo para o processo decisório.

Por outro lado, a população utiliza o serviço de transporte público por uma necessidade de deslocamento para atingir um objetivo específico, isto é, deslocar-se de uma origem para um destino, cumprindo determinado trajeto, numa determinada hora, utilizando o meio de transporte que achar mais conveniente. Ao se definir pelo uso do transporte público, por livre escolha ou por não ter opção, o passageiro pondera uma série de atributos do mesmo, de forma a utilizar o modo que lhe seja mais conveniente. O mais importante para o passageiro é chegar ao seu destino dentro do tempo previsto, sem sofrer qualquer desconforto físico e psicológico decorrente da qualidade do serviço [MAYERLE, 1997] e [LINDAU; ROSADO, 1992].

Os principais atributos relacionados ao transporte público e que são ponderados pelo passageiro para a tomada de decisão, dizem respeito a quando, onde e como usar o transporte, e são os seguintes: confiabilidade, tempo de deslocamento, acessibilidade, conforto, conveniência, segurança e tarifa, sendo considerado de maior importância para o passageiro o atributo conforto, tempo de deslocamento e tarifa [EBTU, 1988].

As condições de conforto são de difícil determinação para o passageiro, pois englobam aspectos qualitativos, de avaliação subjetiva e variam muito dependendo do tipo de passageiro. O transporte público tem se empenhado em apresentar razoáveis padrões de conforto aos passageiros, principalmente porque a política das operadoras é atrair para os meios de transporte coletivo, aqueles que fazem uso do transporte individual.

No que se refere ao conforto, o mais importante aspecto normalmente considerado pelos passageiros, é a disponibilidade de um lugar para viajar sentado. Do ponto de vista do passageiro, as condições de ocupação do veículo, a possibilidade de viajar sentado, a temperatura interna, as condições de ventilação, ruído, aceleração/desaceleração, a altura dos degraus, largura das portas, disposição dos assentos, configuram os parâmetros básicos para a fixação das condições de conforto a serem oferecidas aos passageiros [EBTU, 1988]. No quadro 1.5 é apresentada uma classificação simplificada do nível de qualidade do serviço oferecido no transporte urbano de passageiros. Esta

classificação é largamente utilizada pelas operadoras e pelo poder concedente, e leva em consideração, predominantemente, a densidade de ocupação dos passageiros.

Quadro 1.5. Indicadores de Conforto no Transporte Público: Densidade de Ocupação dos Veículos e Duração da Viagem.

Qualidade do Serviço	Densidade de Ocupação ² (pass/m ²)	Duração da Viagem (min)
Excelente	Só sentados	-
Ótimo	0 a 1,5	< 90
Bom	1,5 a 3,0	< 60
Regular	3,0 a 4,5	< 40
Ruim	4,5 a 6,0	< 10
Péssimo	> 6,0	< 2

Fonte: Bovy, H. "Les transports en commun" - apostila do curso "Aménagement du territoire et transports II". ITEP - Institut de Technique des Transports, Lausanne, France, p. 15, 1974 (veja EBTU, 1988).

Já o tempo de viagem, é um atributo de mais fácil percepção pelo passageiro. O importante é o tempo total, "porta a porta", abrangendo o acesso da origem ao local de embarque, a espera pelo veículo (que depende da frequência do serviço e de sua confiabilidade), o deslocamento efetivo no interior do veículo, a transferência (eventual) e o acesso do ponto de desembarque até o destino, conforme o quadro 1.6 a seguir.

Quadro 1.6. Indicadores de Tempo de Deslocamento dos Serviços de Transporte Público.

Qualidade do Serviço	Tempo de Deslocamento (min)		
	Total	Em Movimento	Excedentes
Excelente	< 15	< 10	< 5
Ótimo	15 a 30	10 a 20	5 a 10
Bom	30 a 45	20 a 30	10 a 15
Regular	45 a 60	30 a 40	15 a 20
Ruim	60 a 90	40 a 60	20 a 30
Péssimo	> 90	> 60	> 30

Fonte: Colin H. Alter, Transportation Research Board - 606, (TRB-1976/USA), p. 10 (veja EBTU, 1988).

Observa-se que a variação entre os níveis excelente e péssimo, em termos de tempo total de deslocamento, é de 15 minutos até 1 hora e meia. A importância destas parcelas

² Define-se como densidade de ocupação de um veículo de transporte público, a quantidade de passageiros transportados em pé em relação ao espaço útil reservado para tal finalidade, obedecendo-se a distribuição dos valores antropométricos estabelecidos para tal (vide EBTU, 1988).

de tempos, que compõem o tempo total, é percebida de forma distinta pelos diferentes tipos de passageiros, em função principalmente do nível de renda e da motivação do deslocamento.

O preço das passagens parece ser o elemento crítico para a maioria da população. Para o passageiro, o preço da tarifa é uma consequência da qualidade do serviço ofertado. De acordo com a literatura existente, duas questões se sobressaem na discussão da qualidade dos serviços de transporte público de passageiros:

- 1) o serviço ofertado vale o preço cobrado? Esta questão reflete a percepção do passageiro quanto à qualidade geral do serviço levando em conta o preço cobrado;
- 2) o passageiro encontra dificuldade para pagar o preço da tarifa? Aqui é considerado o rendimento dos passageiros em comparação com o percentual gasto em transporte.

Estas questões crescem de importância diante dos percentuais elevados de passageiros cativos do transporte público (de nível de renda mais baixo) e das metodologias utilizadas para os cálculos tarifários, que repassam aos passageiros todos os aumentos de custos [EBTU, 1988].

Portanto, a utilização de um sistema integrado nas empresas de transporte urbano de passageiros, trará para o passageiro, ganhos em termos qualitativos e quantitativos. A utilização de sistemas automatizados faz com que as empresas adquiram uma maior agilidade na elaboração de seus planos operacionais, aumentando, com isto, a capacidade de se adequar oferta de serviço à demanda, contribuindo para a redução nos custos operacionais e conseqüentemente nas tarifas.

Para a área do conhecimento, este trabalho trará como contribuição teórica, uma abordagem clara de como monitorar os indicadores determinantes para a tomada de decisão da empresa. Como contribuição prática, oferece uma Proposta de Sistema Integrado, que possibilita a centralização dos dados da empresa, gerando informações sobre o sistema em tempo real, proporcionando um controle que permite ações corretivas instantâneas sobre o sistema, além de um amplo conjunto de dados confiáveis para a fiscalização e o planejamento.

1.4. Limitações do Trabalho

Como foi ressaltado, a maior parte das empresas de transporte público no Brasil dispõe dos tradicionais sistemas computacionais, meros fornecedores de dados, e de relatórios volumosos, que na maioria das vezes têm pouca serventia para apoiar direta e dinamicamente as decisões dos gerentes.

Este trabalho se limitou a estudar o problema do transporte público, no que se refere ao controle da produção dos serviços de transporte urbano de passageiros. Este tipo de transporte é caracterizado por atender a linhas regulares de curta distância e de alta frequência, com horário e itinerário bem definidos. Neste contexto, o trabalho em questão, apresenta uma proposta que irá ao encontro das necessidades das empresas de transporte de passageiros, no que se refere à sistematização dos dados.

Um sistema de controle integrado poderá ajudar a monitorar os seguintes segmentos: empresas operadoras do serviço de transporte urbano e empresas responsáveis pela fiscalização deste serviço (poder concedente).

O tipo de limitação mencionado acima é justificável porque viabiliza, ao tomador de decisões, receber informações consistentes e apoiadas na observação sistemática da realidade da empresa, fornecendo subsídios importantes para a tomada de decisão.

1.5. Estrutura do Trabalho

Este trabalho é subdividido em seis capítulos. Neste capítulo, são feitas algumas considerações sobre o problema que será abordado, os objetivos do trabalho, a justificativa e importância discutidas sob vários aspectos, e as limitações que o mesmo apresenta.

No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão da literatura, através da qual pretende-se caracterizar o problema em estudo. Neste capítulo descreve-se o gerenciamento da qualidade e produtividade no transporte público de passageiros, dando-se ênfase ao histórico da qualidade e produtividade, qualidade e produtividade nos transportes, a evolução dos transportes no que diz respeito à tecnologia e modalidades, tendências de administração e o cenário gerencial das empresas de transporte urbano de passageiros.

Ainda neste capítulo, apresenta-se uma abordagem especial sobre a produção dos serviços de transporte de passageiros e os problemas relevantes apresentados, os indicadores de qualidade e produtividade na operação do sistema de transporte proposto na literatura, e as considerações finais.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia gráfica, obtida do CEP (Controle Estatístico do Processo), para acompanhar e avaliar os indicadores de qualidade e produtividade.

No quarto capítulo apresenta-se o sistema de controle de indicadores proposto para as empresas de transporte urbano de passageiros. Neste capítulo apresentam-se as considerações iniciais; uma abordagem sucinta sobre base de dados relacionais; modelo proposta para a base de dados de operação do sistema de transporte; a estrutura do sistema de controle de indicadores, compreendida da visão geral do sistema, estrutura da base de dados de indicadores, cálculo dos indicadores e o módulo de controle; a dinâmica operacional do sistema e conclui-se com as considerações finais.

No quinto capítulo, é apresentada a validação para o sistema de controle proposto, através de uma simulação, com a qual é mostrada sua funcionalidade, e incluindo-se uma análise dos resultados apresentados.

No sexto capítulo, tratam-se as conclusões e recomendações de algumas sugestões para trabalhos futuros, e finalizando com a bibliografia.

Capítulo II

2. Gerenciamento da Qualidade e da Produtividade no Transporte Público de Passageiros

2.1. Considerações Iniciais

Transportar é uma atividade indispensável que viabiliza a realização de inúmeras outras atividades humanas. No seu sentido amplo, transporte pode ser entendido como um facilitador das interações humanas, entendendo-se aí, desde a comunicação até trocas comerciais de bens. Nesta ótica convergem as tecnologias de comunicação com as de transporte. Em um sentido mais restrito, transporte é o provedor de movimentação de bens físicos ou pessoas [LIMA JR.,1995].

A necessidade de transporte deriva da necessidade de participação das pessoas nas diversas atividades da sociedade, sendo afetada pela distribuição espacial das mesmas e por suas características temporais, conectando atividades separadas espacial e temporalmente, vencendo distâncias e consumindo tempo [STRAMBI, 1991].

Particularmente, o sistema de transporte coletivo urbano é uma atividade inquestionavelmente importante para as cidades, sendo exercida em sua grande maioria por ônibus. Tais veículos circulam diariamente pelas ruas e representam a parte visual ao público de um sistema muito amplo, complexo e diversificado. Nos bastidores deste sistema estão as garagens com suas equipes de manutenção e apoio, o pessoal administrativo e uma série de equipamentos e instalações, sem os quais o sistema não tem como proporcionar um serviço satisfatório.

A real dimensão da importância deste serviço, entretanto, somente pode ser avaliada na medida em que se considere a garantia do direito de se locomover em busca do trabalho, compras, cultura e lazer, às pessoas que dele usufruem. Sabe-se, também, que as características dos sistemas de transportes são condicionantes da qualidade do serviço prestado.

Formas de planejar, projetar e controlar as atividades de transportes, com ênfase na produção dos serviços, isto é, em termos de unidades técnicas, custos e produtividade, têm sido assunto amplamente abordado na literatura. No entanto, a forma operacional de realizar estas ações direcionadas ao mercado, levando-se em conta se as atividades de transportes atendem às expectativas dos passageiros, gerando os benefícios demandados, é assunto ainda pouco explorado [LIMA,1996] e [LIMA JR., 1995].

Com o objetivo de caracterizar o contexto em que está inserido este trabalho, são abordados neste capítulo, aspectos referentes ao histórico da qualidade, à evolução dos sistemas de transportes, às tendências no gerenciamento destes sistemas e referentes aos indicadores de qualidade e produtividade, conforme levantamento bibliográfico realizado.

2.2. Histórico da Qualidade e Produtividade

A evolução das empresas pode ser agrupada em cinco fases distintas, associadas à Produção, Distribuição, Marketing, Qualidade e Serviço [DAVIS; MANRODT, 1991]. A primeira fase teve origem na Revolução Industrial, sendo caracterizada pela sua grande ênfase na produção e a implementação de conceitos como: especialização do trabalho, padronização, intercâmbio de componentes e utilização de linhas de montagem.

Até o limiar do século XIX, a presença da figura do artesão controlando todas as etapas de produção, desde a obtenção de recursos até o produto final, associava aos processos produtivos existentes características não industriais. O cliente também participava das inspeções, de forma semelhante ao que ocorre hoje nas feiras livres [JURAN, 1990].

Com o início da revolução industrial, surge a figura do supervisor, que de forma semelhante aos mestres de ofício da Idade Média, assume o controle da qualidade, embora a responsabilidade direta pelo defeito do produto continue sendo do empregado que o produziu. Com o “taylorismo” e a especialização do trabalho, as funções de supervisor e de inspetor da qualidade são desmembradas, surgindo áreas específicas voltadas para a correção de defeitos.

A fase seguinte foi a de resolução dos problemas de acessibilidade dos clientes aos resultados da produção, sendo que a partir de 1800, os esforços empresariais começaram a se direcionar principalmente para a criação e expansão de canais de comercialização e de distribuição dos produtos, caracterizando a fase de expansão dos mercados [DAVIS; MANRODT, 1991]. Em seguida, as duas grandes Guerras Mundiais, e demais condicionantes da época, provocam alterações nos níveis e nos comportamentos das demandas, obrigando as empresas a adotarem uma nova postura, face ao mercado e à concorrência. Inicia-se a fase do marketing, passando-se a produzir conforme as preferências do mercado, utilizando-se os desejos dos clientes como subsídios para o planejamento da produção, que procura atender consumos de massa.

O moderno controle de qualidade, calcado em bases científicas, foi introduzido com o conceito de produção em massa. O Controle Estatístico de Processos – CEP, que é uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas visando auxiliar no controle de qualidade, teve origem com os trabalhos de SHEWHART nos Laboratórios Bell, na década de 1920, o qual propôs o uso dos gráficos de controle [RAMOS, 2000]. Com a Segunda Guerra Mundial e o desenvolvimento das técnicas de controle estatístico de processos e de amostragem, inicia-se a inspeção parcial da produção, com a preocupação mais preventiva com a capacidade dos processos, a detecção das causas dos defeitos e a confiabilidade dos sistemas.

No pós-guerra, face à carência de produtos nos mercados, diminuem novamente as preocupações com o aspecto qualidade, priorizando-se volumes e prazos para, em seguida, retornar com o enfoque de conformidade com as especificações.

Nesta época surge a ASQC - Sociedade Americana de Controle da Qualidade. A partir daí os conceitos de qualidade são expandidos, incorporando aspectos de gestão e de relações humanas. Saem do âmbito apenas produtivo e consolida-se o enfoque preventivo, no chamado TQC - Controle Total da Qualidade [FEIGENBAUM, 1986].

Com a estabilização dos mercados e com os níveis de concorrência cada vez maiores, foi natural o surgimento de uma nova fase, onde a ênfase passou a ser a qualidade dos produtos, vista como sendo a adequação ao uso [JURAN, 1974]. O Japão foi um dos primeiros países a se diferenciar neste aspecto, sendo hoje tendência mundial.

Nesta nova fase, quatro conceitos assumem grande importância para as empresas: a habilidade de distribuir benefícios com ou sem bens físicos; o foco no processo de entrega do benefício e não no projeto do produto; o desenvolvimento de uma orientação empresarial dupla levando em conta não só o produto mas também o serviço associado; e a agilidade de respostas da organização através do diagnóstico da linha de frente, junto ao cliente, em vez de planejamento centralizado [DAVIS; MANRODT, 1991].

Esta nova face apresenta algumas particularidades. GIARINI [1986] destaca a maior importância do risco na tomada de decisão e nas escolhas dos consumidores face à intangibilidade dos serviços e ao aumento da complexidade nas relações entre empresas.

Em termos de demanda, a crescente sofisticação tecnológica leva o cliente a tomar consciência de que o valor do produto está relacionado mais à função do que à forma, crescendo a aquisição de pacotes compostos por produtos e serviços associados (manutenção, treinamento, etc.).

O interesse pela qualidade dos serviços, teve um grande crescimento a partir da década de 80, com seus conceitos passando a ser explorados e incorporados nas áreas de marketing, de administração e operação de serviços [GRONROOS, 1990]. Até esta época os grandes esforços estiveram centrados na qualidade dos bens físicos, como se pode constatar na extensa literatura disponível sobre o assunto.

Podem ser identificadas três linhas básicas de desenvolvimento de estudos e ações práticas em termos de qualidade de serviços [LIMA JR, 1995]: a) a primeira dessas linhas tem origem em meados da década de setenta, com o marketing de serviços e está baseada na qualidade percebida pelo cliente; b) a segunda linha de abordagem, próxima à anterior e com origem nos países escandinavos, está voltada para os incidentes críticos no relacionamento entre os clientes e serviços, e é baseada na importância da interação entre eles; c) a terceira, trata o problema da qualidade de serviço, sob o enfoque do controle e garantia da qualidade. No mundo inteiro têm sido adotados diferentes modelos de gerenciamento, na busca de melhor produtividade e qualidade. Os países do mercado comum europeu, por exemplo, adotam estratégias baseadas na ISO Série 9000;

os americanos tendem a utilizar o TQM – Total Quality Management, enquanto os japoneses adotam o CQTE – Controle de Qualidade por Toda a Empresa.

No Brasil a busca por melhor produtividade e qualidade foi motivada pela competição internacional em bases tecnológicas. Tal contexto induziu o Governo Federal a propor à sociedade o PBQP - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, cujo objetivo é estabelecer um conjunto de ações indutoras da modernização tecnológica, onde se prevêem ações voltadas à conscientização e motivação dos dirigentes empresariais.

Nesta busca, cada vez mais o foco de preocupações das empresas vem se deslocando dos aspectos produtivos para aspectos do seu ambiente, até por uma questão de sobrevivência. Este deslocamento vem ocorrendo de forma gradual, com o passar do tempo, e vem provocando mudanças no enfoque da administração das empresas, principalmente nas atividades gerenciais.

2.3. Qualidade e Produtividade nos Transportes

A demanda mundial no setor de serviços vem crescendo em quantidade, qualidade e sofisticação, sendo este um setor muito importante para as economias mais avançadas [PORTER, 1990]. Em particular, os setores de transporte, de turismo e de seguro são os primeiros a participarem de mercados com dimensões internacionais.

Especificamente nos serviços de transporte, até hoje os grandes impactos em termos de melhoria da eficiência e da qualidade estão associados aos aspectos tecnológicos, e foram obtidos pelo aprimoramento dos veículos existentes, pela melhoria das vias e redes de ligações, e pelo desenvolvimento de novos modos de transporte [BOWERSOX et al., 1981].

A qualidade no transporte público tem sido, nos últimos anos, alvo de diversos estudos nas empresas operadoras e órgãos gestores, ambos buscando, através da qualidade, capacitar seu serviço, mantendo e ampliando o seu mercado de atuação. Associada inicialmente a níveis de serviços e a variáveis econômicas do sistema, a qualidade durante duas décadas, expressou somente os anseios das operadoras do sistema de transporte público e de seus órgãos gerenciadores, passando a partir da década dos anos 90, a ser tratada amplamente, agregando também os parâmetros de qualidade pela visão

dos passageiros, ou seja, extrapolando o campo operacional e incluindo os desejos e as necessidades da sociedade. Com isto as empresas operadoras do transporte público destacaram-se quanto à reorganização da sua estrutura administrativa, buscando na qualidade de seus processos, o mecanismo de redução de seus custos operacionais.

A percepção da qualidade pelos passageiros, tem caminhado de um plano secundário para um plano superior, tanto nos órgãos gestores como nas empresas operadoras, mostrando que o assunto qualidade não é somente quantitativo, mas também qualitativo, na medida em que procura satisfazer ao passageiro. Normalmente, a percepção em relação à qualidade tende a ser objetiva quando se refere a produtos [SOUSA; CAMPOS, 1993]. Porém, quando o assunto é a prestação de serviços, as preocupações associadas à administração revestem-se, em geral, de subjetivismo e adjetivismo. No setor de transporte público é fundamental a fixação e o acompanhamento de indicadores precisos, atrelados, também, aos processos e atividades de suporte componentes do serviço em todas as etapas de execução.

A qualidade dos serviços de transporte, tanto de passageiros quanto de cargas, por muito tempo foi considerada como um condicionante do processo a ser atendido, sendo recente as abordagens enfocando a qualidade como dimensão estratégica e competitiva. No transporte coletivo urbano, a partir da década de setenta, cresceram as preocupações em relação a desempenho, e dentre as medidas consideradas estava a qualidade [LIMA JR, 1995]. Neste sentido, a ênfase sempre foi mais para os aspectos internos das empresas e para os parâmetros técnicos da operação. Esta tendência perdurou até os anos noventa, quando, principalmente o setor metroviário, passou a dar maior importância para a satisfação do passageiro como cliente de um serviço público e para a imagem da empresa como boa prestadora de serviços.

Em 1992 foi realizada pelo IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, e pela ANTP - Associação Nacional de Transporte Público, uma pesquisa sobre o atual estágio da qualidade e da produtividade no transporte público junto às empresas operadoras, gestoras e instituições de ensino no Brasil e no exterior [LIMA et al., 1992]. Embora a grande maioria das empresas pesquisadas afirme possuir programas de qualidade e de produtividade, conclui-se pelos demais elementos da pesquisa, que os programas estão em fase inicial e que a ênfase ainda é para os aspectos operacionais e internos às

empresas e com destaque para a produtividade [LIMA JR, 1995]. Por exemplo, o indicador mais utilizado pelas empresas privadas como medida de qualidade e de produtividade é o IPK (Índice Passageiro Quilometro), enquanto que nas empresas públicas é a relação entre viagens realizadas e viagens programadas. Já nas empresas metroviárias, é o índice de utilização da frota, não havendo em nenhuma delas a valorização da opinião dos passageiros na avaliação dos serviços. Segundo a ótica das empresas, o atributo mais importante para a qualidade dos serviços é a pontualidade e o comportamento do motorista e do cobrador.

2.4. Evolução dos Transportes

O Brasil passa atualmente por um momento crítico e ameaçador para o futuro e a estabilidade dos serviços de transporte público urbano, caracterizado principalmente, pelo crescimento da utilização de automóveis privados, que atuam como limitadores da fluidez circulatória e contribuem para o baixo desempenho operacional dos veículos dos serviços de transporte público. Isto tem sido agravado ainda pelo aparecimento e crescimento do transporte informal na maioria das cidades brasileiras. A atual política de incentivo à indústria automobilística nacional e, conseqüentemente, da utilização do automóvel privado como meio de transporte, vem agravar este quadro [AFFONSO, 1999].

Vários fatores estão contribuindo para a queda da demanda: o uso acentuado dos automóveis, devido às facilidades de sua aquisição, estabilização dos preços de combustíveis, surgimento dos transportes clandestinos, entre outros. A combinação destes fatores traz como resultado, a disputa pelo espaço viário e pelos passageiros, de uma forma caótica [BODMER; SÁ, 1997] e [CEDEÑO; BODMER, 1998]. A conseqüência natural é o aumento do contingente de pessoas insatisfeitas com o transporte público, que optam por outras alternativas, sejam elas individuais (automóveis, moto, bicicleta ou caminhada) ou coletivas. Entre as alternativas coletivas, pode-se observar o uso de alternativas regulamentadas (ônibus executivos) e não regulamentadas (vans).

Em pesquisa recentemente realizada pela Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos [NTU – URBANO, 1999], os dados mostram que o transporte informal se estabeleceu em praticamente todas as capitais brasileiras, e que na opinião

dos gestores de transporte urbano, o desemprego, a oferta deficiente e a falta de fiscalização, são as principais causas de sua proliferação. Por outro lado, quando se verifica a existência de transporte informal em mercados explorados pelo transporte regulamentado, isto evidencia que o serviço ofertado não atende satisfatoriamente as necessidades de deslocamento da população usuária. Esse argumento é fortalecido pelo fato de que 80% dos passageiros deste transporte são oriundos do setor formal, anteriormente atendido por ônibus (72 %) e táxi (8 %) [OLIVEIRA JUNIOR; BARROS, 1998].

Há perspectivas de surgimento de novas modalidades de transporte, devido às novas concessões nas grandes metrópoles, maior uso de automóveis, maior incidência das viagens a pé e de outros modos alternativos, evidenciando as alterações na configuração dos mercados locais [CEDEÑO; BODMER, 1998]. Este comportamento deve ser levado em consideração ao se definir modelos de gerenciamento não só do sistema que cabe ao poder público, mas também das empresas concessionárias. Certamente, os princípios básicos que deveriam nortear esta definição são a flexibilidade, a rapidez na resposta às necessidades de viagens e a complementariedade modal.

Enfim, o mercado de transporte público é o resultado da dinâmica dos tempos atuais, nos quais mudanças importantes estão acontecendo. Os passageiros do transporte público tornam-se mais exigentes, requerendo das empresas operadoras, e do poder público concedente, adaptações nos seus modelos de gestão, que devem ser orientados à satisfação das novas demandas por transporte.

2.5. Tendências de Administração

O discurso das empresas de transporte urbano de passageiros, retratando a filosofia empresarial, enfatiza as idéias de grande família, de valorização dos recursos humanos e de política de portas abertas. No entanto, as práticas gerenciais nem sempre comprovam o discurso, podendo muitas vezes ser identificadas mais com o paternalismo do que com relações de trabalho modernas [SIQUEIRA et al., 1995] e [BERNHOEFT, 1989].

As preocupações, associadas com a administração dos serviços de transportes e com a obtenção de melhorias a partir da gestão dos sistemas, são recentes [LIMA JR., 1995]. Por exemplo, a função logística só começa a se consolidar a partir da década de

cinquenta [BOWERSOX et al., 1981]. É nesta época também que os transportes públicos adquirem estruturas operacionais e administrativas semelhantes às atuais [BRANCO, 1981].

Observando a história da administração de empresas, constata-se a mudança do foco gerencial através dos anos, nos diferentes setores econômicos no mundo inteiro, começando pela busca de eficiência na produção, passando por questões de marketing, de qualidade e chegando ao valor do cliente [FERNANDES; BODMER 1997] e [CEDEÑO; BODMER 1998].

Diversas teorias administrativas têm procurado identificar as variáveis mais importantes a serem gerenciadas, com o intuito de obter os resultados desejados. Desta forma, as empresas procuram manter o seu equilíbrio, lidando com essas variáveis sob a influência do ambiente geral, por definição exógena [CHIAVENATO, 1994]. De acordo com a mesma referência, existem cinco variáveis básicas, através das quais se configuram as diferentes teorias da administração, são elas: as tarefas, a tecnologia, as pessoas, o ambiente (de tarefas e o geral) e a estrutura.

Pensando no futuro das empresas e na sua administração, pode-se dizer que a tendência será equacionar essas variáveis para obter a produtividade máxima e o equilíbrio sob as condições dinâmicas do ambiente externo à empresa, ou seja, do mercado, do contexto econômico, urbano, social e político no qual elas se inserem, surgindo então uma questão chave para a gestão das empresas: a adaptação [CEDEÑO; BODMER, 1998].

A combinação de fatores externos à empresa está propiciando as condições para acelerar as mudanças necessárias nos modelos de gestão postos em prática até agora [BODMER, 1997]. Neste contexto, pode-se perguntar qual a abordagem que as empresas devem adotar para serem capazes de responder às necessidades de mercado. Uma das respostas está no gerenciamento do serviço conduzido e influenciado pela ótica mercadológica, na qual a premissa básica é buscar a satisfação dos consumidores, preservando as condições de eficiência e de rentabilidade econômica das empresas. Apenas aquelas empresas capazes de transformar-se mais rapidamente para responder às mudanças dos mercados nos quais estão inseridas, terão a oportunidade de se preservar. Além da necessidade de adaptação surgem outros desafios para as empresas, dos quais merecem

destaque: a busca da *eficiência*, a capacidade de *concorrer*, de introduzir a *tecnologia* mais *avançada*, de *globalizar os negócios* e de manter a *visibilidade* no mercado [CHIAVENATO, 1994].

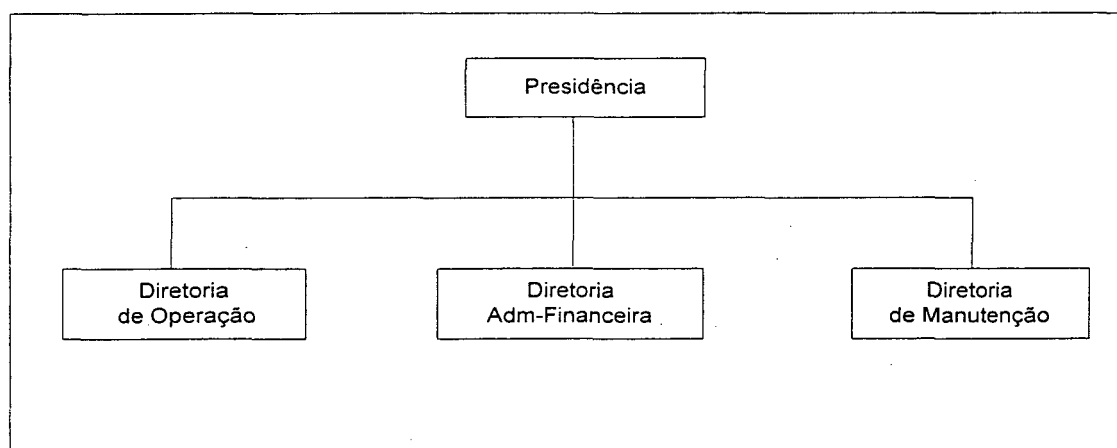
Para melhor atender à comunidade usuária dos serviços de transporte vem-se investindo, mesmo que timidamente, na modernização dos métodos de gestão. Os principais investimentos têm-se dado na área de informatização (aquisição e desenvolvimento de software), no treinamento de pessoal e na ampliação e modernização da oferta de serviço. A descentralização do processo decisório e gerencial vem buscando atender melhor às necessidades urbanas locais, estabelecendo, sempre que possível, parceria com o setor privado. Atualmente, as empresas operadoras encontram-se em fase de transição de sua estratégia administrativa devido à crescente desregulamentação e a concessão de serviços de transporte público [BERTOZZI e LIMA JR. 1998], passando da estratégia reativa (respostas despreparadas e improvisadas, com baixa eficiência) para uma estratégia analítica e em alguns casos defensiva, com alteração de seu perfil organizacional e agregação de tecnologia e qualidade para a manutenção e busca de novos mercados.

Diante da perspectiva de desregulamentação do mercado, privatização e concessão dos serviços de transporte, a qualidade passou a ser um dos mecanismos de controle e remuneração do serviço. As empresas operadoras têm buscado a sua capacitação através do aumento de eficiência de seus processos internos, da agregação de variáveis de qualidade (internas e externas) e, principalmente, da interação com o passageiro do sistema de transporte público. Conforme trabalho realizado pelo IPEA e pela ANTP, publicado na Revista dos Transportes Públicos [AFFONSO, 1999], a participação popular vem aumentando, sendo os Conselhos de Transporte (municipais ou metropolitanos) e a Câmara de Vereadores as instituições mais representativas da participação popular. Além disto, existem os serviços de atendimento ao passageiro, que recebem e tomam providências em relação a problemas relatados pela comunidade. Reuniões com as associações de bairros e representações associativas são outras formas de participação.

A empresa deverá conhecer melhor os seus mercados para se adaptar mais rapidamente as necessidades dos passageiros e porque não, induzí-los a novas necessidades de

transporte através da diferenciação do serviço. Portanto, é necessário desenvolver um novo estilo gerencial não só do operador, mas também do poder público, que deve reconhecer a importância da flexibilização, no sentido de dar respostas mais rápidas às modificações nas atividades urbanas e nas exigências por transporte do mercado [CEDEÑO; BODMER, 1998]. As empresas de transporte coletivo, em sua evolução, passam da forma artesanal e familiar para a forma profissional, separando a propriedade da gestão, por meio de critérios técnicos, político e institucionais e implementando a divisão técnica do trabalho entre o pessoal administrativo e operacional. Além desta evolução, a empresa de transporte coletivo de passageiros por ônibus se vê entre a regulamentação do poder público e das pressões dos passageiros; devendo manter uma estrutura organizacional coesa com seus objetivos capitalistas [HENRY, 1992] e [CRUZ, 1995]. As empresas de transporte urbano de passageiros apresentam, em geral, uma estrutura organizacional conforme mostra a figura 2.1.

Figura 2.1. Estrutura Formal das Empresas - organograma.



Fonte: Figueiredo, [1993].

Entretanto, tal estrutura organizacional não se aplica à maioria das empresas [FIGUEIREDO, 1993]. Na realidade a organização funcional ainda apresenta traços do gerenciamento familiar, onde as decisões estão centradas na figura do dono da empresa e são cumpridas pelos encarregados de cada atividade do processo produtivo. As decisões, independentes da estrutura hierárquica, estão centradas na cúpula e, no máximo, o segundo escalão tem a liberdade parcial para tomar decisões sobre assuntos que dizem respeito apenas a seus setores. Esta situação deixa claro que seu cargo de

chefia é apenas uma posição de status dentro da empresa, já que é normalmente ocupado por um parente próximo ou por pessoas que inspirem confiança e lealdade.

2.6. Cenário Gerencial

Observa-se que a organização das empresas de transporte urbano de passageiros, na sua grande maioria é tradicionalmente familiar, cuja origem obedece ao modelo prevalente na América Latina. Neste modelo, o fundador inicia o negócio individual com um veículo de tecnologia rudimentar guiado por ele próprio, embasado numa cultura de poder predominantemente tradicionalista, com produção mecanicista, onde o trabalhador deve desenvolver mecanicamente suas tarefas. Este modelo, sem a possibilidade de contribuir para a melhoria da qualidade do serviço está, desde a década de 80, em processo de profissionalização, sob o comando da segunda e terceira geração [FIGUEIREDO, 1993]; [BORGES; BODMER, 1995] e [SIQUEIRA (b), 1997].

Entretanto, permanecem coexistindo três tipos de realidade no que se refere ao desenvolvimento organizacional e gerencial da empresa de transporte urbano de passageiros.

O primeiro é caracterizado por empresas cujo comando está na mão da primeira geração de proprietários, ou de seus descendentes, que assumiram o comando dentro de um processo de sucessão direta, sem introduzirem novas tecnologias organizacionais. Constata-se na verdade, a existência de uma estrutura organizacional conservadora, caracterizada por um estilo de gerência autoritária e coercitiva, que resulta num sistema de comunicação precário. Carregado de ordens voltadas para execução de tarefas, não apresenta preocupação com a interação dos diversos elementos do processo de produção.

O segundo tipo é caracterizado por aquelas empresas em que os administradores assumiram o comando dentro de um processo de sucessão direta (filhos, netos, sobrinhos, genros, etc), porém com uma formação profissional e tecnológica mais qualificada que a de seus antecessores. Neste caso, percebe-se um processo de profissionalização, evidenciado pela introdução de algumas práticas administrativas mais racionais e menos personalizadas. Neste tipo de empresa observa-se um estilo de gerência menos conservador, com maior grau de delegação de poder a nível operacional

e com visão mais abrangente e sistêmica dos processos, em busca de melhores resultados com o serviço ofertado pela empresa.

Mais recentemente, observa-se um novo perfil de empresa, caracterizado por uma administração estritamente profissional, desvinculada dos laços familiares tradicionais. Segundo este perfil, os administradores são contratados pela empresa junto ao mercado de trabalho, os quais passam a assumir a responsabilidade por todas as decisões tomadas, perante os acionistas da empresa.

2.7. Caracterização do Sistema de Transporte Público de Passageiros

Do ponto de vista mais geral possível, uma empresa de prestação de serviços de transporte de passageiros pode ser vista como um sistema que transforma recursos de entrada (veículos, pessoal, equipamentos, recursos financeiros e informações) em serviços que atendem as necessidades de deslocamento de pessoas (transporte de qualidade e informações). Conforme a figura 2.2, para garantir esta transformação o processo de produção dos serviços de transporte de passageiros, compreende três componentes: o planejamento, a execução e o controle.

2.7.1. Planejamento

Em relação ao planejamento, informações obtidas da execução alimentam modelos de tomada de decisão, os quais determinam a forma como os recursos disponíveis (capital, pessoal, material e equipamento) serão aplicados. O conhecimento dos administradores sobre o processo de produção, os modelos matemáticos para representação dos problemas do planejamento, as técnicas de otimização e os softwares, são alguns dos meios utilizados para viabilização deste componente. Neste sentido existem diversos trabalhos publicados [CRUZ, 1991], [MAYERLE,1996]; [CRUZ, 1998]; [COELHO, 1998]; [NAPIERALA, 1999] e [TRAMONTIN, 2001]. Tais trabalhos referem-se ao planejamento da oferta, a problemas de alocação de veículos, alocação de condutores, geração de escalas diárias e semanais de trabalho, definição de estratégias de manutenção e substituição de equipamentos, estratégias de recrutamento de pessoal, entre outros.

A importância do planejamento está em encontrar soluções para atender à realização dos deslocamentos de pessoas, eliminando os trajetos não satisfeitos ou satisfeitos inadequadamente, evitando situações críticas e suas conseqüências prejudiciais antes que aconteçam.

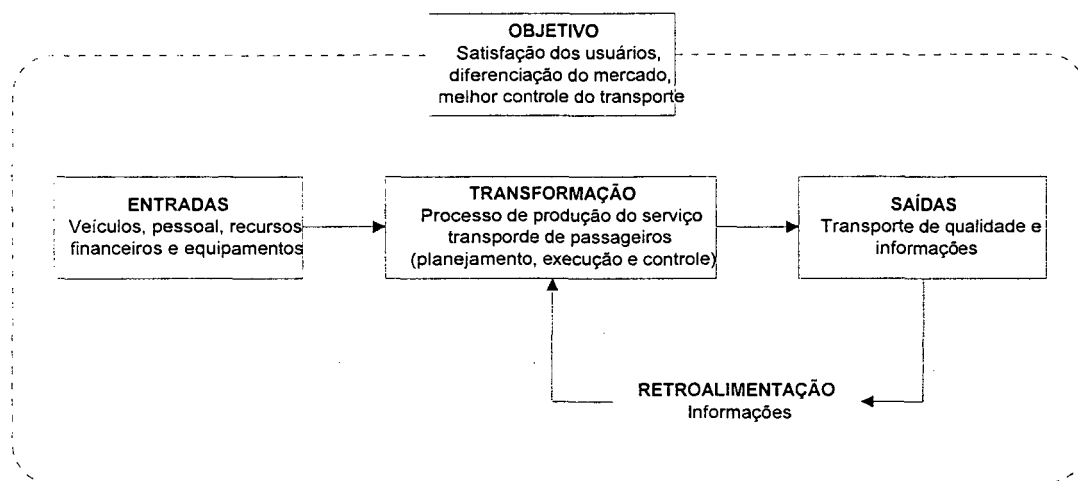


Figura 2.2. Representação do sistema, adaptado para empresas de Transporte Público de Passageiros [Oliveira, 1997].

2.7.2. Execução

A execução corresponde à produção dos serviços de transporte de passageiros propriamente dito. Conforme mostra a figura 2.3, ocorrem três ciclos de produção: o ciclo do passageiro, ciclo dos condutores e o ciclo do veículo.

a) Ciclo do passageiro:

O deslocamento diário de um indivíduo de sua residência para o local de trabalho (ou escola, compras, lazer, ou ainda outros serviços) implica uma seqüência de etapas com características próprias de freqüência, tempo de viagem e conforto. Para realizar uma viagem, é necessária a alocação de um veículo e uma dupla de condutores composta por um motorista e um cobrador³. O passageiro inicia o processo ao tomar o veículo que lhe interessa, paga a tarifa, realiza a viagem e, ao chegar no destino, deixa o veículo. Esta operação poderá ser repetida sempre que houver necessidade. É neste ciclo que reside a

³ Em alguns casos, dependendo do sistema de arrecadação, poderá ser facultada a presença do cobrador. O uso de sistemas eletrônicos de cobrança, a utilização de sistemas de transporte com plataformas de

razão da existência do sistema de transporte público, o qual deve garantir aos passageiros o deslocamento de uma origem para um destino, em conformidade com os padrões determinados pelo órgão fiscalizador (poder concedente).

b) Ciclo dos condutores:

O ciclo dos condutores inicia com o recrutamento, contratação e treinamento. Realizada esta etapa, os condutores encontram-se disponíveis para a operação. Os condutores entram no processo de produção iniciando a jornada de trabalho⁴ com a alocação de uma primeira viagem. Ao término desta, voltam novamente para o estado de disponibilidade, aguardando pelo início de uma nova viagem. Isto se repete, até que o momento em que os condutores saiam para realizar um intervalo de descanso⁵, podendo voltar novamente a realizar viagens na seqüência. Após um certo número de ciclos, e completada a jornada de trabalho diária, a dupla é liberada para o descanso diário. Excepcionalmente, os condutores podem permanecer no sistema cumprindo escala de trabalho em horas-extras⁶.

c) Ciclo do veículo:

O ciclo do veículo inicia com a aquisição, quando passa a ficar disponível na garagem. Antes de sair da garagem, o veículo é inspecionado, abastecido e limpo. Ao sair da garagem é alocado em uma seqüência de viagens, onde para cada viagem é associado um local e instante de início e um local e instante de término. Ao finalizar a seqüência, retorna à garagem de origem para novamente ser abastecido, limpo, etc. Após atingir um certo número de quilômetros rodados, o veículo é encaminhado à manutenção para

acesso controladas, bem como os casos em que a cobrança é feita pelo próprio motorista, são casos típicos em que o cobrador é dispensado.

⁴ De acordo com a CLT, a duração normal de trabalho, para empregados de qualquer atividade privada, não poderá exceder de oito horas diárias. Entretanto, as empresas que tenham horário inferior, não poderão aumentar esse horário se essa concessão ou liberdade existe de longo tempo. Qualquer dilatação de horário neste caso, mesmo respeitando o limite de oito horas é considerado como sendo serviço extraordinário [CARBONELL, 1971].

⁵ Além do descanso semanal de 24 horas consecutivas e que deverá coincidir com o domingo, salvo motivo de conveniência pública ou necessidade extrema de serviço, estabelece a legislação brasileira períodos para repouso e alimentação dentro de uma mesma jornada de trabalho e também entre uma e outra. Para qualquer trabalho com duração contínua acima de seis horas, é obrigatória a concessão de um intervalo para repouso e alimentação, com duração mínima de uma hora [MAYERLE, 1996].

⁶ Esta duração do período de trabalho poderá ser prorrogada por meio de acordo entre empregador e empregados, ou em casos de excessiva necessidade. Esta prorrogação poderá se dar até o limite de 10 horas diárias ou 60 horas semanais, sendo as horas suplementares remuneradas acima do valor da hora normal [CARBONELL, 1971].

avaliar a situação operacional em que se encontra. Feita a manutenção no veículo, e certificando-se que o mesmo se encontra dentro dos padrões de operacionalidade, ele volta a integrar novamente a frota disponível para operação. Após a vida útil do veículo na empresa, o mesmo deixa a frota, sendo substituído por um veículo novo ou em melhores condições de uso.

É fundamental que nesta etapa sejam realizados os controle necessários para que o planejamento seja seguido sem desvios, e na eventualidade destes ocorrerem, que seja providenciado a reparação dos mesmos o mais prontamente possível.

Os ciclos descritos anteriormente geram informações importantes para o controle da empresa, entre elas:

Do *ciclo de condutores*, são anotadas as informações sobre o trabalho dos condutores, quais sejam: início e término da jornada diária de trabalho, incluindo tempo para repouso e alimentação, períodos de descanso regulares semanais, horas-extras trabalhadas, enfim, tudo que diz respeito ao registro de horas trabalhadas (registro de ponto) do pessoal.

Do *ciclo do veículo* são anotadas as informações pertinentes ao dia-a-dia do veículo, tais como: abastecimento de combustível, horário, catraca e quilometragem de saída e chegada na garagem, viagens realizadas, manutenção, substituição de peças, horas de manutenção, estado de conservação, consumo de pneus, serviços terceirizados, entre outros.

Sistema de Produção do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros por Ônibus

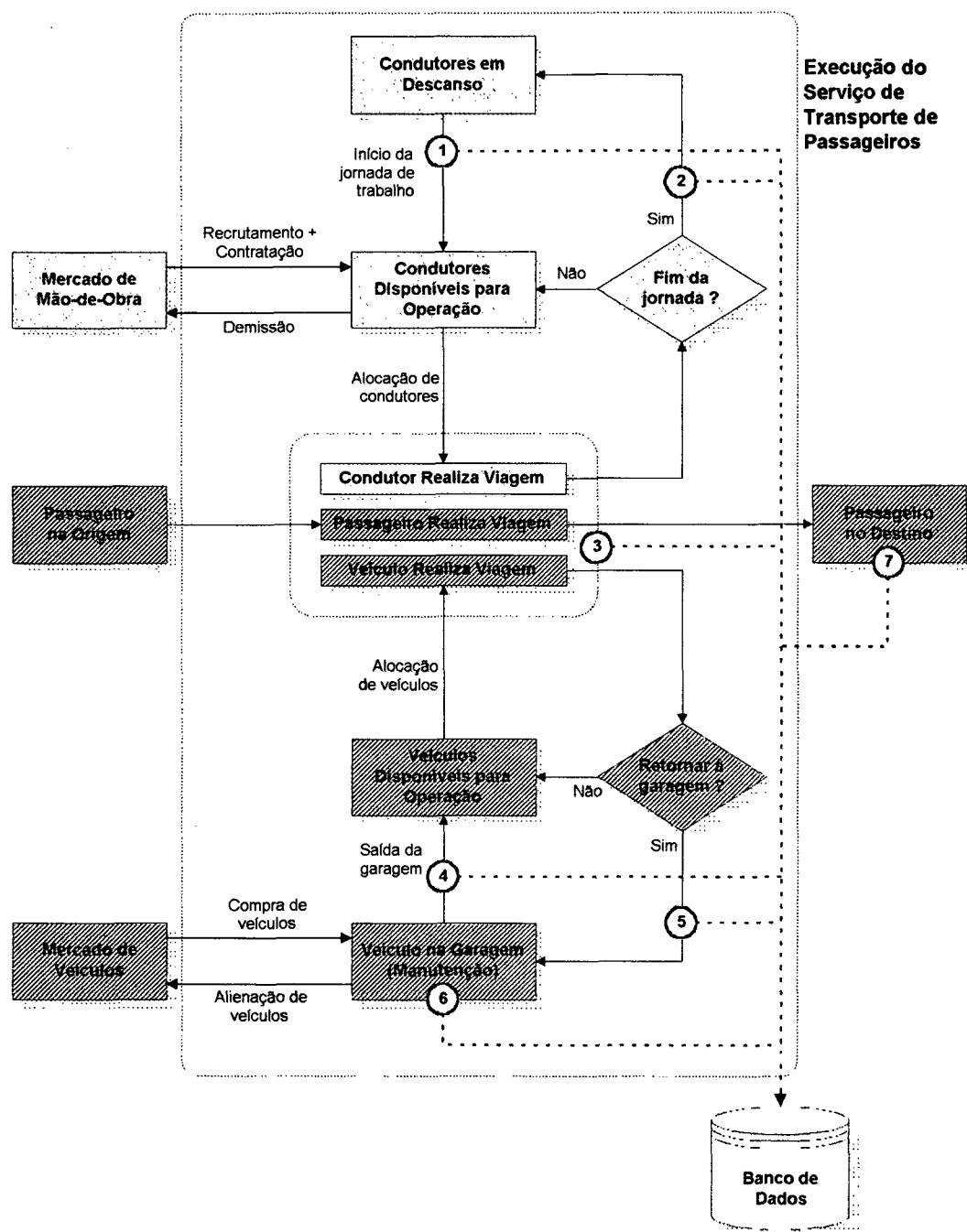


Figura 2.3. Representação do processo de produção do serviço de transporte de passageiros, com os respectivos pontos de coleta de dados: (1) e (2) registro de início e término da jornada de trabalho; (3) registro das viagens realizadas; (4) e (5) registro de saída e retorno de veículos à garagem; (6) registro de abastecimentos e manutenção; e (7) registro de reclamações de passageiros.

Além disto, para cada viagem realizada são geradas informações individualizadas, tais como: horários de saída e chegada, passageiros transportados, tempo de viagem,

distância percorrida, gratuidades (idosos e outros), quantidade de pagantes, de vale transporte e de passes, número do veículo, dupla de condutores, registros de reclamações e/ou sugestões dos passageiros e outras ocorrências.

Ao término de cada ciclo, as informações pertinentes são enviadas para um banco de dados. Estas informações, resultantes do processo de produção do serviço de transporte de passageiros caracterizam a qualidade e a produtividade dos serviços prestados aos passageiros. Estas informações, por sua vez, são dados de entrada para a componente de planejamento, e correspondem às informações de retroalimentação apresentadas na figura 2.2.

2.7.3. Controle

Com as informações geradas pelo processo de produção dos serviços de transporte de passageiros, a empresa de transporte poderá acompanhar, avaliar e corrigir a execução do serviço. É neste componente que se aplica a proposta deste trabalho, que se baseia no uso de ferramentas do CEP (Controle Estatístico do Processo) para desenvolvimento do *Sistema de Controle de Indicadores*.

2.8. Problemas Relevantes na Operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros

Em se tratando da produção do serviço de transporte de passageiros, não se pode deixar de levantar alguns problemas especiais inerentes ao processo, que muito frequentemente contribuem para um desempenho operacional não satisfatório na opinião dos passageiros, como por exemplo: realização de viagens com atrasos, viagens não realizadas e quebra de veículos no transcorrer da viagem, dentre outros.

Em geral, solucionar tais problemas exige maiores cuidados, tanto na elaboração do planejamento, no que se refere à determinação das frequências, definição da tabela de horários, alocação da frota e alocação de pessoal (condutores), como no planejamento e controle da manutenção da frota, observando rigorosamente os prazos para realização das manutenções previstas pelos fabricantes dos veículos.

Diversos fatores são condicionantes ao processo de produção do serviço de transporte de passageiros, entre os quais pode-se assinalar [MAYERLE, 1997]:

- a) o desequilíbrio entre a oferta e a demanda de forma cíclica ao longo da semana e sazonal ao longo do ano;
- b) as demandas por transporte são derivadas de outras demandas, isto é, "a atividade de transporte, normalmente, é parte de uma cadeia de eventos, cujo interesse do cliente está no resultado final dessa cadeia e não apenas na atividade transporte", ou seja, os fluxos de passageiros são função, por exemplo, do nível de atividade econômica da região onde o sistema atua;
- c) o ajuste da capacidade das instalações de produção do serviço é responsabilidade das empresas operadoras, porém é condicionado pela decisão e responsabilidade de outros agentes (como por exemplo a rede viária, o controle do tráfego urbano, entre outros);
- d) o consumo do serviço de transporte ocorre simultaneamente ao momento de sua produção (só existe enquanto é consumido) e em locais públicos, fora de local pertencente ao passageiro e fora das instalações fixas das empresas operadoras. Isto acarreta uma dificuldade adicional em manter características de qualidade e produtividade homogêneas, acrescentando desafios à operadora. Para superar a referida dificuldade, é necessário estabelecer padrões de prestação do serviço a serem perseguidos e treinar seus empregados para mantê-lo, apesar do comportamento não homogêneo do passageiro e do próprio ambiente de prestação do serviço;
- e) a satisfação tem que se dar tanto com o resultado do processo como com o próprio processo de produção, isto é, "o passageiro deseja chegar no local e horário programado, mas deseja que isso ocorra com segurança, rapidez e razoável conforto";
- f) o caráter de serviço público do transporte de passageiros faz com que a programação da produção (qualidade de serviço a ser ofertado), bem como a sua fiscalização e o seu controle (incluindo a fixação da tarifa) sejam, em grande parte, executados por agentes externos à empresa, ou seja, o governo. Essa

separação entre o produtor e o controlador da qualidade da produção (transporte oferecido), além de dificultar a empresa operadora na busca da qualidade, tende a condicionar sua visão estratégica à administração do operacional.

Os problemas mais comuns apresentados no dia a dia das empresas de transporte de passageiros são:

- a) atrasos das viagens – a questão da dificuldade de cumprir os horários pré-estabelecidos, pode ter inúmeras causas: congestionamento no trânsito, dificultando o retorno do veículo no horário previsto; atraso na saída dos veículos da garagem; quebra de veículos; insuficiência da frota; excesso de demanda; programação com nenhuma ou pouca folga entre viagens; ou ainda por falta ou atraso de condutores. Independente da causa, o que se observa, neste caso, é o fato do veículo não se encontrar no local de saída no instante programado. Em geral, são estabelecidos limites de tolerância para o atraso, e a extrapolação dos mesmos resulta em penalidades para a empresa. Com o objetivo de minimizar a ocorrência deste tipo de problema, a empresa conta, em geral, com uma reserva em sua capacidade de operação, tanto em termos de frota como pessoal. Caso os atrasos se verifiquem com frequência, e não sendo possível identificar uma causa específica que possa ser eliminada, a empresa deverá reavaliar o seu plano de operação;
- b) queima de viagens – em casos excepcionais, os atrasos podem resultar em queimas de viagens. Quando o atraso ultrapassa em muito a tolerância estabelecida, ou quando a empresa não dispõe de uma alternativa para a realização da viagem, a mesma é eliminada da execução. Além das penalidades específicas impostas à empresa pelo poder concedente (fiscalizador), a queima de alguma viagem implica sérios transtornos para os passageiros, especialmente no caso de linhas com pouca frequência. Assim, a fim de minimizar estes transtornos, a empresa poderá optar em remanejar a operação visando a permanência das viagens em linhas de baixa frequência, em detrimento daquelas que apresentam frequência mais elevada. Também aqui, a empresa conta como elemento de controle, com a disponibilidade de capacidade reserva de frota e pessoal;
- c) veículos superlotados – o excesso de passageiros nos ônibus apresenta-se como um problema, na medida em que causa desconforto aos mesmos. Em casos extremos,

este problema pode ser fator que contribui para dificultar a operação, provocando elevados tempos de embarque e desembarque, e conseqüentemente da viagem como um todo. Além disto, a superlotação de um veículo poderá implicar o não atendimento da demanda, fazendo com que os passageiros permaneçam nos pontos de parada até o surgimento de outros veículos que atendam suas necessidades de deslocamento. Em longo prazo, este problema poderá resultar em perda de demanda, pois o passageiro insatisfeito acabará optando por outra modalidade de transporte. Diversas causas contribuem para o surgimento da superlotação e entre elas, destacam-se: crescimento vegetativo da demanda sem o correspondente aumento da oferta; quebra de veículos com o conseqüente acúmulo de passageiros em veículos subseqüentes; não cumprimento dos horários previstos para as viagens; formação de “trens”, em decorrência de irregularidades na operação; programação não afinada com o perfil da demanda; utilização de veículos de pouca capacidade em substituição a veículos quebrados e realização de eventos especiais (jogos de futebol e outras festividades diversas). Nos casos de superlotação sistemática, a empresa deverá revisar o plano de operação, aumentando a freqüência das viagens, ou substituindo os veículos por outros de maior capacidade. Em geral, evita-se a realização de viagens com tempos entre saídas menores que três minutos [EBTU, 1988];

- d) sub-utilização dos recursos – assim como o excesso de passageiros, a sub-utilização dos recursos disponíveis também se apresenta como um problema, na medida em que contribui para o aumento da tarifa. A redução da freqüência de viagens na linha correspondente pode ser uma alternativa para os casos em que a demanda se apresenta reduzida. Entretanto, freqüências muito baixas poderão fazer com que os passageiros migrem para outras modalidades de transporte. Alternativamente, a empresa poderá optar pelo uso de veículos de menor capacidade, mais condizente com a demanda do horário;
- e) consumo de combustível – elevado consumo de combustível representa para a empresa um problema, pois contribui para elevar os custos de operação, provocando com isto aumento da tarifa. Neste caso a empresa poderá averiguar possíveis causas, tais como: tempo de viagem maior do que o previsto pela programação (Este fato pode ser resultado de congestionamento no trânsito e/ou de pontos de parada muito

próximos, ou ainda, veículos superlotados); freadas bruscas; adulteração na bomba de combustível ou no próprio diesel. Normalmente, a quantidade de combustível gasto pelos veículos na execução dos serviços fica determinada durante o planejamento de operação da empresa, considerando a extensão de cada rota e os fatores externos que influenciam no consumo;

- f) quebra de veículo – quebra de veículos e panes são ocorrências esporádicas que requerem da empresa procedimentos emergenciais. Tais ocorrências provocam atrasos e desconforto aos passageiros, que deverão ser transferidos para outro veículo com a maior brevidade possível, a fim de completarem o percurso. Do ponto de vista da empresa, é necessário que procedimentos de reprogramação da operação sejam acionados, com vistas à recuperação do programa de operação original. Além disto, a empresa deverá acionar equipes de socorro, com o objetivo de atender a ocorrência, e se for o caso rebocar o veículo com problemas para a garagem. O aumento destas ocorrências denota problemas no sistema de manutenção da empresa, e acabam repercutindo nos custos e nos resultados financeiros. A longo prazo, tais custos acabam sendo transferidos para a tarifa. Em geral, nestes casos, é necessário investir na substituição dos equipamentos com maior incidência de panes e quebras, na melhoria dos planos de manutenção preventiva, e até na qualificação de pessoal;
- g) acidentes – os acidentes de trânsito podem ser classificados, de acordo com a gravidade, em: acidentes com danos materiais, acidentes com ferimentos leves, acidentes com ferimentos graves e acidentes envolvendo mortes. As causas mais comuns são de natureza humana (imprudência por parte de motoristas e pedestres) e de natureza mecânica (falhas no sistema de freios, falhas no sistema elétrico). O meio também pode contribuir para a ocorrência de acidentes (pista mal conservada, falta de sinalização). Embora não de forma direta, uma programação não adequada também pode ser causa de acidentes, na medida em que obriga o condutor a realizar viagens com velocidades elevadas, a fim de cumprir a programação estabelecida. Para minimizar a ocorrência de acidentes, a empresa conta, basicamente, com os seguintes mecanismos: treinamento de pessoal (direção defensiva), manutenção preventiva e programação de operação adequada;

- h) reclamações diversas – em geral as reclamações por parte dos passageiros estão relacionadas com a não parada de veículos nos pontos, quase sempre por causa da superlotação; comportamento inadequado do motorista e/ou cobrador; prática de direção perigosa; falta de troco; falta de limpeza nos veículos e falta de informação.

Diante da competitividade do mercado, cabe às empresas encontrar soluções para os problemas existentes no processo de produção do serviço. Em geral, as causas se resumem em: (a) problemas no planejamento (métodos inadequados); (b) problemas com pessoal (mão-de-obra com treinamento inadequado); (c) problemas com a frota (manutenção inadequada) e (d) problemas com o meio ambiente (acidentes provocados por terceiros, congestionamento).

Neste sentido, como estratégia permanente, a empresa deverá periodicamente avaliar a programação de frota e condutores, rever o plano de manutenção dos veículos e investir em treinamento de pessoal. Com um planejamento bem realizado, com equipamentos adequados, com manutenção correta e com pessoas qualificadas para bem atender ao passageiro, a empresa poderá realizar uma operação dentro de padrões considerados normais e satisfatórios. Entretanto, alguns problemas estão sujeitos a outros fatores cujo controle nem sempre estão ao alcance da empresa operadora, e dependem de ações mais abrangentes, como por exemplo: assaltos, tumultos e vandalismo no interior dos ônibus.

Uma forma eficiente de acompanhar e controlar os diversos processos da empresa de transporte, é utilizar indicadores que possam detectar e corrigir os problemas existentes. Indicadores são instrumentos adotados para demonstrar quantitativamente as características de algo que é observado.

No caso do transporte de passageiros os indicadores deve refletir as características de produtividade e qualidade agrupadas de acordo com os atributos (características qualitativas que identificam um ou mais membros de um conjunto observado). Na seqüência serão mostradas as principais características e forma de obtenção dos indicadores de produtividade e qualidade.

2.9. Indicadores de Produtividade na Operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros

De acordo com LIMA [1996], diversos atributos respondem pela produtividade nos serviços de transporte urbano de passageiros, tais como intensidade de utilização de serviço, eficiência energética, racionalidade do tempo investido, realização do programado, desempenho da manutenção, desempenho operacional e desempenho econômico. Para avaliar estes atributos, podem ser utilizados indicadores, conforme apresentado a seguir. Estes indicadores dizem respeito aos custos que a empresa pode ter e que poderiam ser evitados. O controle destes indicadores interessa diretamente à empresa e indiretamente ao passageiro. Na medida em que a empresa realiza o controle, esta poderá obter redução de custos que poderá ser repassado para o passageiro.

a) **Intensidade de utilização do serviço** - A intensidade de utilização do serviço é uma medida de quanto está sendo aproveitada a capacidade ofertada de transporte.

a.1) utilização da capacidade ofertada no período p

$$UCO_p = 100 \cdot \frac{PKM_p}{CKM_p} \quad (\%)$$

onde PKM_p é a quantidade de passageiros transportados pela linha multiplicada pelo percurso médio por passageiro no período p (pass \times km) e CKM_p é a capacidade do veículo padrão multiplicado pela quilometragem percorrida no período p (pass \times km);

a.2) utilização da frota no período p

$$UFR_p = \frac{EXL \cdot NV_p}{FR} \quad (\text{km} / \text{veículo})$$

onde EXL é a extensão da linha (km), NV_p é o número de viagens realizadas no período p , e FR é o número de veículos da frota da empresa;

a.3) aproveitamento médio da frota no período p

$$APF_p = \frac{PTR_p}{FR} \quad (\text{pass / veículo})$$

onde PTR_p é a quantidade de passageiros transportados no período p , e FR é o número de veículos da frota da empresa.

b) **Eficiência energética** - A eficiência energética reflete a produção do transporte utilizando a menor quantidade possível de energia. Esta eficiência poderá ser medida através do índice de eficiência energética do período (p).

$$IEE_p = \frac{PKM_p}{CTC_p} \quad (\text{pass} \times \text{km / litro})$$

onde CTC_p é o consumo total de combustível pela frota no período p .

c) **Racionalidade do tempo investido** – Este indicador reflete o aproveitamento do tempo investido para produzir o transporte.

c.1) aproveitamento do tempo de operação do período p

$$ATO_p = \frac{EXL \cdot NV_p}{HO_p} \quad (\text{km / hora})$$

onde HO_p é o somatório das horas de operação de todos os veículos da frota no período p ;

c.2) aproveitamento do tempo de produção do período p

$$ATP_p = \frac{PKM_p}{HO_p} \quad (\text{pass / hora})$$

d) **Realização do programado** - O índice de realização do programado é o grau de cumprimento da oferta programada.

d.1) índice de cumprimento da quilometragem no período p

$$ICQ_p = 100 \cdot \frac{KMR_p}{KMP_p} \quad (\%)$$

onde KMR_p é a quilometragem total (km) realizada no período p e KMP_p é a quilometragem total (km) programada para o período p ;

d.2) índice de cumprimento das viagens no período p

$$ICV_p = 100 \cdot \frac{ViR_p}{ViP_p} \quad (\%)$$

onde ViR_p é o número de viagens realizadas no período p e ViP_p é o número de viagens programadas para o período p ;

d.3) índice de cumprimento dos horários no período p

$$ICH_p = 100 \cdot \frac{HR_p}{HP_p} \quad (\%)$$

onde HR_p é o número de horários realizados dentro do intervalo previsto para saída, no período p e HP_p é o número de horários programados no período p .

e) **Desempenho da Manutenção** - Os indicadores do desempenho da manutenção são o reflexo do trabalho da manutenção na disponibilidade da frota.

e.1) taxa de disponibilidade da frota no período p

$$TDF_p = 100 \cdot \left(1 - \frac{TMP_p + TMC_p + TMO_p}{FR \cdot NDO_p \cdot HOp} \right) \quad (\%)$$

onde TMP_p é o tempo consumido em manutenção preventiva no período p (horas); TMC_p é o tempo consumido em manutenção corretiva no período p (horas); TMO_p é o tempo consumido em outras atividades de manutenção no período p (horas); NDO_p é o número de dias de operação do período p ; HO_p é o tempo médio de operação diária por veículo (horas/dia.veículo);

e.2) índice de confiabilidade da frota no período p

$$ICF_p = \frac{KMR_p}{NF_p} \quad (\text{km / falha})$$

onde NF_p é a quantidade de falhas no período p ;

e.3) tempo médio de liberação no período p

$$TML_p = \frac{TED_p}{TFA_p} \quad (\text{horas})$$

onde TED_p é o total dos tempos decorridos entre a entrada da ordem de serviço e a devolução do veículo no período p (horas) e TFA_p é o número de falhas e avarias com intervenção não programada no período p .

f) **Desempenho Operacional** - O indicador de desempenho operacional, é o reflexo do processo de produção do serviço de transporte.

f.1) produtividade do pessoal de operação no período p

$$PPO_p = \frac{PKM_p}{HHO_p} \quad (\text{pass} \times \text{km} / \text{hora})$$

ou

$$PPO_p = \frac{ROp_p}{HHP_p^o} \quad (\text{R\$} / \text{hora})$$

onde HHO_p é o total de homens-hora de operação no período p (horas); ROp_p é a receita operacional do período p (R\$) e HHP_p^o é o total de homens-hora de operação pagos no período p (horas);

f.2) produtividade do pessoal de administração no período p

$$PPA_p = \frac{PKM_p}{HHA_p} \quad (\text{pass} \times \text{km} / \text{hora})$$

ou

$$PPA_p = \frac{ROp_p}{HHP_p^a} \quad (\text{R\$} / \text{hora})$$

onde HHA_p é o total de homens-hora de administração no período p (horas) e HHP_p^a é o total de homens-hora de administração pagos no período p (horas);

f.3) produtividade do pessoal de manutenção no período p

$$PPM_p = \frac{PKM_p}{HHM_p} \quad (\text{pass} \times \text{km} / \text{hora})$$

ou

$$PPM_p = \frac{ROp_p}{HHP_p^m} \quad (\text{RS} / \text{hora})$$

onde HHM_p é o total de homens-hora de manutenção no período p (horas) e

HHP_p^m é o total de homens-hora de manutenção pagos no período p (horas);

f.4) produtividade da frota

$$PFR_p = 100 \cdot \frac{RTa_p}{DMF_p} \quad (\%)$$

onde RTa_p é a receita tarifária do período p (R\$) e DMF_p são as despesas de manutenção da frota no período p (R\$);

f.5) índice de passageiros por quilômetro do período p

$$IPK_p = \frac{PTR_p}{KMR_p} \quad (\text{pass} / \text{km})$$

f.6) ocupação média no período p

$$Ocm_p = \frac{PTR_p}{NV_p} \quad (\text{pass} / \text{viagem})$$

onde NV_p é o número de viagens realizadas no período p ;

f.7) número médio de passageiros transportados por veículos no período p

$$PMV_p = \frac{PTR_p}{NVi_p} \quad (\text{pass} / \text{veículo})$$

g) **Desempenho Econômico** - Os indicadores de desempenho econômico refletem o grau de retorno do investimento.

g.1) custo por passageiro pagante no período p

$$CPP_p = \frac{COP_p}{NPE_p} \quad (\text{R\$ / pass})$$

onde COP_p é o custo operacional (R\\$) do período p e NPE_p é o número de passageiros equivalentes do período p (pass);

g.2) custo médio por passageiros pagante no período p

$$CMP_p = \frac{CPP_p}{KMR_p} \quad (\text{R\$ / pass} \times \text{km})$$

onde CPP_p é o custo por passageiro pagante no período p (R\\$);

g.3) receita tarifária média no período p

$$RTM_p = \frac{RT_p}{PKM_p} \quad (\text{R\$ / pass} \times \text{km})$$

onde RT_p é a receita tarifária (R\\$) do período p ;

g.4) margem de cobertura do custo operacional no período p

$$MCC_p = 100 \cdot \frac{RT_p}{COP_p} \quad (\%)$$

g.5) índice de consumo de combustível no período p

$$ICC_p = \frac{DCo_p}{KMR_p} \quad (\text{R\$ / km})$$

onde DCo_p é a despesa total (R\\$) com combustível do período p ;

g.6) índice de rentabilidade média no período p

$$IRM_p = \frac{RT_p}{PTR_p} \quad (\text{R\$ / pass})$$

onde RT_p é a receita tarifária (R\$) do período p .

2.10. Indicadores de Qualidade na Operação do Sistema de Transporte Público de Passageiros

De acordo com LIMA [1996], diversos atributos respondem pela qualidade nos serviços de transporte urbano de passageiros, tais como conforto, segurança, confiabilidade, modicidade, rapidez, conveniência e equilíbrio ecológico. Para avaliar estes atributos, podem ser utilizados indicadores. Tais indicadores referem-se à qualidade do serviço prestado pela empresa, ou seja, a adequação dos fatores críticos gerenciais e seus resultados às necessidades dos passageiros. O controle destes indicadores beneficiará diretamente o passageiro e a empresa, pois caso o serviço não esteja adequado às necessidades de deslocamento do passageiro, este vai deixar de usá-lo. Neste caso sairá perdendo tanto a empresa como o passageiro.

a) **Conforto** - É a sensação de bem-estar do passageiro durante o seu deslocamento e pode ser avaliado através de medidas tais como: área disponível por passageiro no interior do veículo (m^2/pass); densidade no interior do veículo (pass/m^2); disponibilidade de assento; frequência de acelerações normais (km/h); conforto térmico ($^{\circ}\text{C}$); ventilação nos veículos ($\text{m}^3/\text{pass} \times \text{min}$); nível de ruído no interior do veículo (dB); área disponível no ponto de embarque/desembarque (m^2/pass); facilidade de embarque/desembarque (cm); índice de conforto ($\text{passageiro}/\text{assento}$).

b) **Segurança** - É a condição de harmonia que o usuário pode usufruir no relacionamento dele com o ambiente criado para o seu deslocamento: ausência de acidentes, de agressões físicas ou morais, de roubos e assaltos. A segurança também está relacionada às condições técnicas das vias, dos sistemas de controle de tráfego, das condições dos equipamentos com relação à vida útil, manutenção e operação.

b.1) freqüência de acidentes com passageiros no período p

$$FAP_p = \frac{PA_p}{PTR_p} \quad (\text{acidentes / pass})$$

onde PA_p é a quantidade de passageiros acidentados no período p , e PTR_p é a quantidade de passageiros transportados no período p ;

b.2) freqüência de acidentes com terceiros no período p

$$FAT_p = \frac{AT_p}{NV_p} \quad (\text{acidentes / viagem})$$

onde AT_p é o número de terceiros acidentados no período p e NV_p é o número de viagens realizadas no período p ;

b.3) taxa de gravidade de acidentes com passageiros no período p

$$GAP_p = 100 \cdot \frac{PA_p^n}{PA_p} \quad (\%)$$

onde PA_p^n é o número de acidentes (com passageiros) do tipo n ocorridos no período p ;

b.4) taxa de gravidade de acidentes com terceiros no período p

$$GAT_p = 100 \cdot \frac{AT_p^n}{AT_p} \quad (\%)$$

onde AT_p^n é o número de acidentes (com terceiros) do tipo n no período p .

c) **Confiabilidade** - Confiabilidade é a certeza que o passageiro tem da exatidão no cumprimento da programação estabelecida para o serviço: sem atrasos, sem interrupções, com continuidade e com ausência de maus tratos.

c.1) índice de pontualidade no período p

$$IP_p = 100 \cdot \frac{NVeR_p}{NVeP_p} \quad (\%)$$

onde $NVeR_p$ é o número de partidas realizadas dentro do intervalo tolerado para saída, no período p , e $NVeP_p$ é o número de veículos programados para partir no período p ;

c.2) tempo médio de espera no período p

$$TME_p^k = \frac{TTE_p^k}{n_p} \quad (\text{minutos})$$

onde TTE_p^k é o tempo total de espera observado no período p (soma dos tempos de espera de n_p passageiros);

c.3) freqüência de panes no período p

$$FP_p = 100 \cdot \frac{NVeQ_p}{NVP_p} \quad (\%)$$

onde $NVeQ_p$ é o número de veículos quebrados no período p , e NVP_p é o número de viagens programadas para o período p ;

c.4) índice de supressão de viagens no período p

$$ISV_p = 100 \cdot \frac{NVS_p}{NVP_p} \quad (\%)$$

onde NVS_p é o número de viagens suprimidas no período p ;

c.5) índice de reclamações pelo motivo m no período p

$$IRC_p^m = \frac{NRC_p^m}{PTR_p} \quad (\text{reclamações / pass})$$

onde NRC_p^m é o número de reclamações pelo motivo m no período p .

d) **Rapidez** - Rapidez é a possibilidade que o passageiro tem de efetuar seu deslocamento, no menor tempo possível.

d.1) velocidade média comercial

$$VMC = 60 \cdot \frac{EXL}{TVi} \quad (\text{km / hora})$$

onde EXL é a extensão da linha (km) e TVi é o tempo médio de viagem, incluindo os tempos nos terminais (min);

d.2) velocidade média operacional

$$VMO = 60 \cdot \frac{EXL}{TVe} \quad (\text{km / hora})$$

onde TVe é o tempo médio de viagem efetiva, excluindo os tempos nos terminais (horas).

e) **Conveniência** - Conveniência é a condição de utilidade, oportunidade e favorabilidade dos modos disponíveis para o deslocamento do passageiro (rota, abrigos, terminais de transbordo, etc.). Este parâmetro pode ser avaliado pelo índice de pontos de parada intermediária, definido como:

$$IPI = \frac{NPI}{EXL} \quad (\text{paradas / km})$$

onde NPI é o número de paradas intermediárias da linha.

f) **Equilíbrio ecológico** - O equilíbrio ecológico ou eco-equilíbrio é a condição de harmonia entre o meio-ambiente e um determinado modo de transporte. Este parâmetro pode ser avaliado pelo índice de poluição ambiental provocado por veículos no período p , definido por:

$$IPAmb_p = \frac{NVeI_p}{FR}$$

onde $NVeI_p$ é o número de veículos em situação irregular no período p , e FR é o número de veículos da frota da empresa. A irregularidade é medida através da Escala de Ringelman, que consiste em uma comparação visual da tonalidade da fumaça emitida por veículos com motores à explosão, com as tonalidades padrões impressas em um cartão, que variam desde o cinza claro até o preto.

2.11. Considerações Finais

O volume de dados coletados diariamente nas empresas de transporte de passageiros, em função de inúmeras viagens realizadas, requer uma forma de controle sistematizada.

Apesar da complexidade da operação, do ponto de vista da empresa as causas especiais se resumem a três fatores básicos: planejamento, manutenção dos veículos e treinamento de pessoal.

A análise destes dados, entretanto, não pode ser limitada apenas a uma amostra isolada, obtida em um dia particular da operação da empresa. É necessário que a análise seja feita em um contexto dinâmico, onde ciclos, tendências e situações extremas sejam detectados, de modo a permitir o aperfeiçoamento continuado do processo. Neste sentido adotou-se o CEP (Controle Estatístico de Processo), como ferramenta de acompanhamento e análise, o qual passa a ser descrito no próximo capítulo.

Capítulo III

3. Controle Estatístico do Processo - CEP

3.1. Considerações Iniciais

A preocupação com a qualidade é tão antiga quanto à própria humanidade. Desde que o homem pré-histórico confeccionou o seu primeiro artefato, surgiu a preocupação com a adequação do uso do produto às necessidades de quem o utiliza. Entretanto, o moderno Controle da Qualidade, calcado em bases científicas, data do início do século XX. Foi somente com a introdução do conceito de produção em massa que a qualidade começou a ser abordada sob uma ótica diferente. No Brasil, o Controle Estatístico de Processo (CEP) vem sendo implantado em um número cada vez maior de empresas, quer seja por exigência de algum grande cliente, tal como o caso das montadoras do setor automobilístico, quer seja pela sua eficácia na melhoria da produtividade das operações [RAMOS, 2000].

A teoria básica do CEP diz que inevitavelmente existirão variações de uma amostra de um produto para outra. A variabilidade existente em um processo pode ser grande ou extremamente pequena e despercebida, dando a falsa impressão de que os itens são iguais, porém sempre estará presente em qualquer processo produtivo e pode apresentar duas fontes, denominadas de causas comuns ou inerentes ao processo e causas especiais [RAMOS, 2000] e [FEIGENBAUM, 1986].

As causas inerentes ao processo são várias, pequenas e não são identificáveis a princípio, atuam sobre um processo de forma aleatória, apresentam um comportamento natural e correspondem, geralmente, a um processo estocástico. Quando as características de qualidade de um processo de produção sofrem apenas este tipo de variação, podem ser descritas através de uma distribuição de probabilidade. Neste caso, o processo é considerado sob controle estatístico. Isto significa que todas as causas particulares ou especiais foram eliminadas e as características variam por força dos

fatores inerentes ao processo. Estes fatores são de difícil identificação, e a sua eliminação do processo apresenta custos elevados.

Ao contrário das causas comuns, as causas especiais além de não serem pequenas, não seguem um padrão aleatório, e têm um comportamento sistemático. Estas causas especiais provocam variação nas características do produto, aumentando o seu desvio-padrão. Neste caso, o processo é considerado fora de controle estatístico. São exemplos de causas especiais: operador inexperiente, lote diferente de matéria prima, ferramenta descalibrada, etc. Uma indústria moderna deve manter as suas ferramentas permanentemente inspecionadas quanto ao seu desempenho. Para isto é importante a existência de um laboratório de metrologia para executar este serviço.

O CEP, como é conhecido atualmente, é um método preventivo com o qual se busca comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, a produção de itens não conformes, e eliminando as causas destas variações não inerentes ao processo, com o objetivo de padronizar cada vez mais [RAMOS, 2000]. A partir de dados estatísticos busca-se identificar e controlar o comportamento do sistema de produção do item sob observação, avaliando estratégias para melhoria do processo. O objetivo fundamental do CEP é o aperfeiçoamento contínuo do processo buscando conseqüentemente uma maior produtividade da empresa.

A utilização do CEP como ferramenta de análise e controle, seja qual for a atividade e a natureza das empresas, da indústria, serviços ou de outro setor, e do processo a ser controlado, tem o intuito de provocar a melhoria contínua da qualidade do produto oferecido e do ambiente de trabalho no qual o processo está inserido. Tendo como objetivo, também, evitar a produção de produtos de qualidade insatisfatória, procurando atender às necessidades dos consumidores dentro de padrões considerados aceitáveis.

Sua metodologia gráfica visa determinar a condição de controle que se tem sobre um processo em execução, e sempre que o sistema aponta a presença de não conformidade do processo, passa a ser investigado com o objetivo de se determinar a(s) causa(s) dessa condição anormal. O CEP utiliza as técnicas estatísticas para analisar o acompanhamento do processo, de maneira a tomar decisões e efetuar ações corretivas

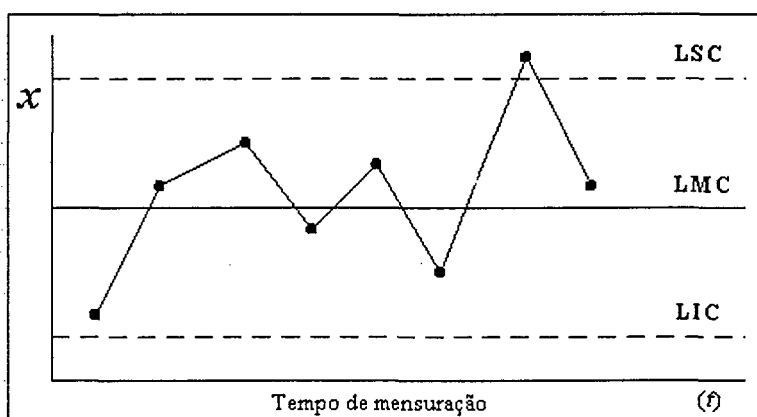
que permitam mantê-lo dentro de condições pré-estabelecidas ou seja, dentro das especificações de projeto.

3.2. Ferramentas do Controle Estatístico de Processo (CEP)

Os gráficos utilizados pelo CEP, conhecidos como as sete ferramentas de gerenciamento da qualidade [DEMING, 1990], citadas por [SOMMER, 2000], são os seguintes:

a) *Gráfico de Controle* é um diagrama de pontos (amostras) ordenados no tempo, que são interpretados em função de linhas horizontais, chamadas de limite superior de controle (LSC), linha média central (LMC)¹ e limite inferior de controle (LIC), conforme mostra a figura 3.1. O gráfico de controle é a principal ferramenta do CEP, e foi resultado do trabalho de Shewhart, nos Laboratórios Bell, na década de 1920.

Figura 3.1. Gráfico de Controle.



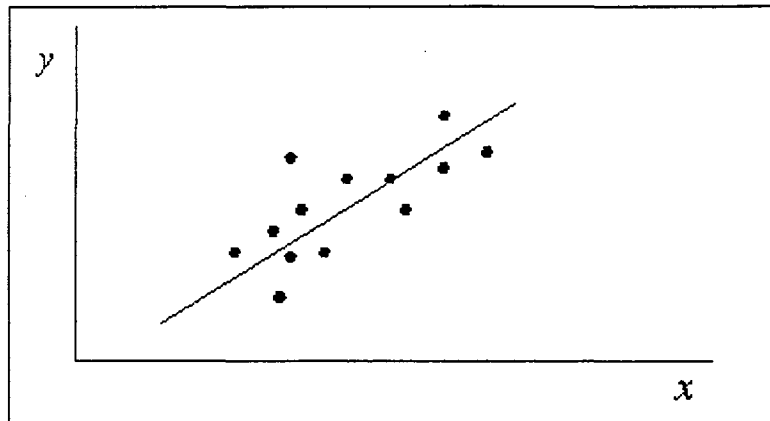
Fonte: Sommer [2000], p. 14.

b) *Diagrama de Dispersão* é a representação gráfica da relação entre duas variáveis. Quando duas variáveis apresentam uma tendência de variação conjunta, ou seja, quando o valor de uma aumenta ou diminui e o da outra também aumenta ou diminui, diz-se que elas estão correlacionadas. A correlação será positiva quando as variáveis variam no mesmo sentido, e negativa em caso contrário. Neste diagrama, as duas variáveis em questão são associadas às coordenadas x e y do gráfico cartesiano, e os pontos da amostra são representados mostrando se existe ou não correlação entre as duas

¹ A linha média central é comumente designada por alguns pesquisadores simplesmente de linha central.

variáveis, conforme se apresenta na figura 3.2, onde se observa que a correlação é positiva entre as variáveis.

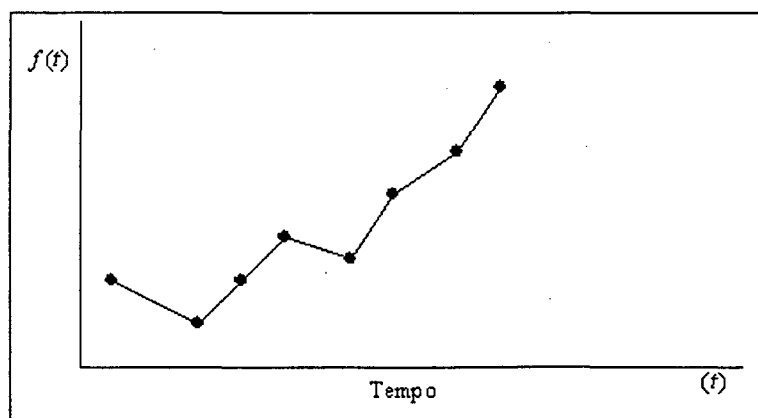
Figura 3.2. Diagrama de Dispersão



Fonte: Fonte: Sommer [2000], p. 14.

c) Diagrama de Tendência é um dos instrumentos estatísticos mais simples e mais usados. Representam-se graficamente dados de uma variável em vários períodos de tempo, para identificar tendência, conforme mostra a figura 3.3. Na realidade, trata-se de um gráfico de uma série temporal ou cronológica. Um dos métodos usados para estimar os parâmetros da equação da função de tendência, é o Método dos Mínimos Quadrados. No eixo das abscissas se marca os períodos de tempo e no eixo das ordenadas os valores observados da variável ou alguma estatística envolvendo esta variável.

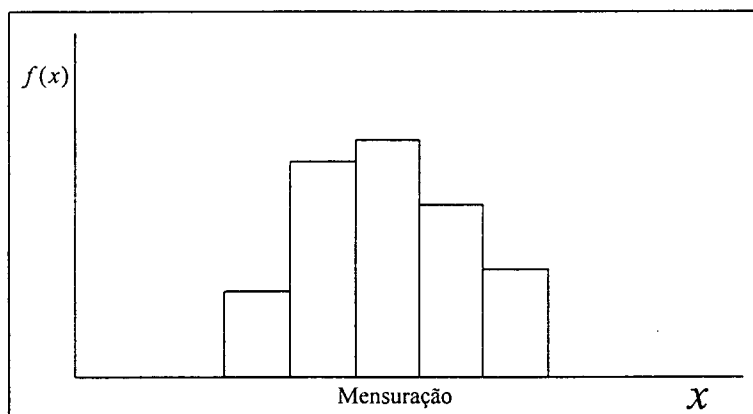
Figura 3.3. Diagrama de Tendência



Fonte: Sommer [2000], p. 14.

d) *Histograma* é um recurso gráfico de colunas ou barras, os quais mostram com que frequência a variável observada se apresenta dentro de determinados intervalos de valores especificados. Por esta razão, normalmente, referem-se ao histograma como a representação gráfica da distribuição de frequências da variável da qualidade em questão. A construção de um histograma tem por finalidade identificar o tipo de distribuição de probabilidade e também anormalidades no processo. Como vantagens da construção de um histograma tem-se: permitir um melhor ordenamento dos dados, permitir um melhor "sentimento" (*feeling*) em relação ao processo, estimar o valor médio da variável de qualidade, verificar a existência ou não de simetria do processo em relação ao alvo especificado e permitir uma avaliação prévia das condições de estabilidade e centralização do processo. Processos estáveis não apresentam barras isoladas, duas famílias distintas de barras, distribuições assimétricas e barras altas. Na figura 3.4 é apresentado um exemplo típico de histograma.

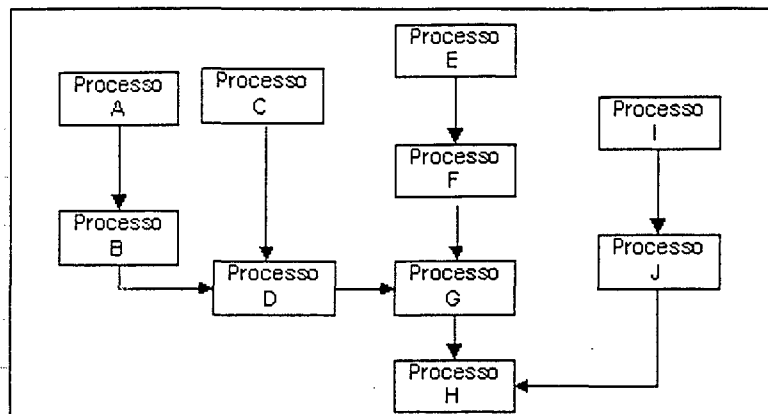
Figura 3.4. Histograma.



Fonte: Fonte: Sommer [2000], p. 14.

e) *Fluxograma* é uma forma extremamente útil de se delinear o que está acontecendo. Em um fluxograma, conforme mostra a figura 3.5, cada bloco representa uma tarefa ou atividade que compõe o processo em observação, e a seqüência de execução é definida pelas setas. Uma das maneiras de se começar é determinar como o processo deve funcionar e, depois, representar graficamente como ele de fato funciona. Isso pode revelar duplicidade, ineficiência e aspectos mal entendidos.

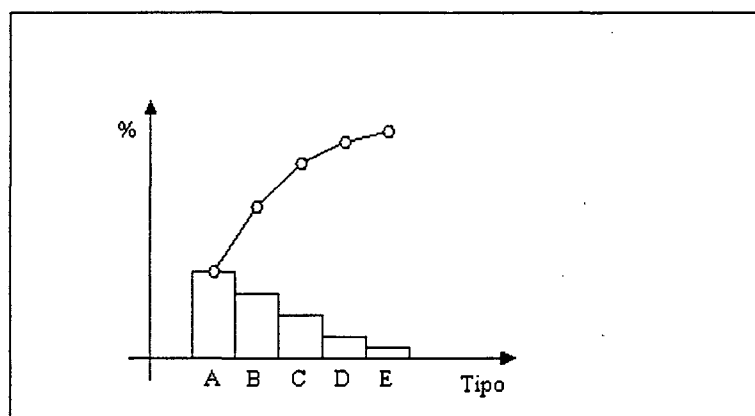
Figura 3.5. Fluxograma



Fonte: Fonte: Sommer [2000], p. 14.

f) *Diagrama de Pareto*, ou *Carta de Pareto*, são gráficos que indicam o grau de importância de vários fatores que contribuem para a instabilidade do processo. Neste gráfico, conforme mostra a figura 3.6, os tipos de causa da não-conformidade são ordenados por ordem decrescente de importância (frequência). Eles podem ser utilizados como guias para o estabelecimento de prioridades, mostrando áreas onde maiores esforços devem ser realizados. A análise de Pareto consta de três operações: estratificação, levantamento de dados e construção do diagrama. Essa seqüência de operações pode ser repetida, sempre se tomando os itens prioritários como novos problemas, até serem localizados e quantificados os vários projetos de solução para os mesmos.

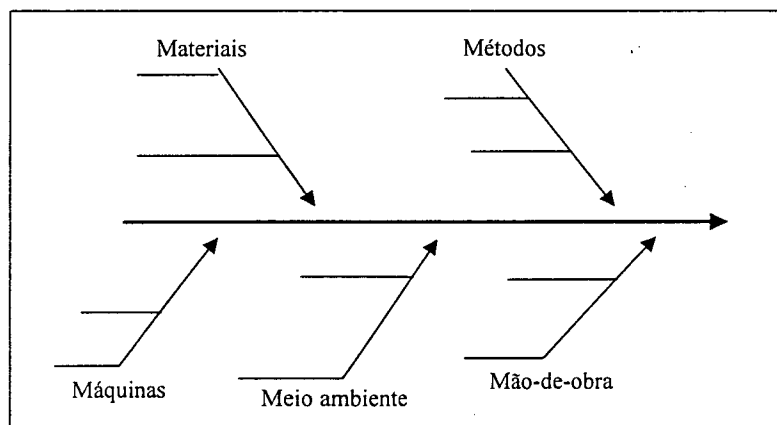
Figura 3.6. Diagrama de Pareto



Fonte: Sommer [2000], p. 14.

g) Diagrama de Causa-Efeito conhecido como diagrama "espinha de peixe" devido a sua forma, ou Diagrama de Ishikawa, é usado em sessões de "brainstorming" para exame de fatores que influenciam uma dada situação. Um "efeito" é uma situação ou evento desejável ou indesejável provocado por um sistema de causas. As causas são, muitas vezes, agrupadas em cinco categorias básicas, denotadas por 5M (materiais, métodos, mão-de-obra, máquinas e meio ambiente), como mostra a figura 3.7. Podem existir muitas outras maneiras para a classificação destas causas principais. Cada uma delas, por sua vez, poderá ter numerosos fatores ou causas secundárias. Hoje já se admite uma sexta categoria básica (6M), incluindo-se "money" (dinheiro), e até uma sétima (7M), ao incluir-se "management" (administração) [DEMING, 1990]. No capítulo 5 será apresentada uma forma alternativa para representação deste diagrama, contemplando um exemplo real.

Figura 3.7. Diagrama Causa-Efeito



Fonte: Fonte: Sommer [2000], p. 14.

3.3. Gráficos de Controle

Como já foi mencionado anteriormente, o Gráfico de Controle ou Carta de Controle é uma das ferramentas do CEP. Neste trabalho, utiliza-se gráfico de controle para avaliar e acompanhar indicadores que controlam o processo de operação dos serviços de transporte de passageiros. Através destes gráficos é possível evitar a produção de itens não conformes. Os gráficos de controle possuem três objetivos [RAMOS, 2000]:

- a) verificar se o processo estudado é estatisticamente estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação atuando sobre o processo; neste caso o processo é dito “estar sob controle”;
- b) verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre o mesmo; e
- c) permitir o aprimoramento do processo atuando sobre causas especiais e conseqüentemente reduzindo a sua variabilidade.

O primeiro gráfico de controle foi proposto pelo estatístico americano W. A. SHEWHART em 1924, que trabalhando no *Bell Telephone Laboratories*, desenvolveu um gráfico estatístico para controle de variáveis (características) de qualidade, distinguindo variações devidas a causas especiais das causas ou fatores inerentes ao processo. Basicamente, os gráficos de controle são gráficos de medição de uma ou mais características importantes de um produto ou processo, descrevendo-as considerando dois aspectos fundamentais: a centralização - determinada pela média e a dispersão - verificada pelo desvio-padrão ou amplitude. Pode-se dividir os gráficos de controle em duas grandes categorias [DEMING, 1990] e [RAMOS, 2000]:

- a) Gráfico de Controle por Variáveis – consistem em gráficos cuja característica sob controle é o resultado de algum tipo de medição, ou seja, sofre variação contínua (peso, altura, comprimento, resistência, etc.);
- b) Gráfico de Controle por Atributos – consistem em gráficos cuja característica sob controle é decorrente de uma classificação ou contagem (passa/não passa, claro/escuro, com trinca/sem trinca, número de defeitos por unidade de produto, etc.).

3.3.1. Construção do Gráfico de Controle

Na construção de gráficos de controle, certos passos devem ser seguidos, de modo a permitir a sua correta análise. Segundo RAMOS [2000], são os seguintes:

- a) coletar dados durante um certo período de tempo, até que todos os tipos de variações aos quais se quer avaliar tenham oportunidade de aparecer;

- b) calcular as estatísticas que resumem a informação contida nos dados (médias, amplitudes, desvios-padrões, proporções, número de defeitos, etc.);
- c) calcular os limites de controle com base nas estatísticas;
- d) marcar os pontos (estatísticas) nos gráficos de controle, unindo-os para facilitar a visualização do comportamento do processo;
- e) marcar os limites de controle;
- f) analisar os gráficos de controle quanto à presença de causas especiais (tendências, ciclos, estratificação, pontos fora dos limites de controle, etc);
- g) quando for detectada a presença de causas especiais, buscar identificação, eliminar e prevenir a sua repetição.

3.3.2. Escolha dos Limites de Controle

O gráfico de Shewhart introduziu o desenho dos limites de controle inferior (LCI) e superior (LCS), determinados em relação a três desvios-padrões abaixo e acima da média. No cálculo dos limites de controle e obtenção de amostras, as seguintes regras devem ser obedecidas [RAMOS, 2000]:

- a) o desvio-padrão utilizado deve ser sempre estimado com base na variação dentro da amostra;
- b) os gráficos devem sempre utilizar limites de controle localizados à distância de três desvios-padrões da linha central ($k = 3$ -sigmas);
- c) os dados devem ser obtidos e organizados em amostras (ou subgrupos), segundo algum critério racional, visando permitir a obtenção das respostas necessárias;
- d) o conhecimento obtido através dos gráficos de controle, deve ser empregado para modificar e adequar as ações.

Em algumas circunstâncias admite-se 4-sigmas, quando os custos de investigação de um alarme falso forem muito grandes. Usam-se 2-sigmas, quando a análise das possíveis causas do aparecimento de fatores especiais de variação for simples, com um mínimo de tempo perdido e quando o custo de produção de artigos defeituosos for alto.

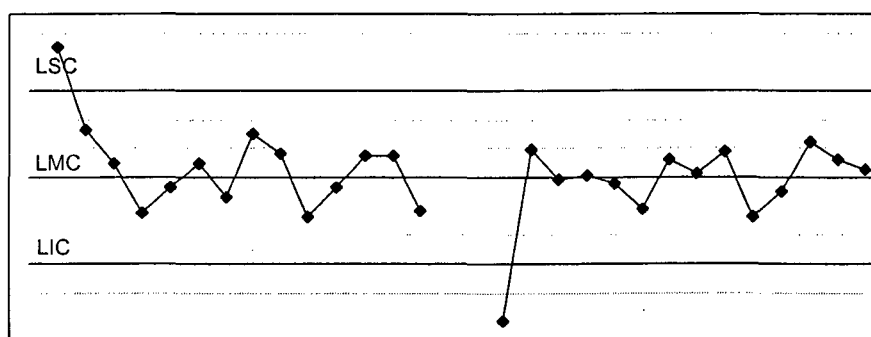
3.3.3. Análise dos Gráficos de Controle

Considerando-se as *causas comuns* ou também conhecidas como *fatores inerentes do processo* e as chamadas *causas especiais* ou denominadas por alguns como *fatores particulares de processo*, pode-se realizar a análise da distribuição dos pontos locados no gráfico [DEMING, 1990]; [SIQUEIRA(a), 1997] e [RAMOS, 2000]. Embora seja apenas possível identificar as causas especiais, no gráfico, estas correspondem a algum acontecimento havido no decorrer do processo. Em qualquer uma das circunstâncias abaixo descritas, deve-se considerar que o *processo está fora de controle estatístico*. Os arranjos típicos que os pontos podem apresentar são:

1. Variação Extrema

Esta anomalia é reconhecida em gráficos de controle, por meio de um ponto ou mais fora dos limites, conforme mostra o gráfico da figura 3.8. O aparecimento de anomalias desta natureza pode ter como causa erros em medições e cálculos, condições de temperatura e pressão irregulares, ajustes feitos de forma errada e depois corrigidos, início ou fim de operações. A identificação destas ocorrências, torna necessária a realização de uma pesquisa para detectar as reais causas e condições que geraram estes pontos. Assim, para-se a máquina de produção do item e o operador busca a possível causa da não-conformidade. Não encontrando, dado as tentativas padrões, recorre ao supervisor para tomada de decisão.

Figura 3.8. Gráfico de Controle Mostrando Variação Extrema



Fonte: Sommer [2000], p. 28.

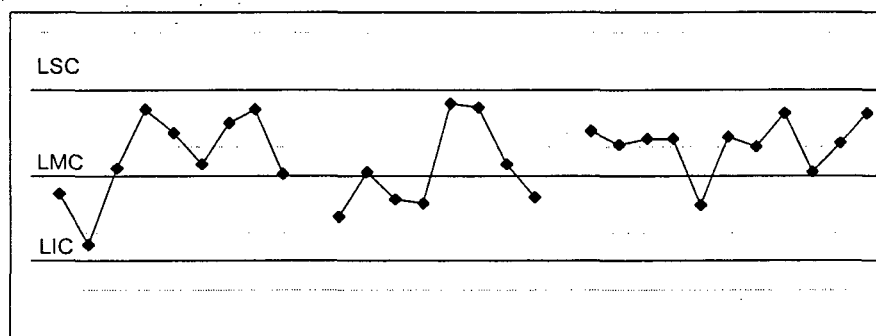
2. Pontos nas Regiões de Alerta (Desvios)

Embora neste caso os pontos estejam dentro dos limites de controle, o processo pode estar fora de controle estatístico. São situações onde:

- a) um grupo de 4 em 5 pontos consecutivos nas regiões de 2 e 3-sigmas;
- b) 2 em 3 pontos consecutivos próximos a qualquer linha limite de controle; e
- c) 10 em 11 pontos consecutivos estão abaixo ou acima da linha média.

Na figura 3.9 são apresentadas algumas destas condições. As causas destas anomalias, geralmente, podem ser associadas a diferentes tipos de materiais, mudança de operador ou de inspetor, outro equipamento de inspeção, de máquinas ou de ajustes.

Figura 3.9. Gráfico de Controle Mostrando Desvios (casos a, b e c)

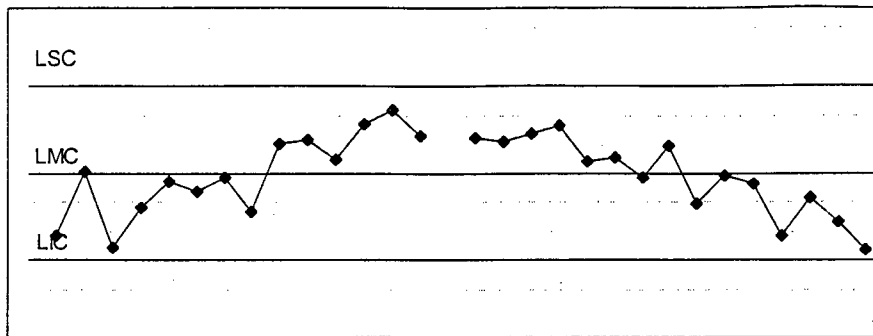


Fonte: Sommer [2000], p. 28.

3. Tendência

Os pontos no gráfico de controle, dado a sua aleatoriedade, tem uma contínua movimentação para cima ou para baixo da linha central. Porém os pontos consecutivos ou não, podem formar uma tendência ou padrão, conforme mostra a figura 3.10. Geralmente, a tendência é causada por desgaste de ferramentas, de dispositivos de posicionamento e de travamento, por defeitos de temperatura e de umidade, por deterioração de reagentes, por acumulação de poeira e por folga em fixações e em furos.

Figura 3.10. Gráfico de Controle Mostrando Tendências

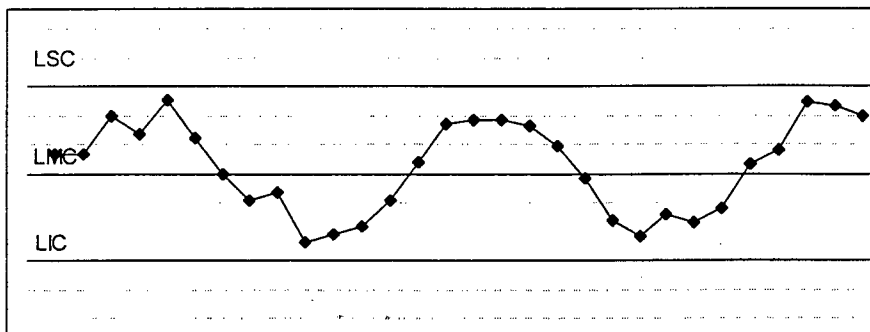


Fonte: Sommer [2000], p. 29.

4. Ciclos

Ciclos são arranjos que se repetem, mostrando picos e vales alternadamente, conforme mostra a figura 3.11. São indicativos de causas atribuíveis afetando periodicamente o processo. Geralmente esse comportamento está associado a efeitos sazonais, razões mecânicas, diferenças causadas por desvios, etc. A ciclicidade também pode provir de desgaste, excentricidade, fadiga, troca de operadores. No caso da amplitude, pode indicar rotação de dispositivo de fixação, medidores ou moldes, uso excessivo da ferramenta ou ferramenta cega. A presença de ciclos indica a existência de um fator especial não inerente, que está afetando o processo. Deve ser identificado e eliminado.

Figura 3.11. Gráfico de Controle Ilustrando Ciclos



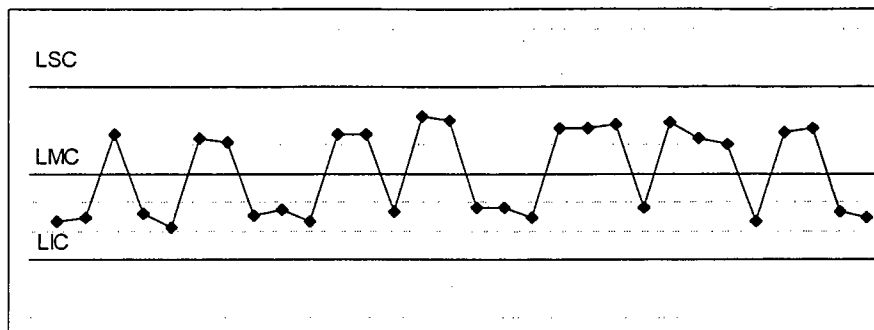
Fonte: Sommer [2000], p. 29

5. Falta de Variabilidade

É verificada quando os pontos permanecem muitos próximos da linha central, conforme mostra a figura 3.12. As causas para tal comportamento são seleção imprópria de

subgrupos de amostras e medições tendenciosas. Exemplo: medições obtidas por equipamento não apropriado para medir dimensões de interesse ou por inspetores que não sabem como efetuar as medições.

Figura 3.12. Gráfico de Controle Ilustrando Falta de Variabilidade

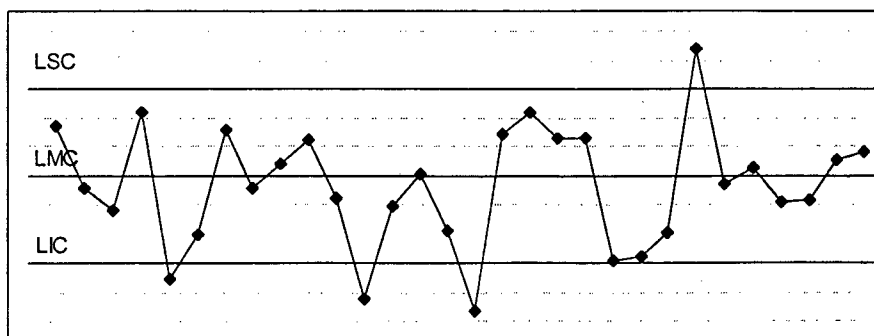


Fonte: Sommer [2000], p. 30.

6. Variabilidade Excessiva

Variabilidade excessiva ou flutuação errática é caracterizada por altos e baixos nos pontos do gráfico, conforme mostra a figura 3.13. As causas para esse arranjo são relativamente difíceis de se identificar. Podem existir causas diferentes agindo em épocas diferentes no processo considerado. Em tais situações sempre é útil enumerar diversos fatores conhecidos deste processo, relacionados com operadores, máquinas, materiais, equipamentos de ensaio, dispositivos, medidores, etc. Devem ser considerados, ainda, os problemas de ajustes freqüente de máquinas ou tipos diferentes de materiais sendo processados.

Figura 3.13. Gráfico de Controle Ilustrando Variabilidade Excessiva



Fonte: Sommer [2000], p. 30.

É importante, ter presente, que não se esgotaram todas as possibilidades do processo estar fora de controle. A maneira de verificar os casos acima e outros, é lembrar que existe uma curva normal associada ao gráfico e que ela sempre deverá estar caracterizada na distribuição dos pontos em todo gráfico. Caso haja suspeita de que mais de uma causa influencia o processo, as modificações deverão ser implantadas gradativamente, a partir daquela mais importante. Nos gráficos de controle por variáveis é melhor iniciar o estudo a partir da dispersão, para após verificar a centralização.

3.4. Gráficos de Controle por Variáveis

Os gráficos por variáveis costumam ser superiores (em termo de desempenho) aos por atributos, pois necessitam de tamanhos de amostras menores e contém uma maior quantidade de informações nos seus dados [RAMOS, 2000]. Estes gráficos aplicam-se às variáveis de qualidade que correspondem a medidas físicas, dado que este tipo de variável tem comportamento conforme a distribuição Gaussiana.

Quando se trabalha com amostras, pode-se descrevê-las através de certas medidas que indicam, por exemplo, onde está o seu centro ou de quanto é sua variabilidade. Estas medidas ou estatísticas são, conseqüentemente, chamadas de centralização e dispersão, respectivamente [DEMING, 1990]; [RAMOS, 2000] e [SIQUEIRA(a),1997]. A seguir são mostradas as principais medidas de centralização (Média e Mediana) e as principais medidas de dispersão (Desvio-padrão e Amplitude) empregadas em CEP. As fórmulas e definições dos estimadores dos parâmetros populacionais obtidos com base em uma amostra aleatória $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ de característica representada pela variável aleatória x são:

- a) Média (\bar{x}): é calculada como sendo a soma de todos os valores da amostra, dividida pelo tamanho da amostra (n), ou seja,

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

- b) Mediana (\tilde{x}): dada um amostra ordenada, a mediana é calculada como sendo o termo de ordem $(n + 1)/2$, quando n é ímpar, ou como sendo a média do termo de ordem $n/2$ com o termo de ordem $n/2 + 1$, quando n é par.

- c) Desvio-padrão (s): é definido como sendo a raiz quadrada da soma dos desvios quadráticos de cada valor com relação à média amostral, divididos por $n - 1$, ou seja:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

- d) Amplitude (R): é a diferença entre o maior e o menor valor da amostra, ou seja:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (3.3)$$

No caso de se trabalhar com várias (k) amostras de tamanho n_i tem-se a média amostral de $\sum_{i=1}^k n_i$ valores dada pela seguinte expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (3.4.a)$$

Considerando o caso em que todas as amostras apresentam o mesmo tamanho (n), a média amostral poderá ser calculada pela expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}}{k \cdot n} \quad (3.4.b)$$

A amplitude média será dada por:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} \quad (3.5)$$

O desvio-padrão médio será dado por:

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (3.6)$$

Tanto o valor de $\bar{\bar{x}}$ quanto o de \bar{R} somente serão adequados para representar o desempenho do processo se este for estável, isto é, se não existirem causas especiais atuando, pois neste caso sabe-se que a variável aleatória x segue uma distribuição

normal. Quando existem causas especiais de variação atuando sobre o processo, a variável sob controle deixa de se comportar segundo uma distribuição normal, e os parâmetros \bar{x} e \bar{R} perdem significado prático para caracterização da distribuição [RAMOS, 2000] e [SIQUEIRA(a),1997].

1. Carta \bar{x} e R (Média amostral e Amplitude amostral)

No controle estatístico do processo as amostras tomadas para inspeção da característica em questão, $[x_1, x_2, \dots, x_n]$, devem ter tamanho máximo $n=10$. O motivo deste procedimento é o custo deste trabalho e, mesmo porque o importante é exatamente não se produzir itens defeituosos. O objetivo é a busca contínua de causas de características não inerentes ao processo. Então, quando se tem $n \leq 10$ as medidas de dispersão amostral s e R são equivalentes.

Não existe grande vantagem em se trabalhar com o estimador s , do desvio-padrão σ . Pode-se trabalhar com uma expressão de $\hat{\sigma}$ em função da amplitude amostral R , que é fácil de calcular. No “chão de fábrica” é muito mais fácil o operário fazer a subtração $R = x_{(n)} - x_{(1)}$ do que calcular a raiz quadrada de uma média quadrática. Contudo, hoje em dia, o treinamento em CEP está muito avançado nas empresas e os operários calculam com a maior facilidade, em calculadora eletrônica, o desvio-padrão amostral s . Não existe atualmente razão nenhuma, a não ser a tradição, para o cálculo de R .

Na carta de controle da média amostral os limites de controle são calculados através de $\mu(\bar{x}) \pm 3 \cdot \sigma(\bar{x})$. Considerando que $\mu(\bar{x})$ não é conhecido, utiliza-se $\bar{\bar{x}}$ como estimador.

Para $\sigma(\bar{x})$, parte-se da consideração de que $\omega' = \frac{R}{\sigma(x)}$ tem $E(\omega') = d_2$. Assim, tem-se

$\hat{\sigma}(x) = \frac{\bar{R}}{d_2}$ e $\hat{\sigma}(\bar{x}) = \frac{\hat{\sigma}(x)}{\sqrt{n}} = \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$. Para simplificação destes cálculos, define-se

$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$, cujos valores podem ser tabelados em função do tamanho da amostra (veja

Anexo I. Tabela D. [Siqueira,1997. p. 128]). Resumindo, com isto os limites de controle para a média amostral, considerando conhecidos $\bar{\bar{x}}$ e \bar{R} , serão calculados como segue:

Carta da Média:

$$LSC_X = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LMC_X = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC_X = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

Na carta de controle da amplitude amostral os limites de controle são calculados através de $\mu(R) \pm 3 \cdot \sigma(R)$. Considerando que $\mu(R)$ não é conhecido, utiliza-se \bar{R} como estimador. Para $\sigma(R)$, parte-se da consideração de que $\omega'' = \frac{\sigma(R)}{\sigma(x)}$ tem $E(\omega'') = d_3$.

Assim, tem-se $\hat{\sigma}(R) = \hat{\sigma}(x) \cdot d_3 = \frac{\bar{R}}{d_2} \cdot d_3$. Para simplificação destes cálculos, define-se

$$D_4 = 1 + 3 \cdot \frac{d_3}{d_2} \text{ e } D_3 = 1 - 3 \cdot \frac{d_3}{d_2},$$

cujos valores podem ser tabelados em função do tamanho da amostra (veja Anexo I. Tabela D. [Siqueira,1997. p. 128]). Com isto os limites de controle para a amplitude amostral, considerando \bar{R} conhecido, serão calculados como segue:

Carta da Amplitude:

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LMC_R = \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

2. Carta \bar{x} e s (Média e Desvio-Padrão)

Quando $n > 10$, não se deve empregar R para avaliar a variabilidade do processo. Nestes casos utiliza-se s para a construção das cartas. O procedimento usando o desvio-padrão da amostra, é mais eficiente estatisticamente que aquele que utiliza a amplitude. Por outro lado, a determinação de s implica treinamento e calculadoras apropriadas.

Na carta de controle da média amostral os limites de controle são calculados através de $\mu(\bar{x}) \pm 3 \cdot \sigma(\bar{x})$. Considerando que $\mu(\bar{x})$ não é conhecido, utiliza-se $\bar{\bar{x}}$ como estimador.

Para $\sigma(\bar{x})$, parte-se da consideração de que $\omega''' = \frac{s}{\sigma(x)}$ tem $E(\omega''') = c_4$. Assim, tem-

se $\hat{\sigma}(x) = \frac{\bar{s}}{c_4}$ e $\hat{\sigma}(\bar{x}) = \frac{\hat{\sigma}(x)}{\sqrt{n}} = \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}}$. Para simplificação destes cálculos, define-se

$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$, cujos valores podem ser tabelados em função do tamanho da amostra (veja

Anexo I. Tabela D. [Siqueira,1997. p. 128]). Resumindo, com isto os limites de controle para a média amostral, considerando conhecidos $\bar{\bar{x}}$ e \bar{s} , serão calculados como segue:

Carta da Média: $LSC_X = \bar{\bar{x}} + A_3 \cdot \bar{s}$

$$LMC_X = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC_X = \bar{\bar{x}} - A_3 \cdot \bar{s}$$

Na carta de controle do desvio-padrão amostral os limites de controle são calculados através de $\mu(s) \pm 3 \cdot \sigma(s)$. Considerando que $\mu(s)$ não é conhecido, utiliza-se \bar{s} como estimador. Para $\sigma(s)$, parte-se da consideração de que $\omega^{IV} = \frac{\sigma(s)}{\sigma(x)}$ tem $E(\omega^{IV}) = c_5$.

Assim, tem-se $\hat{\sigma}(s) = \hat{\sigma}(x) \cdot c_5 = \frac{\bar{s}}{c_4} \cdot c_5$. Para simplificação destes cálculos, define-se

$B_4 = 1 + 3 \cdot \frac{c_5}{c_4}$ e $B_3 = 1 - 3 \cdot \frac{c_5}{c_4}$, cujos valores podem ser tabelados em função do

tamanho da amostra (veja Anexo I. Tabela D. [Siqueira,1997. p. 128]). Com isto os limites de controle para o desvio-padrão amostral, considerando \bar{s} conhecido, serão calculados como segue:

Carta do Desvio-Padrão: $LSC_S = B_4 \cdot \bar{s}$

$$LMC_S = \bar{s}$$

$$LIC_S = B_3 \cdot \bar{s}$$

3. Carta \tilde{x} e R (Mediana e Amplitude)

Em certos casos é interessante adotar este procedimento, uma vez que facilita muito ao operador, a locação de ponto intermediário após a ordenação dos dados. Para construir a carta correspondente composta por dois gráficos, adota-se como limites:

Carta da Mediana:

$$LSC_X = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$LMC_X = \bar{\bar{x}}$$

$$LIC_X = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

Carta da Amplitude:

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LMC_R = \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

Note-se que as expressões acima são semelhantes às utilizadas no caso das cartas de média amostral e amplitude amostral, tão somente trocando os valores de $\bar{\bar{x}}$ por \bar{x} como estimador de $\mu(\bar{x})$. Os valores de A_2 , D_3 e D_4 são calculados em conformidade com as mesmas expressões anteriormente apresentadas, e podem ser obtidos diretamente de tabelas (veja Anexo 1).

Outros tipos de cartas de controle por variáveis podem ser encontrados na literatura, tais como: cartas de valor individual e amplitude móvel (x, R_m), carta da média e amplitudes móveis (\bar{x}_m, R_m), carta por bateladas, cartas por grupos e cartas 3-D [RAMOS, 2000].

3.5. Gráficos de Controle por Atributos

Um gráfico de controle deve ser adequado ao tipo de variável que ele vai controlar. Quando o controle é feito para uma característica que corresponde a uma medida física, tem-se o gráfico de controle por variável, como se viu no item anterior (3.4), pois a variável controlada deve ser Gaussiana $x \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$.

Muitas vezes, entretanto, um item é classificado como possuindo ou não um atributo ou qualidade, atendendo ou não a uma especificação. Os itens que não atendem a especificação são denominados defeituosos. Então, frequentemente, o interesse da administração está na fração de itens defeituosos em produção. Neste caso se trabalha

com o gráfico de controle por atributo. A variável controlada possui distribuição Bernoulli $x \sim b(1, p)$, onde p é a fração de defeituosos que se quer controlar. Em outras palavras, a peça (amostra com $n = 1$) poderá falhar com probabilidade p .

No caso da amostra ter n peças, o número de peças com falha seguirá uma distribuição binomial $d \sim b(n, p)$. Nestes casos a estimativa amostral de p , dado k amostras de tamanho n , com $[d_1, d_2, \dots, d_k]$ falhas, será dado por:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k \cdot n} \quad (3.7)$$

No caso em que $n \cdot \bar{p} > 5$ e $n \cdot (1 - \bar{p}) > 5$ então no lugar da distribuição binomial pode-se utilizar a distribuição normal (aproximação da binomial pela normal). Neste caso, os limites de controle estabelecidos em $\mu(p) \pm 3 \cdot \sigma(p)$ continuam válidos. Dois gráficos poderão ser construídos para controlar tais situações: Gráfico de Fração de Defeituosos e o Gráfico de Número de Defeituosos na Amostra.

a) *Gráfico p ou da Proporção (fração de defeituosos)*: este gráfico é usado para controlar a porcentagem de unidades não-conformes na amostra. Conforme exposto acima, os limites podem ser estabelecidos com base em $\mu(p) \pm 3 \cdot \sigma(p)$, o que determina:

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}}$$

$$LM_p = \bar{p}$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}}$$

b) *Gráfico np ou do Número Total de Defeituosos*: é utilizado para controlar o número de unidades não-conformes na amostra. É de fácil manuseio por qualquer operador, sendo similar ao gráfico anterior, com a diferença que se deseja marcar o número de defeituosos encontrados na amostra. Neste caso, os limites de controle são estabelecidos em:

$$LSC_{np} = n \cdot \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$$

$$LM_{np} = n \cdot \bar{p}$$

$$LIC_{np} = n \cdot \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$$

Por outro lado, ocorre freqüentemente de se querer controlar o número de ocorrências de uma não conformidade por unidade de produto. A variável que representa este fenômeno é x que tem distribuição Poisson, $x \sim P(\lambda)$. Uma estimativa amostral para λ , dado k amostras com $[c_1, c_2, \dots, c_k]$ falhas, será dada por:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} \quad (3.8)$$

Para $\bar{c} > 5$, a distribuição de Poisson poderá ser aproximada por uma distribuição normal, e os limites de controle poderão ser obtidos por $\mu(c) \pm 3 \cdot \sigma(c)$. Entre os gráficos de controle por atributos, que permitem acompanhar este processo, tem-se: Gráfico de Número de defeitos na Amostra e o Gráfico de Defeitos por Unidade.

c) *Gráfico c ou de Número de Defeitos na Amostra*: é um gráfico de controle para o número de não conformidade de numa amostra. Também conhecida como Carta de Defeitos Diversos, e considerando os limites de controles dados por $\mu(c) \pm 3 \cdot \sigma(c)$, tem-se:

$$LSC_c = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$$

$$LM_c = \bar{c}$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$$

d) *Gráfico u ou de Defeitos por Unidade*, para o número de não-conformidades por amostra considerada como uma unidade. O número de defeitos por unidade de inspeção (u) é definido como sendo a razão entre o número de defeitos na amostra (c) e o tamanho da unidade de inspeção (n), e uma estimativa para o mesmo é dado por:

$$\bar{u} = \frac{\bar{c}}{n} \quad (3.9)$$

Os limites de controle, neste caso, são:

$$LSC_u = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LM_u = \bar{u}$$

$$LIC_u = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

3.6 . Análise do Processo

3.6.1. Limites Naturais de Tolerância do Processo

Não se deve confundir *Limites Naturais de Tolerância* do processo com *Limites de Controle* (LIC e LSC). Os limites naturais de tolerância de um processo estável, são definidos como os localizados a mais e a menos três desvios-padrão da população, para cada lado da média do processo, isto é, $\mu \pm 3\sigma$ [RAMOS,2000]. De forma que se tem: $LNTI = \mu - 3\sigma$ e $LNTS = \mu + 3\sigma$, onde μ é a média verdadeira do processo e σ o desvio-padrão. Mas, como em geral não se dispõe dos parâmetros μ e σ , usa-se as estimativas amostrais $\hat{\mu} = \bar{x}$ e $\hat{\sigma} = s$ de forma que se tem $LNTI = \bar{x} - 3s$ e $LNTS = \bar{x} + 3s$. Os limites naturais de tolerância do processo abrangem uma região de $LNTS - LNTI = \mu + 3\sigma - \mu - 3\sigma = 6\sigma$. Isto pode ser usado para estimar um índice muito importante na moderna indústria. É o índice da capacidade do processo definido, na forma mais simples, por:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \sigma} \quad (3.10)$$

onde LSE é o limite superior de especificação da característica e LIE é o limite inferior de especificação. Uma empresa é considerada capaz quando o seu índice Cp ou, melhor ainda,

$$Cpk = \min \{Cpi ; Cps\} \quad (3.11)$$

é maior do que 1, onde os índices de capacidade inferior e superior são respectivamente,

$$C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad e \quad C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (3.12)$$

Alguns autores atribuem a estes índices uma importância vital no desempenho da economia. O Prof. Anselmo Chaves Neto², por exemplo, declara:

“Para se ter uma idéia da importância desse índice, é interessante observar que no início da década de 80 (antes do emprego massivo do CEP por Deming), o Cpk médio da indústria americana era de 0.67. Em comparação, o Cpk mínimo japonês era de 1.33. Esta diferença explica o grande aumento da riqueza japonesa e a inflação de dois dígitos que aconteceu nos USA durante o governo Carter (1975 – 1978)”.

3.6.2. Interpretação da Estabilidade do Processo

A análise dos gráficos de controle permite que se determine se um dado processo é estável, ou seja, se não há presença de causas especiais. Para um processo ser considerado estatisticamente estável, os pontos nos gráficos de controle devem distribuir-se, aleatoriamente, em torno da linha central, sem que haja padrões estranhos do tipo [RAMOS, 2000]:

- a) tendências crescentes ou decrescentes;
- b) ciclos;
- c) estratificações ou misturas; e
- d) pontos fora dos limites de controle.

Testes de não-aleatoriedade servem para verificar se um determinado processo, pode ser considerado como sujeito somente à ação de causas comuns de variação, situação em que o mesmo é dito estável (sob controle ou previsível), ou se, os pontos do gráfico de controle apresentam alguma configuração estranha.

² Professor do Departamento de Estatística da UFPR e Consultor em Estatística.

Por vezes, mesmo que todos os pontos do gráfico estejam dentro dos limites de controle, isto não significa, necessariamente, que não existam causas especiais atuando. Portanto, é extremamente importante conhecer os testes que avaliam a estabilidade estatística do processo.

Os testes de não-aleatoriedade apresentados no quadro 3.2, podem ser aplicados a qualquer gráfico de média (\bar{X}) e valor individual (x). Os demais critérios foram baseados na distribuição normal.

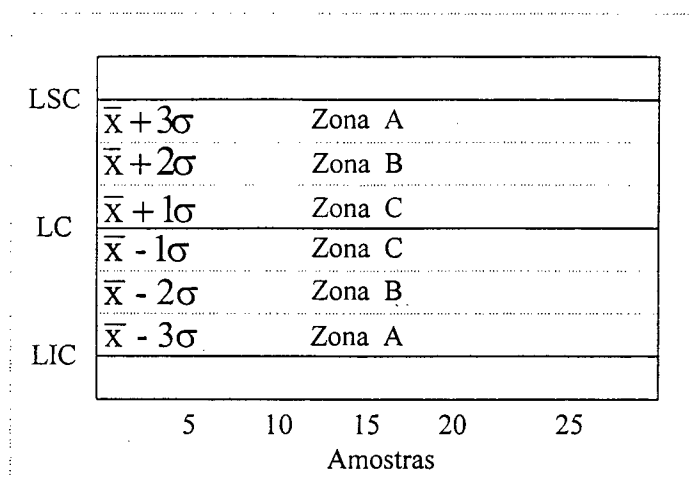
A figura 3.14 apresenta um gráfico de controle estilizado, mostrando as zonas para aplicação destes testes, com os respectivos limites das zonas A, B, C.

Quadro 3.1. Testes de Não-Aleatoriedade

Teste	Crítérios
1. Ponto fora dos limites de controle	<ul style="list-style-type: none"> Um único ponto acima do LSC ou abaixo do LIC
2. Presença de ciclos ou tendências	<ul style="list-style-type: none"> Seis pontos consecutivos aumentando ou diminuindo Pontos oscilando para cima e para baixo, formando ciclos
3. Estratificação ou falta de variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Quinze pontos consecutivos na zona C Quatorze pontos consecutivos se alternando para cima e para baixo
4. Seqüência de pontos próximos dos limites de controle	<ul style="list-style-type: none"> Oito pontos consecutivos fora da zona A Dois em três pontos consecutivos na zona A Quatro em cinco pontos consecutivos fora da zona C
5. Seqüência de pontos do mesmo lado da linha média	<ul style="list-style-type: none"> Nove pontos consecutivos do mesmo lado da linha média

Fonte: Ramos [2000], p. 71

Figura 3.14. Gráfico de Controle estilizado mostrando as zonas de aplicação dos testes de não-aleatoriedade.



Fonte: Ramos [2000], p. 71.

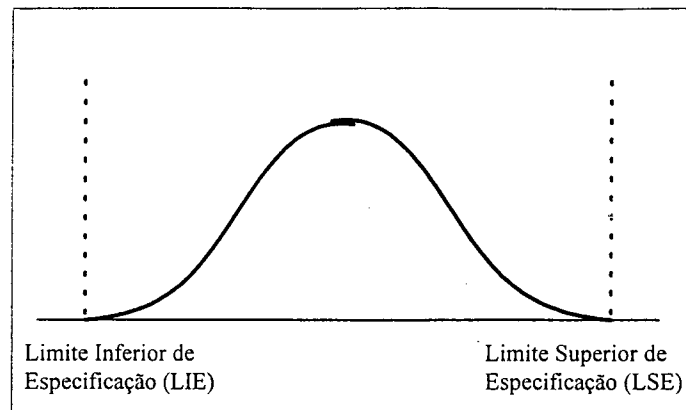
Não existem testes que possibilitem a detecção de toda e qualquer causa especial. Esta é função da experiência e dos olhos de quem analisa o gráfico de controle. Assim, sempre é possível, que ocorram discussões entre profissionais quando da decisão sobre considerar, ou não, uma seqüência de pontos como uma causa especial.

Entretanto, provavelmente, é melhor buscar uma causa especial, mesmo que se trate de um falso alarme, do que deixá-la passar despercebida. Recomenda-se que, em caso de dúvida, se atue para identificar a razão pela qual o processo saiu de controle.

3.6.3. Capacidade do Processo

A capacidade do processo envolve a comparação entre *Limites Naturais* do processo com os *Limites Especificados* (especificações) [DEMING, 1990] e [RAMOS,2000]. Na seqüência, serão mostradas as figuras que ilustram as situações de processo *capaz* e *não-capaz*. No processo considerado capaz, todo o resultado virtualmente se encontra dentro das especificações, como pode ser observado na figura 3.15. Nestes casos o índice de capacidade é superior a 1.

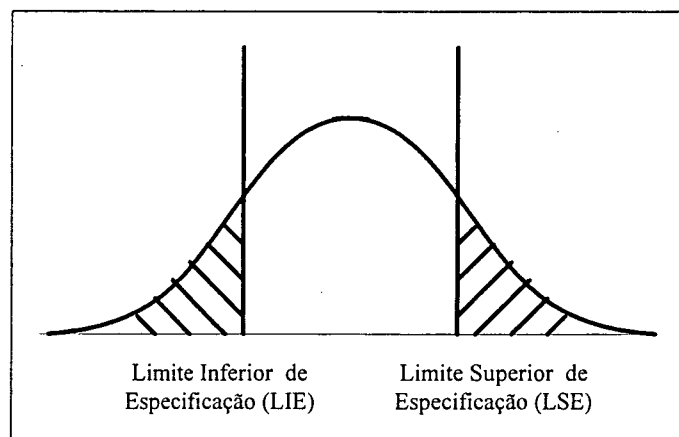
Figura 3.15. Situação do Processo *Capaz*



Fonte: Sommer [2000], p. 39.

Já no processo não-capaz, a probabilidade de ocorrerem resultados fora dos limites de especificação é significativa, como pode ser observado na figura 3.16.

Figura 3.16. Situação do Processo *Não-Capaz*.



Fonte: Sommer [2000], p. 29.

3.6.4. Índice de Capacidade do Processo

Dois índices são mais frequentemente empregados nos estudos de capacidade [RAMOS, 2000] e [SIQUEIRA, 1997]: C_p e C_{pk} .

a) Índice Potencial do Processo (C_p)

O índice C_p tem por objetivo medir o potencial que um processo apresenta em relação à sua capacidade de atender os limites de especificação estabelecidos. Este valor fornece a informação sobre o processo, considerando-se seus limites naturais, com diferença amostral de $6 \cdot \sigma$. O índice C_p é determinado pela seguinte expressão:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \sigma} \quad (3.13)$$

Como pode ser observado, $C_p > 1$ implica o fato da variabilidade do processo ser menor que a variabilidade permitida pela especificação; em outras palavras, isto indica que o processo é capaz de atender à especificação. Em caso contrário, se $C_p < 1$, o processo não é capaz de atender à especificação, pois sua variabilidade é maior que a permitida. Note-se que, o índice C_p não leva em consideração a centralização do processo, isto é, se a média estimada do processo (\bar{X}) está centrada em relação aos limites de especificação, ou seja, se \bar{X} é igual ao alvo especificado. Assim, na verdade se tem a capacidade potencial do processo, caso ele fosse centralizado.

O índice C_{pk} é uma medida de dispersão e de posição de um processo em relação à média. É uma medida de quantas vezes três desvios-padrão cabem no intervalo entre a média do processo e um dos limites especificados (o que estiver mais próximo da média amostral). Quanto menor o C_{pk} maior a dispersão do processo ou maior o afastamento da média do processo em relação ao alvo (valor médio especificado). Determina-se o C_{pk} através da seguinte expressão:

$$C_{pk} = \min \{C_{ps}; C_{pi}\} \quad (3.14)$$

$$\text{onde: } C_{ps} = \frac{LSE - \bar{X}}{3 \cdot \sigma} \text{ e } C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3 \cdot \sigma}$$

Para o cálculo destes índices, os autores citados acima observam, que se deve ter, pelo menos, trinta valores de controle, para que os resultados tenham significado estatístico.

O índice Cpk indica a falta de centralização do processo, por isto se chama índice da capacidade atual, que pode ser melhorado quando o processo for centrado.

3.7. Considerações Finais

Diante da preocupação em gerenciar os negócios de forma satisfatória e adequada às necessidades dos clientes, as empresas têm procurado implantar metodologias que, possibilitem um gerenciamento de forma sistematizada e segura. Dentro deste contexto, foram sucintamente apresentadas, neste capítulo, ferramentas disponíveis na literatura a respeito de gerenciamento para a qualidade e produtividade.

Partindo-se da necessidade de controlar e avaliar o processo de execução dos serviços de transporte urbano de passageiros, adotou-se a metodologia gráfica do CEP (Controle Estatístico do Processo), as quais serão utilizadas para acompanhar e controlar periodicamente, os indicadores de qualidade e produtividade, através do Sistema de Controle proposto neste trabalho, para avaliar o processo de produção do serviço de transporte de passageiros, o qual será apresentado no capítulo seguinte.

Capítulo IV

4. O Sistema Proposto para Controle de Indicadores de Qualidade e Produtividade

4.1. Considerações Iniciais

O volume de dados coletados diariamente em uma empresa de transporte de passageiros, em função das centenas ou milhares de viagens realizadas, requer uma forma de controle sistematizada. Ao contrário de um sistema produtivo que apresenta um produto para ser inspecionado, no caso dos sistemas de transporte o que se dispõe são registros da operação sobre as viagens realizadas. Estes registros são disponibilizados para avaliação, em uma base de dados. Neste sentido, o *Sistema de Controle* proposto, vem proporcionar à empresa de transporte de passageiros, o controle necessário para o processo de tomada de decisão.

4.2. Base de Dados Relacionais

Sistema Gerenciador de Banco de Dados ou SGBD (ou DBMS - do inglês *Database Management System*), é um sistema que serve para gerenciar dados armazenados de forma organizada, permitindo inclusão, alteração, exclusão, consulta e manipulação dos dados [KERN, 1994]. Os SGBD's foram precedidos pelos sistemas de gerenciamento de arquivos, que executavam tarefas como geração de relatórios e ordenação de arquivos.

A partir das décadas de 50 e 60 surgiram no mercado produtos voltados para definição de dados, ou geradores de banco de dados. A arquitetura de um SGBD é estabelecida a partir de um modelo de dados, que é uma forma de representação resultante de uma abstração. O projeto de um banco de dados envolve o desenvolvimento de um modelo formal, relativo à estruturação dos dados de todo um empreendimento.

Um banco de dados é um acervo de informações armazenadas segundo certos critérios de organização [KERN, 1994], e com a finalidade de representar de forma lógica, esta estrutura de armazenamento de dados, é construído o Diagrama de Entidades e Relacionamentos (DER), cujo objetivo é enfatizar os principais objetos ou entidades de dados, armazenados nas bases de dados, com os quais o sistema deve trabalhar, bem como as relações entre estes objetos.

Um diagrama de entidades e relacionamentos é composto por três elementos principais: entidades, atributos e relacionamentos [KERN, 1994] e [CHEN, 1990].

Entidade é um conjunto de objetos de mesma natureza, com as mesmas características ou atributos, abrigados sob um nome genérico. A representação de uma entidade no DER é realizada por retângulos. Em um banco de dados de uma Universidade, por exemplo, são entidades: Alunos, Professores, Cursos, Departamentos, etc, onde cada um deles representa uma coleção de objetos com os mesmos tipos de atributos. Chama-se ocorrência de uma entidade a cada objeto que pertence a entidade. No exemplo acima, Ciências da Computação poderia ser uma ocorrência da entidade Curso.

Quadro 4.1. Entidades e seus Atributos

Entidade	Atributos
ALUNO	Nome Número de matrícula Endereço
PROFESSOR	Nome Código Data de admissão Salário

Fonte: Kern, [1994], p. 5.

No exemplo do quadro 4.1, número de matrícula, nome do aluno e endereço da entidade ALUNO, são atributos. Cada ocorrência de entidade apresentar-se-á como uma coleção de elementos de dados ou atributos, como mostra o exemplo. Denomina-se *atributo determinante* àquele que identifica uma ocorrência. No exemplo do quadro 4.1, o

número de matrícula é o atributo determinante da entidade ALUNO, e identifica, de forma única, cada registro desta entidade

Relacionamento são associações (conexões) entre entidades, que representam um fato ou situação do mundo real. No exemplo do quadro 4.1, um relacionamento de orientação entre professor e aluno pode ser caracterizado na medida em que uma ocorrência da entidade PROFESSOR pode estar associada a diversas ocorrências da entidade ALUNO. Desta forma, o DER para este modelo de armazenamento de dados poderia ter o aspecto apresentado na figura 4.1.

Figura 4.1 – Diagrama de Entidades e Relacionamentos



Na estrutura física da base de dados relacionais, o componente fundamental é a tabela, a qual é composta por linhas e colunas, e é utilizada para organizar e armazenar informações. Na estrutura de uma base de dados relacionais as tabelas se integram através de relações, que asseguram o armazenamento dos dados de modo consistente.

O modelo relacional de dados, é uma maneira de conceber a organização de um banco de dados, como uma coleção de tabelas e associações entre estas tabelas. Um banco de dados pode ser definido, ainda, como uma coleção de informações relacionadas a um determinado assunto ou finalidade, tais como: controle de pedidos dos clientes, manutenção de uma coleção musical, cadastro de fornecedores, controle de estoque, entre outros. Se o banco de dados não está armazenado em um computador, ou se somente parte dele está, pode ser necessário controlar as informações de um número variado de fontes, que terão de ser coordenadas e organizadas manualmente.

Para KERN [1994], uma base de dados relacionais, é um sistema no qual os dados são percebidos pelos usuários como tabelas inter-relacionadas, e as operações aplicáveis ao sistema, geram outras tabelas a partir das primeiras. Utilizando-se linguagens adequadas, pode-se gerenciar todas as informações, a partir de um único arquivo de banco de dados. Dentro deste arquivo, os dados encontram-se em compartimentos de

armazenamento separados, denominadas *tabelas*. Para armazenar os dados, é necessário criar uma tabela para cada tipo de informação a ser registrada.

De acordo com a literatura encontrada [KERN, 1994] e [FURTADO; SANTOS, 1986], uma tabela ou relação é composta por linhas ou *t*-uplas, chamadas de registros, e colunas chamadas de campos. Uma tabela é uma coleção de dados sobre um tópico específico, como por exemplo, produtos, fornecedores, entre outros. Usar uma tabela separada para cada tópico, significa que se pode armazenar aquele dado apenas uma vez, o que torna o banco de dados mais eficiente e reduz erros de entrada de dados e de consistência. Por exemplo, no quadro 4.2, cada tabela é armazenada em um arquivo, e cada linha é um registro, com conteúdo único na tabela. Cada coluna é um campo, identificado por um nome que representa o tipo de dado contido na coluna. No exemplo, as tabelas têm uma coluna em comum: *id_depto*. Este atributo cumpre o papel de identificador de cada registro na tabela DEPTO, enquanto que na tabela FUNCIONÁRIO, serve de apontador que permite chegar ao nome do departamento.

Quadro 4.2. Apresentação de Tabelas

Tabela DEPTO	
Id_depto	Nome_depto
4	Compras
9	Tele vendas
3	Manutenção

Tabela FUNCIONÁRIO				
Id_func	Nome_func	Data Nasc.	Sexo	Id_depto
39	Nara do Céu	10/01/61	F	4
14	João Ozório	22/01/55	M	3
76	Luiz Hooks	11/04/77	M	9
90	Carmem Biz	02/02/67	F	4
91	Joaquim Vaz	12/12/58	M	4

Kern, [1994], p. 4

Depois de ter estabelecido diferentes tabelas para cada assunto, é necessário informar ao gerenciador do banco de dados como reunir novamente estas informações. Isto é feito através da definição dos relacionamentos, entre as entidades ou tabelas criadas. Um

relacionamento funciona pela coincidência de dados em campos chave (geralmente um campo com o mesmo nome em ambas as tabelas). Na maioria dos casos, esses campos coincidentes são a *chave primária*³ de uma tabela, que fornece um identificador exclusivo para cada registro, e uma *chave estrangeira*⁴ da outra tabela. No quadro 4.2. pode-se, por exemplo, associar funcionários aos departamentos aos quais estão alocados, criando-se um relacionamento entre a tabela FUNCIONÁRIO e a tabela DEPTO, utilizando-se o campo *id_depto*. De acordo com a cardinalidade, os relacionamentos são classificados em:

a) relacionamento um-para-muitos: o relacionamento um-para-muitos é o tipo mais comum de relacionamento. Neste tipo de relacionamento, um registro na Tabela A pode ter muitos registros coincidentes na Tabela B, mas um registro na Tabela B tem um só registro coincidente na Tabela A;

b) relacionamento muitos-para-muitos: em um relacionamento muitos-para-muitos, um registro na Tabela A pode ter muitos registros coincidentes na Tabela B, e vice-versa. Esse tipo de relacionamento só é possível definindo-se uma terceira tabela, denominada tabela de associação, cuja chave primária consista em dois campos que são chaves estrangeiras provenientes das tabelas A e B. De fato, um relacionamento muitos-para-muitos é caracterizado por dois relacionamentos um-para-muitos com uma terceira tabela;

c) relacionamento um-para-um: em um relacionamento um-para-um, cada registro na Tabela A pode ter somente um registro coincidente na Tabela B, e vice-versa. Esse tipo de relacionamento não é comum, pois a maioria das informações assim relacionadas estariam em uma só tabela. A utilização de um relacionamento um-para-um é recomendada quando se deseja dividir uma tabela com muitos campos, isolar parte de uma tabela por segurança, ou armazenar informações que se apliquem somente a um subconjunto da tabela principal.

³ Uma *chave primária* é composta por um ou mais campos cujos valores identificam exclusivamente cada registro em uma tabela.

⁴ Uma *chave estrangeira* consiste em um ou mais campos de tabela que se referem a um ou mais campos de chave primária em uma outra tabela. Uma chave estrangeira indica como as tabelas estão relacionadas: os dados nos campos da chave estrangeira e da chave primária devem coincidir.

Para visualizar, alterar e analisar dados utilizam-se consultas, que são realizadas através de ferramentas de alto nível, para as quais o usuário diz o que fazer e não como quer fazer. A manipulação do banco de dados é feita através de uma ou mais linguagens comerciais, que devem respeitar as restrições de integridade. As linguagens de manipulação de dados, são o QBE (*Query-By-Example*), o SQL (*Structured Query Language*) e 4GL, também conhecidas como linguagens de quarta geração [KERN, 1994]. Neste trabalho, a linguagem utilizada para realizar estas consultas é o SQL, originalmente chamada SEQUEL, e que foi introduzida como linguagem de consulta do SGBD System/R⁵.

Uma consulta pode também atualizar ou excluir vários registros ao mesmo tempo, além de efetuar cálculos internos sobre os dados. A estrutura básica para se fazer uma consulta de localização e recuperação, é a que segue:

```
SELECT <campos_das_tabelas_selecionadas>
FROM <lista_de_tabelas_selecionadas>
WHERE <condição_de_seleção>
ORDER BY <ordem_de_apresentação>
GROUP BY <forma_de_agrupamento_dos_registros>
```

Este é o tipo mais comum de consulta, e recupera dados de uma ou mais tabelas, utilizando critérios especificados. Em seguida, exhibe-os na ordem desejada e com o agrupamento estabelecido. Os resultados de consultas podem ser utilizados para processamento ou para a geração de relatórios. Um relatório é uma maneira eficaz de apresentar dados em um formato impresso, exibindo as informações do modo mais adequado. Além da estrutura básica já apresentada, a linguagem SQL pode ser utilizada para realizar modificações nos dados armazenados, através dos operadores INSERT, UPDATE e DELETE. Exemplificando, para alterar registros existentes em uma tabela na base de dados tem-se:

```
UPDATE <tabela>
SET <campo> = <novo_valor_do_campo>
WHERE <condição_para_atualização>
```

⁵ SGBD System/R é um sistema de gerenciamento de base de dados (SGBD) desenvolvido pelo IBM San Jose Research (atualmente IBM Almaden Research Center) no início dos anos 70. O System /R introduziu a linguagem SQL, e demonstrou, também, que as bases de dados relacionais poderiam prover bom desempenho em processamento de transações.

Para inserir um novo registro na base de dados, utiliza-se:

```
INSERT INTO <tabela>
(<lista_de_campos>) VALUES (<lista_de_valores>)
```

Para excluir registros de uma tabela na base de dados, utiliza-se:

```
DELETE <tabela>
WHERE <condição_para_exclusão>
```

Além destes comandos de SQL, existem outros próprios para estruturar a base de dados e seus componentes, os quais não serão aqui apresentados.

4.3. Estrutura da Base de Dados de Operação do Sistema de Transporte

4.3.1. Modelo da Base de Dados Proposto

Para caracterizar a estrutura da base de dados utilizada neste trabalho, foi desenvolvido o Diagrama de Entidades e Relacionamentos, como mostra a figura 4.2, representando a estrutura de dados relativa à parte operacional de uma empresa de transporte público de passageiros. No referido diagrama, embora exista um relacionamento do tipo muitos-para-muitos entre as entidades *Diário* e *Ocorrência*, este foi substituído por dois relacionamentos do tipo um-para-muitos e uma tabela adicional denominada de *DiárioOcorrência*. Assim, pode-se verificar que somente relacionamentos do tipo um-para-muitos foram efetivamente utilizados.

Neste diagrama é apresentada a estrutura física da base de dados, a qual é composta por nove tabelas, descritas a seguir:

Veículo: tabela que armazena os atributos (dados cadastrais) referentes a cada veículo da frota. Nesta tabela, cada veículo é identificado univocamente por um código denominado de *NumVeículo*; informações individualizadas a nível de veículos, tais como: número de assentos disponíveis (*CapSentado*), área disponível para transporte de passageiros em pé (*AreaPe*) e modelo do veículo (*Tipo*), período de utilização do veículo (*VidaÚtil*) são armazenadas nesta tabela. Outros campos poderão ser acrescidos

a esta tabela, na medida em que o sistema venha a ser ampliado e novas informações sejam necessárias.

DiaTipo: tabela que armazena os atributos referentes aos dias típicos. Nesta tabela, cada dia típico é identificado univocamente por um código denominado de *DiaTípico*.

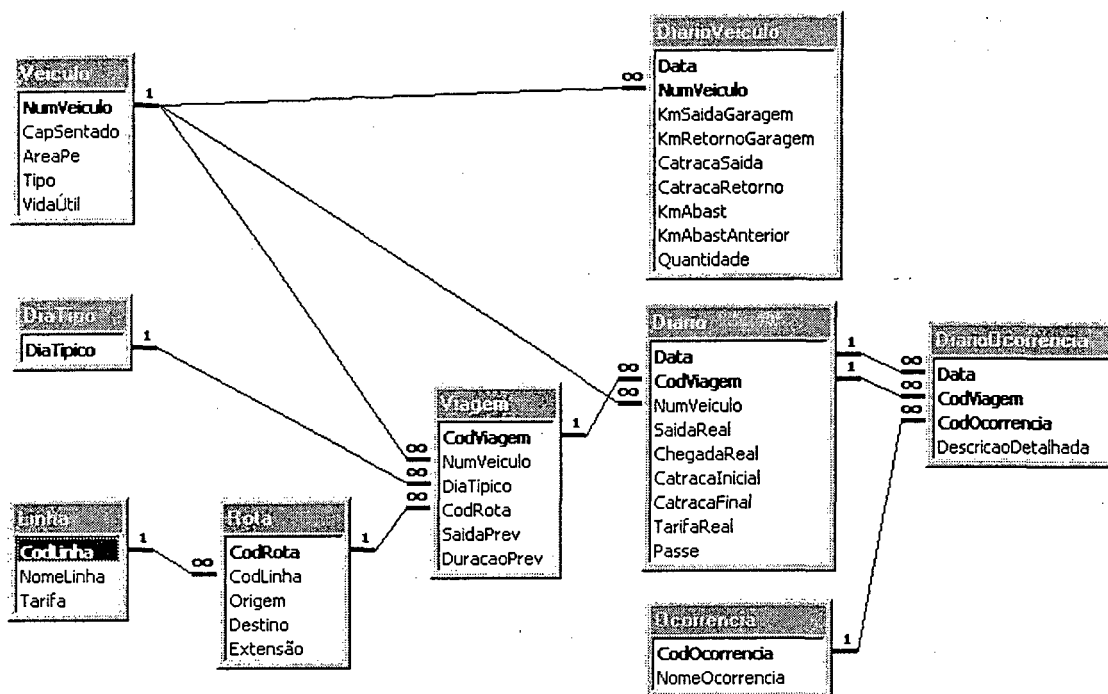


Figura 4.2. Representação do Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER) para armazenamento das informações utilizadas, no controle de operação da empresa de transporte de passageiros, contendo tabelas e respectivos atributos, desenvolvido com o auxílio do *Microsoft Access 97*.

Linha: tabela que armazena os atributos referentes a cada linha operada pela empresa. Nesta tabela, cada linha é identificada univocamente por um código denominado de *CodLinha*; informações individualizadas à respeito de linhas são cadastradas, tais como nome da linha (*NomeLinha*) e preço da passagem paga na linha (*Tarifa*).

Rota: tabela que armazena os atributos referentes a cada rota. Define-se rota, como sendo um trajeto realizado entre um ponto de origem e um ponto de destino, associado a uma linha em particular. Nesta tabela, cada rota é identificada univocamente pelo código denominado *CodRota*; informações individualizadas à respeito de rotas, tais como linha que utiliza a rota (*CodLinha*), ponto de início da rota (*Origem*), ponto de

término da rota (*Destino*) e quantidade em quilômetros percorridos entre origem e destino da rota (*Extensão*), são armazenadas. Outros campos poderão ser acrescentados a esta tabela, na medida em que o sistema venha a ser ampliado e novas informações sejam necessárias.

Viagem: tabela que armazena os atributos referentes a cada viagem realizada. Nesta tabela, cada viagem é identificada univocamente pelo código denominado *CodViagem*; nesta tabela são armazenadas informações individualizadas à respeito de viagens, tais como veículo que realiza viagem de acordo com a programação prevista (*NumVeículo*), dia típico (dia útil, sábado e domingo) de realização da viagem (*DiaTípico*), rota na qual a viagem está alocada (*CodRota*), horário esperado para iniciar viagem (*SaídaPrev*) e tempo, em minutos, previsto para realização da viagem (*DuraçãoPrev*). Outros campos poderão ser acrescentados a esta tabela, na medida em que o sistema venha a ser ampliado e novas informações sejam necessárias.

DiárioVeículo: tabela que armazena os atributos referentes a cada dia de operação do veículo. Nesta tabela, cada registro é identificado univocamente pelos códigos *Data* e *NumVeículo*; são armazenadas informações individualizadas à respeito de cada dia de operação, para cada veículo, tais como quilometragem apresentada no veículo ao sair da garagem (*KmSaídaGaragem*), quilometragem apresentada no veículo no retornar à garagem (*KmRetornoGaragem*), leitura da catraca do veículo ao sair da garagem (*CatracaSaída*) e leitura da catraca do veículo ao retornar à garagem (*CatracaRetorno*), quilometragem do veículo no momento do abastecimento (*KmAbast*), quilometragem do veículo registrada no momento do abastecimento anterior (*KmAbastAnterior*) e litros de combustível necessário para completar o tanque do veículo durante o abastecimento (*Quantidade*). Outros campos poderão ser acrescentados a esta tabela, na medida em que o sistema venha a ser ampliado e novas informações sejam necessárias.

Diário: tabela que armazena os atributos referentes a cada viagem realizada. Nesta tabela, cada viagem realizada é identificada univocamente pelos códigos *Data* e *CodViagem*; informações individualizadas à respeito das viagens realizadas, tais como veículo que efetivamente realiza a viagem (*NumVeículo*), horário efetivo de início da viagem (*SaídaReal*), horário real de chegada no local de destino da viagem (*ChegadaReal*), numeração da catraca ao iniciar a viagem (*CatracaInicial*), numeração

da catraca no término da viagem (*CatracaFinal*), preço pago pela passagem na viagem (*TarifaReal*) e quantidade de passes recolhidos na viagem (*Passe*) devem ser registradas. Outros campos poderão ser acrescentados a esta tabela, na medida em que o sistema venha a ser ampliado e novas informações sejam necessárias.

Ocorrência: tabela que armazena os atributos referentes a cada tipo de ocorrência⁶. Nesta tabela, cada tipo de ocorrência é identificado univocamente pelo código *CodOcorrência*; nesta tabela são armazenadas informações individualizadas à respeito de cada tipo de ocorrência, tais como descrição (*NomeOcorrência*), entre outras.

DiárioOcorrência: tabela que armazena os atributos referentes ao relacionamento entre as tabelas *Diário* e *Ocorrência*. Nesta tabela, cada registro é identificado univocamente pelos códigos *Data*, *CodViagem* e *CodOcorrência*; nesta tabela são cadastradas informações individualizadas à respeito de *DiárioOcorrência*, tal como descrição detalhada do tipo de ocorrência (*DescriçãoDetalhada*). Outros campos poderão ser acrescentados a esta tabela, na medida em que o sistema venha a ser ampliado e novas informações sejam necessárias.

Entre as tabelas descritas acima, são definidos relacionamentos que permitem automatizar operações de verificação de consistência por meio do próprio gerenciador da base de dados. Assim, por exemplo, o relacionamento mantido entre as tabelas (entidades) *Veiculo* e *DiárioVeiculo* asseguram que um registro da segunda tabela somente poderá ser armazenado se um registro correspondente na primeira tabela existir. Em outras palavras nenhuma informação vinculada a um determinado veículo poderá ser inserida na tabela *DiárioVeiculo* se este veículo não tiver sido previamente cadastrado na tabela de *Veiculo*. Além disto, este relacionamento assegura que exclusões ou modificações na tabela *Veiculo* sejam bloqueadas ou propagadas em cascata para a tabela dependente (*DiárioVeiculo*).

Para exemplificar a potencialidade da estrutura proposta, apresenta-se a seguir alguns exemplos de utilização da linguagem SQL, que permite cruzar e recuperar informações

⁶ Uma ocorrência é um fato eventual que deverá ser registrado, tais como acidentes, tumultos, reclamações, entre outros.

não disponíveis em uma única tabela, ou cujos valores precisam ser calculados a partir dos dados disponíveis.

(a) Seleção dos veículos que foram utilizados na linha 211 no dia 15/06/2000

```
SELECT DISTINCT D.NumVeiculo
FROM Rota R, Viagem V, Diario D
WHERE (R.CodLinha = 211) AND (R.CodRota = V.CodRota) AND
      (V.CodViagem = D.CodViagem) AND (D.Data = #15/06/2000#)
ORDER BY D.NumVeiculo
```

(b) Seleção dos veículos e respectivos consumos médios em Janeiro/2000

```
SELECT NumVeiculo, SUM(KmAbast-KmAbastAnterior)/SUM(Quantidade)
FROM DiarioVeiculo
WHERE (Data >= #01/01/2000#) AND (Data <= #31/01/2000#)
GROUP BY NumVeiculo
ORDER BY NumVeiculo
```

4.3.2. Coleta e Armazenamento dos Dados

Qualquer sistema para ser controlado requer, a coleta e o armazenamento de dados referente ao comportamento deste sistema ao longo do tempo. Coleta é o processo de aquisição de dados, enquanto armazenamento é o processo de guardar a informação para posterior utilização. Os dados coletados poderão ser armazenados através dos sistemas manuais e/ou automatizados.

Os processos manuais de coleta e armazenamento apresentam algum nível de intervenção humana. Nestes casos, em geral, a coleta é realizada por meio de observação direta, e os valores observados são anotados, para posterior digitação por meio de sistemas de processamento de transações (SPT), os quais realizam o armazenamento propriamente dito. Dada a intervenção humana, os SPT's atualmente empregados em vários sistemas de transportes urbanos de passageiros, apresentam baixa confiabilidade, dadas as formas de sua obtenção e ao nível de instrução do pessoal empregado [ROSSETTO et al, 1993]. Para aumento da confiabilidade destes sistemas, são requeridos mecanismos de verificação, como por exemplo: dupla digitação para validação dos dados, inclusão de dígitos de controle, etc.

Para os processos automatizados, vários equipamentos foram desenvolvidos, com o objetivo de coletar dados, como computadores de bordo e sistemas externos de detecção de passagem de veículos. A possibilidade de centralização destes dados, gerando informações sobre o sistema em tempo real, proporcionam um controle que permite ações corretivas instantâneas sobre o sistema, além de um amplo conjunto de dados confiáveis para a fiscalização e o planejamento. Exemplos típicos são os sistemas de catraca eletrônica, que registram o movimento de subida e descida de passageiros dos ônibus, possibilitando a recuperação de todas as informações a respeito da operação.

4.3.3. Extensões para o Modelo Proposto

Os SGBD existentes no mercado, geralmente, adotam o modelo hierárquico, ou o modelo de rede, ou o modelo relacional. Dentre os três, o modelo relacional é, com larga margem, o mais difundido [KERN, 1994]; [TECNOCOOP SISTEMAS 1992]; [HURSCH; HURSCH, 1990] e [FURTADO; SANTOS, 1986].

No presente trabalho, adotou-se o modelo relacional de dados, dada a sua forma de organização e a flexibilidade para adicionar novos dados e relacionamentos. É importante considerar que a base de dados do modelo proposto é um modelo dinâmico. Como já foi mencionado anteriormente, o uso de bases de dados relacionais possibilita ampliar o sistema, salvo restrições de capacidade dos meios físicos utilizados. Neste contexto, pode ser observada a figura 4.2, na qual o Diagrama de Entidade e Relacionamento representa a estrutura de dados, referente a parte operacional de uma empresa de transporte público de passageiros. Nesta estrutura, eventuais ampliações e adaptações poderão ser realizadas, considerando as seguintes alterações na estrutura da base de dados:

- a) adicionar tabelas para incluir novas entidades, como por exemplo *Pessoal*, *OrdensDeServiço*, *EstoquePeças*, *Fornecedores*, *Materiais*, etc.
- b) adicionar campos (atributos) às tabelas (entidades) existentes, conforme já comentado anteriormente, na descrição das tabelas do modelo de base de dados proposto;
- c) adicionar novos relacionamentos entre as tabelas existentes e as que forem criadas, a fim de garantir a consistência dos dados armazenados.

Tais modificações na estrutura apenas ampliam os recursos disponíveis originalmente, não implicando perda das características já existentes. Além disto, o acesso às novas informações, apesar de modificada a estrutura original, continua sendo transparente para o usuário, que dispõe dos recursos da linguagem SQL para realizar novas consultas, qualquer que seja a modificação realizada.

4.4. Estrutura do Sistema de Controle

4.4.1. Visão Geral do Sistema de Controle

Descrita a estrutura da base de dados da operação do sistema de transporte, é oportuno apresentar a estrutura geral do sistema proposto para controle de indicadores. Observando a figura 4.3, pode-se distinguir a Base de Dados de Operação do Sistema de Transporte e o Sistema de Controle propriamente dito, o qual é composto pela Base de Dados de Indicadores e o Módulo de Controle. Além destes elementos, é apresentada a interação existente entre este sistema, o terminal de aquisição de dados e o usuário do sistema de controle propriamente dito.

A *Base de Dados da Operação do Sistema de Transporte* corresponde ao representado na figura 4.2, através do diagrama de entidades e relacionamentos, o qual terá o objetivo de armazenar informações, geradas pelo processo de produção do serviço de transporte de passageiros, tais como: horários de saída e chegada, tempo de viagem, distância percorrida, passageiros transportados, gratuidades (passes), veículos, condutores, reclamações e sugestões dos usuários, entre outras ocorrências. Estas operações são registradas através dos Sistemas de Processamento de Transação (SPT), mencionados na seção 4.3.2.

Na *Base de Dados de Indicadores*, são cadastrados os indicadores de interesse para os processos a serem acompanhados pela empresa prestadora do serviço, bem como os relatórios auxiliares necessários à identificação das possíveis causas especiais, todos definidos pela utilização de consultas realizadas com a linguagem SQL, conforme estrutura básica anteriormente apresentada nas duas últimas páginas da seção 4.2. Tais indicadores são obtidos a partir das informações disponibilizadas na Base de Dados de Operação do Sistema de Transporte, conforme mostrado na figura 4.3.

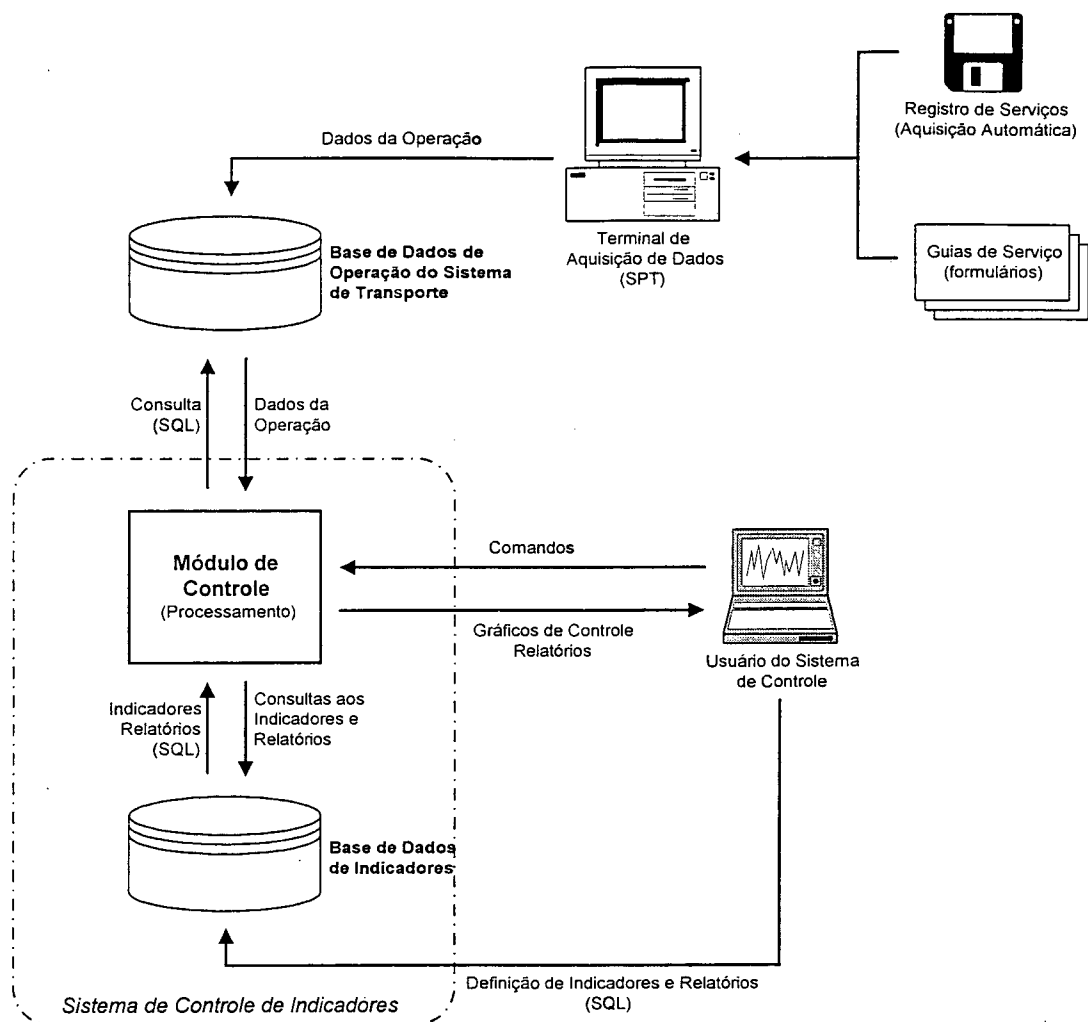


Figura 4.3. Estrutura Geral do Sistema Proposto para Controle de Indicadores de Qualidade e Produtividade.

Neste contexto, exemplificando, tem-se, para calcular a média e desvio-padrão do indicador de qualidade de serviço, *Tempo de Atraso*, com base diária de observações (para dias úteis), o seguinte SQL:

```

SELECT D1.Data,
       AVG (D1.SaidaReal - V.SaidaPrev),
       STDEV (D1.SaidaReal - V.SaidaPrev)
FROM Diario D1, Viagem V
WHERE
  (D1.CodViagem = V.CodViagem) AND
  (weekday (D1.Data) in (2,3,4,5,6)) AND
  (D1.SaidaReal is not null) AND
  (D1.Data >= :dtInicial) AND (D1.Data <= :dtFinal)
GROUP BY D1.Data

```

Nas consultas acima, os parâmetros :dtInicial e :dtFinal definem a data inicial e final para obtenção das amostras.

O *Módulo de Controle*, alimentado pelos bancos de dados da operação do sistema de transporte e pelo banco de indicadores, tem as funções de gerar *gráficos de controle*, e verificar os respectivos estados de controle, além de gerar *relatórios*, sempre que solicitados pelo usuário do sistema de controle.

4.4.2. Estrutura da Base de Dados de Indicadores

Para caracterizar a estrutura da base de dados utilizada para armazenamento dos indicadores monitorados pelo sistema de controle, foi desenvolvido o Diagrama de Entidades e Relacionamentos, apresentado na figura 4.4. Embora tenha sido originalmente desenvolvido com a finalidade de armazenar indicadores de qualidade e produtividade de um sistema de transporte urbano de passageiros, a sua aplicação também pode ser estendida, a outras áreas de interesse.

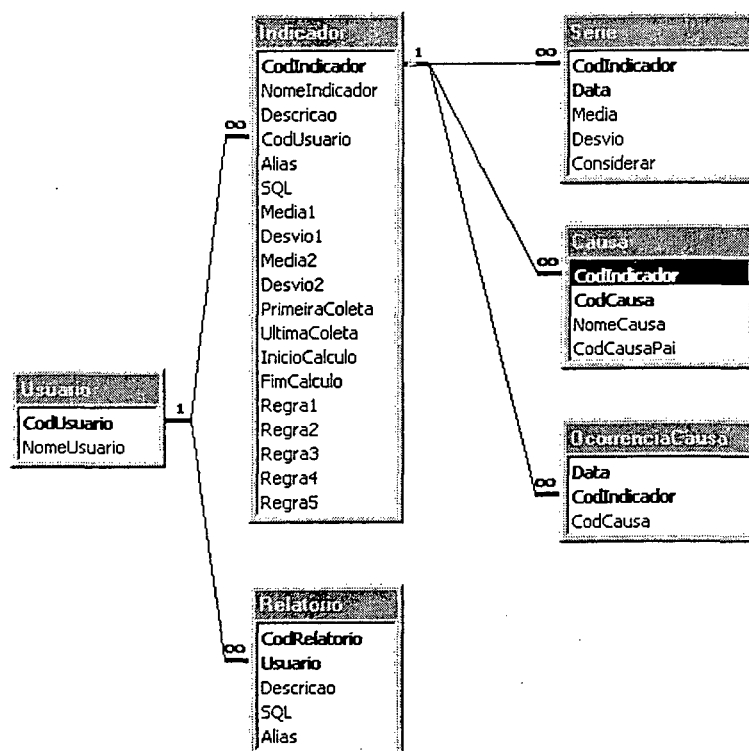


Figura 4.4. Representação do Diagrama Entidade e Relacionamento (DER) para armazenamento das informações, utilizadas no acompanhamento periódico dos indicadores, contendo tabelas e respectivos atributos, desenvolvido com o auxílio do *Microsoft Access 97*.

Neste diagrama é apresentada a estrutura física da base de dados dos indicadores, a qual é composta pelas tabelas descritas a seguir:

Usuário do Sistema de Controle: tabela que armazena os atributos (dados cadastrais), referentes a cada usuário. Nesta tabela, um usuário em particular é identificado univocamente pelo código *CodUsuário*; informações individualizadas à respeito destes usuários, tais como nome do usuário (*NomeUsuário*) são armazenadas. Outros campos de interesse poderão ser acrescidos a esta tabela, na elaboração de um sistema mais detalhado.

Indicador: tabela que armazena os atributos referentes aos indicadores de interesse. Nesta tabela, cada indicador é identificado univocamente pelo código *CodIndicador*; são também, armazenadas informações individualizadas à respeito destes indicadores, tais como: nome (*NomeIndicador*); descrição (*Descrição*); identificação do usuário (*CodUsuário*); nome de acesso à base de dados de origem do indicador (*Alias*); definição da consulta a ser realizada para obtenção do indicador, em linguagem estruturada (*SQL*); média e desvio-padrão associados às estatísticas dos indicadores (*Media1*, *Media2*, *Desvio1* e *Desvio2*); data de início de coleta (*PrimeiraColeta*); data da última coleta realizada (*UltimaColeta*); datas de início e fim, correspondentes ao período de referência, para fins de cálculo das estatísticas (*InicioCálculo* e *FimCálculo*); e indicador das regras de controle a serem testadas (*Teste1*, *Teste2*, *Teste3*, *Teste4* e *Teste5*), (veja quadro 3.2).

Relatório: tabela que armazena os atributos referentes aos relatórios de interesse, na determinação das causas especiais. Nesta tabela, cada relatório é identificado univocamente pelos códigos *CodRelatório* e *Usuário*; são armazenadas informações individualizadas à respeito de relatórios, tais como: descrição do relatório (*Descrição*); definição do relatório utilizando linguagem estruturada (*SQL*); nome para acesso à base de dados de origem do relatório (*Alias*).

Série: tabela que armazena os atributos referentes a cada série associada a um indicador. Nesta tabela, cada registro é identificado univocamente pelos códigos *CodIndicador* e *Data*; informações individualizadas à respeito destes indicadores são armazenadas, tais como: valor médio da amostra colhida para o indicador na data considerada (*Média*); valor do desvio padrão da amostra colhida para o indicador na data considerada (*Desvio*) e a marca de validação do ponto na série, indicando se o ponto definido pelo registro deve ou não ser considerado (*Considerar*).

Causa: tabela que armazena os atributos referentes a causas especiais. Nesta tabela, cada causa é identificada univocamente pelos códigos *CodIndicador* e *CodCausa*, que associa causas especiais aos indicadores cadastrados; informações individualizadas à respeito destas causas, tais como nome da causa (*NomeCausa*); código da causa pai⁷ correspondente no diagrama de causa-efeito (*CodCausaPai*), devem ser cadastradas.

OcorrenciaCausa: tabela que armazena os atributos referentes às causas especiais detectadas, e que justificam ocorrências de perda de controle dos indicadores observados. Nesta tabela os registros são identificados univocamente pelos códigos *Data* e *CodIndicador*, correspondentes a uma situação de perda de controle de um indicador em um determinado período; além dos códigos de identificação, é informada a causa especial detectada (*CodCausa*).

4.4.3. Módulo de Controle

O Módulo de Controle é uma interface com recursos gráficos, que implementa as ferramentas selecionadas para Controle Estatístico de Processo (gráfico de controle, diagrama de Ishikawa e o diagrama de Pareto). Estas ferramentas são utilizadas para avaliar e acompanhar, os indicadores de qualidade e produtividade armazenados na base de dados. Periodicamente, cada indicador é avaliado a partir de uma amostra, coletada na base de dados de operação do sistema de transporte, verificando-se a existência de possíveis causas especiais, através do uso das regras de não-aleatoriedade apresentadas no quadro 3.2. Caso o indicador não passe por uma ou mais das regras testadas, cabe ao

⁷ Para fins de construção dos diagramas de causa e efeito (diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe), adotou-se uma estrutura de árvore. Nesta estrutura, a raiz da árvore corresponde ao indicador, e a cada nó são associados um conjunto de nós sucessores que correspondem a causas especiais mais detalhadas. Assim, cada causa especial nesta estrutura, possui uma única causa ancestral (ou causa pai) que determina o caminho até a raiz.

usuário investigar as causas especiais que eventualmente agem sobre o processo, as quais deverão ser registradas para posteriores atualizações do diagrama de Pareto. Para auxiliar o usuário neste trabalho de investigação, o módulo de controle poderá ser utilizado para informar quais as possíveis causas (diagrama de Ishikawa) e a frequência com que as mesmas ocorrem (diagrama de Pareto).

Mais especificamente, o *módulo de controle* auxilia na realização das seguintes tarefas:

- a) armazenar e manter os indicadores de qualidade e produtividade, com as respectivas definições sobre a forma de realização da amostragem (*SQL*), e respectivas fontes de acesso para os dados (*Alias*);
- b) armazenar e manter as possíveis causas especiais e respectivas ocorrências associadas a cada indicador;
- c) armazenar e manter os relatórios auxiliares para busca e identificação de causas especiais, na base de dados de operação do sistema de transporte;
- d) verificar na base de dados os indicadores que deverão ser avaliados, de acordo com a periodicidade estabelecida;
- e) selecionar amostras na base de dados de operação do sistema de transporte, para os indicadores selecionados nos respectivos períodos de avaliação;
- f) calcular estatísticas (média e desvio-padrão) para as amostras selecionadas, armazenando-as sob a forma de séries associadas a cada indicador;
- g) calcular a linha central e os respectivos limites superior e inferior para a série de pontos coletados, levando em conta o período sob controle e eventuais pontos a serem desconsiderados do processo;
- h) construir gráficos de controle para facilitar a visualização do comportamento do processo, por parte do usuário do sistema de controle;
- i) verificar os testes de não-aleatoriedade, considerando os critérios apresentados no quadro 3.2, informando os testes não satisfeitos, para posterior investigação por parte do usuário do sistema de controle;
- j) apresentar o diagrama de Ishikawa e construir o gráfico de Pareto para auxiliar o usuário do sistema de controle, na investigação das causas especiais;
- k) registrar as causas especiais detectadas, associando-as aos indicadores sob suspeita de falta de controle, para posterior atualização do gráfico de Pareto.

Com o processo sob controle, os limites naturais poderão ser calculados, e a capacidade do sistema em atender às especificações poderá ser verificada, como foi mostrado na seção 3.7.4. Para tanto calculam-se o índice potencial de capacidade do processo (C_p) e o índice atual do processo (C_{pk}), os quais determinam, se o sistema é capaz e se efetivamente atende ou não, às especificações definidas pelo poder concedente⁸.

4.5. A Dinâmica Operacional do Sistema de Controle

A dinâmica operacional deste sistema divide-se na prática em duas etapas. A primeira delas corresponde a identificação, construção e armazenamento das informações que permitem gerar as séries temporais associadas aos indicadores de qualidade e produtividade a serem monitorados. As tarefas relacionadas com esta etapa são executadas uma única vez, e eventuais revisões poderão ser efetuadas caso haja necessidade de mudança na estrutura de cálculo do indicador. Esta etapa consiste na realização das seguintes tarefas para cada indicador:

- a) identificação e caracterização do indicador, sua forma de cálculo e correspondentes variáveis;
- b) identificação dos campos disponíveis na base de dados de operação para cálculo do indicador, e eventuais adaptação da base de dados para armazenamento de dados adicionais;
- c) construção e armazenamento dos SQL's necessários para cálculo do indicador, e respectivos alias;
- d) caracterização e armazenamento das datas de início (e término) para cálculo dos indicadores, bem como das datas de início e término do período cálculo das estatísticas (média e desvio-padrão) associadas às séries temporais de cada indicador de qualidade e produtividade;

A segunda etapa, por sua vez, consiste no acompanhamento propriamente dito, o qual é realizado pelo módulo de controle em resposta à solicitação do usuário do sistema de controle. As tarefas realizadas pelo usuário, para cada indicador e data, são as seguintes:

⁸ Embora exista, em geral, legislação no âmbito de cada cidade que defina as normas de operação a serem seguidas pelas empresas prestadoras de serviço, as mesmas são omissas em relação aos limites de especificação dos indicadores de qualidade.

- a) atualizar a base de dados de operação usando os SPT's, ou os módulos de aquisição automática de dados, conforme a sistemática adotada pela empresa;
- b) solicitar a atualização da série temporal do indicador selecionado e a correspondente atualização do gráfico de controle;
- c) observar a situação de controle em que se apresenta o indicador, apontada pelo sistema com base nos testes de não-aleatoriedade;
- d) identificar e armazenar as causas especiais, de possíveis perdas do controle sobre o indicador, usando informações disponíveis nos diagramas de Ishikawa e de Pareto, bem como relatórios complementares e investigação em campo.

4.6. Implantação do Protótipo

O protótipo do sistema de controle de indicadores proposto foi implantado em linguagem Delphi 4.0 para Windows, e executado em um microcomputador Pentium II 233 MHz, sob o ambiente Windows 95. Ao inicializar o sistema, abre-se uma janela (veja a figura 4.5) na qual o usuário seleciona o perfil desejado, em correspondência ao conjunto de indicadores previamente armazenados, que lhe interessam acompanhar.

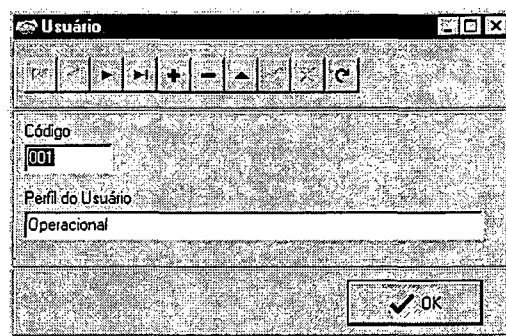


Figura 4.5. Tela ativada ao inicializar o sistema, ou quando há necessidade de troca do perfil do usuário.

Selecionado o perfil, a janela principal do sistema é apresentada (veja figura 4.6), na qual pode-se observar um painel superior, contendo o nome do indicador e do perfil selecionados, e os respectivos resultados dos testes de não aleatoriedade sobre a média e o desvio-padrão (marcas em branco, preto e cinza correspondem, respectivamente, a testes satisfeitos, não satisfeitos e não realizados). No painel inferior, observa-se a descrição correspondente ao indicador selecionado. Na parte central desta janela, são

apresentados 4 pastas, identificadas pelos títulos: Gráfico de Controle do Processo, Causas Especiais – Diagrama e Ocorrências, Diagrama de Pareto e Relatórios Especiais.

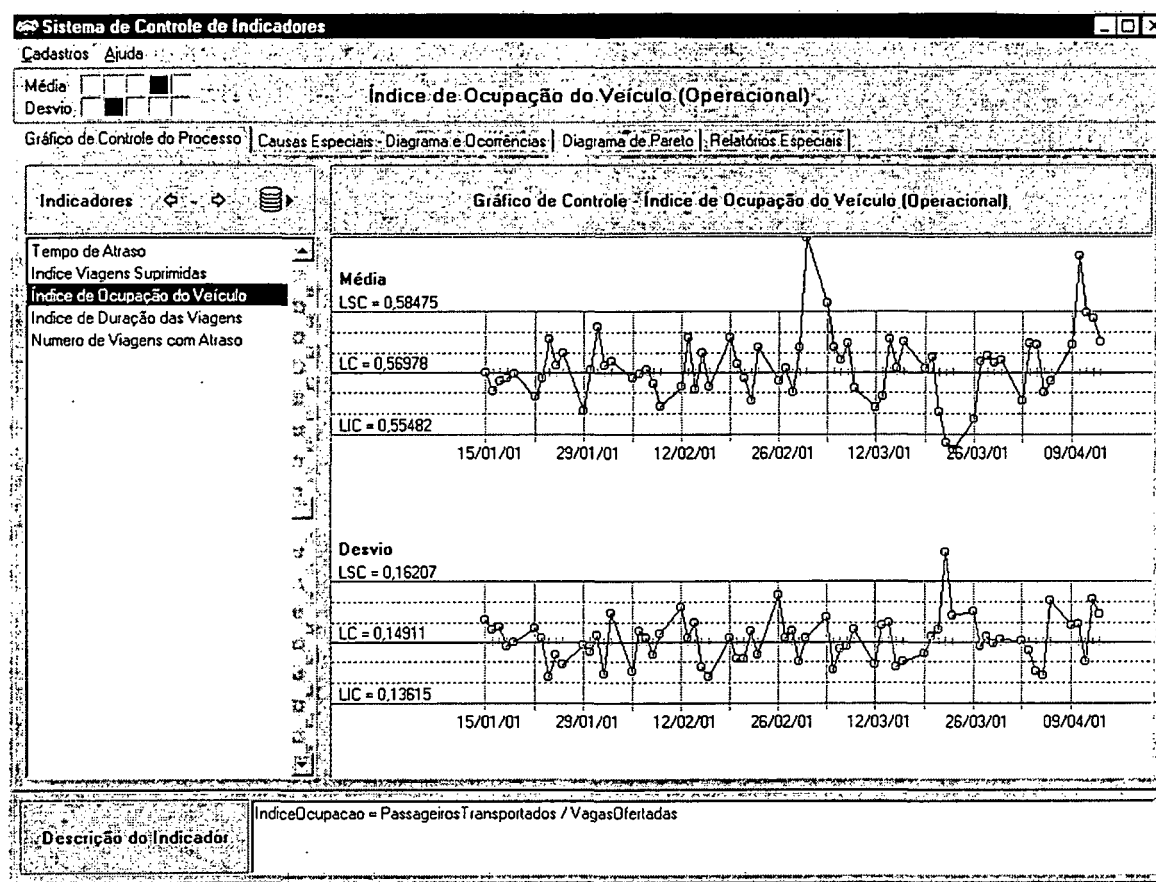


Figura 4.6. Tela principal do sistema, apresentando indicadores associados ao perfil operacional, com os gráficos de controle para o indicador selecionado, e os resultados dos testes de não-aleatoriedade para a média e o desvio-padrão visíveis no painel superior.

Na primeira destas pastas (Gráfico de Controle do Processo), o usuário observa a relação de indicadores disponibilizados pelo perfil, e os gráficos de controle sobre a média e o desvio-padrão para o indicador selecionado. Observa-se, ainda nesta pasta, a existência de três ícones (seta para esquerda, seta para direita e base de dados) localizados sobre a lista de indicadores disponíveis, os quais pressionados com o cursor permitem, respectivamente, mover os gráficos de controle para a esquerda e direita, bem como atualizar a pesquisa na base de dados de operação do sistema de transporte, a fim de obter novas amostras referentes ao indicador selecionado, a partir da última data de

pesquisa realizada, até a data corrente. De acordo com os resultados observados no gráfico de controle, o usuário poderá optar por eliminar pontos observados, caso estes correspondam a situações decorrentes da ação de causas especiais detectadas, e que possam ser evitadas. Esta operação pode ser realizada simplesmente pressionando o cursor sobre o gráfico, na data onde a causa especial foi identificada.

Feita a atualização do gráfico de controle, caso haja mudanças na condição de controle do indicador em questão, as marcas (verde, vermelha e cinza) serão ajustadas de acordo com os testes realizados. A título de ajuda, o usuário poderá pressionar o cursor sobre a marca interessada, fazendo abrir uma nova janela contendo a regra correspondente, conforme mostra a figura 4.7.

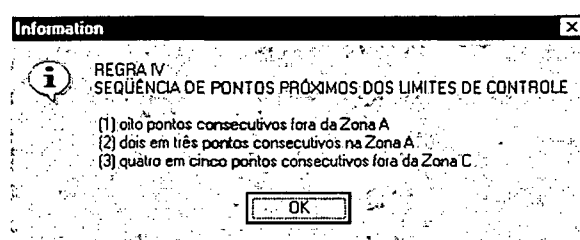


Figura 4.7. Tela apresentada quando o cursor é pressionado sobre os indicadores de resultado dos testes de não-aleatoriedade.

No lado esquerdo da segunda pasta (Causas Especiais – Diagrama e Ocorrências), o usuário encontra a árvore de causas especiais (versão do diagrama espinha de peixe de Ishikawa), e do lado direito a relação de indicadores apontados como fora de controle, em associação à amostras colhidas em uma determinada data. Após a investigação, que pode ser realizada com o apoio das ferramentas contidas nas diversas pastas desta janela (Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto e Relatórios Especiais), caso seja identificada uma causa especial, esta é registrada como “Motivo” na lista de ocorrências de perda de controle, em associação ao indicador e data correspondentes (veja a figura 4.8).

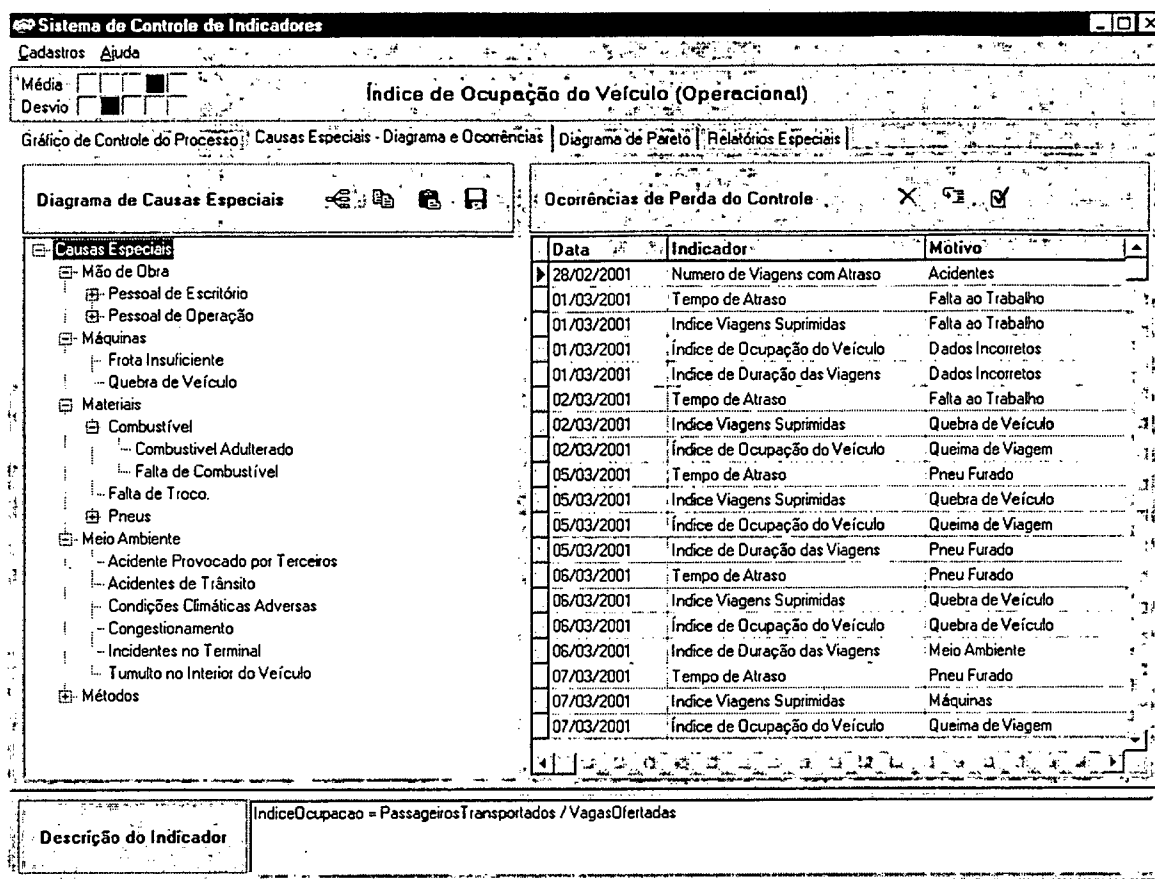


Figura 4.8. Tela principal do sistema, apresentando do lado esquerdo o diagrama de causas e efeito (árvore), e do lado direito a relação de indicadores que apresentam perda de controle, com as respectivas causas (motivo) investigados.

Ainda nesta figura, no painel acima do diagrama de causas especiais, encontram-se quatro ícones que permitem realizar as operações de abrir, copiar, colar e salvar na base de dados, as informações contidas no diagrama. Tais operações facilitam a edição da árvore armazenada. Além destes recursos, ao pressionar o botão direito do *mouse*, abre-se um *menu* contendo opções adicionais para inclusão e exclusão de itens, expansão e contração da árvore, e ordenação dos itens da árvore. Para manipulação das ocorrências, três ícones estão situados acima da lista de associação entre indicador e motivo, os quais permitem excluir e incluir ocorrências, além de associar a causa selecionada a uma ocorrência em particular. Na figura 4.9 apresenta-se a janela principal contendo a pasta “Diagrama de Pareto”, na qual o usuário pode observar as causas mais frequentes

associadas ao indicador selecionado. Cada causa é numerada, e a descrição das mesmas está apresentada na lista posicionada no lado esquerdo desta pasta.

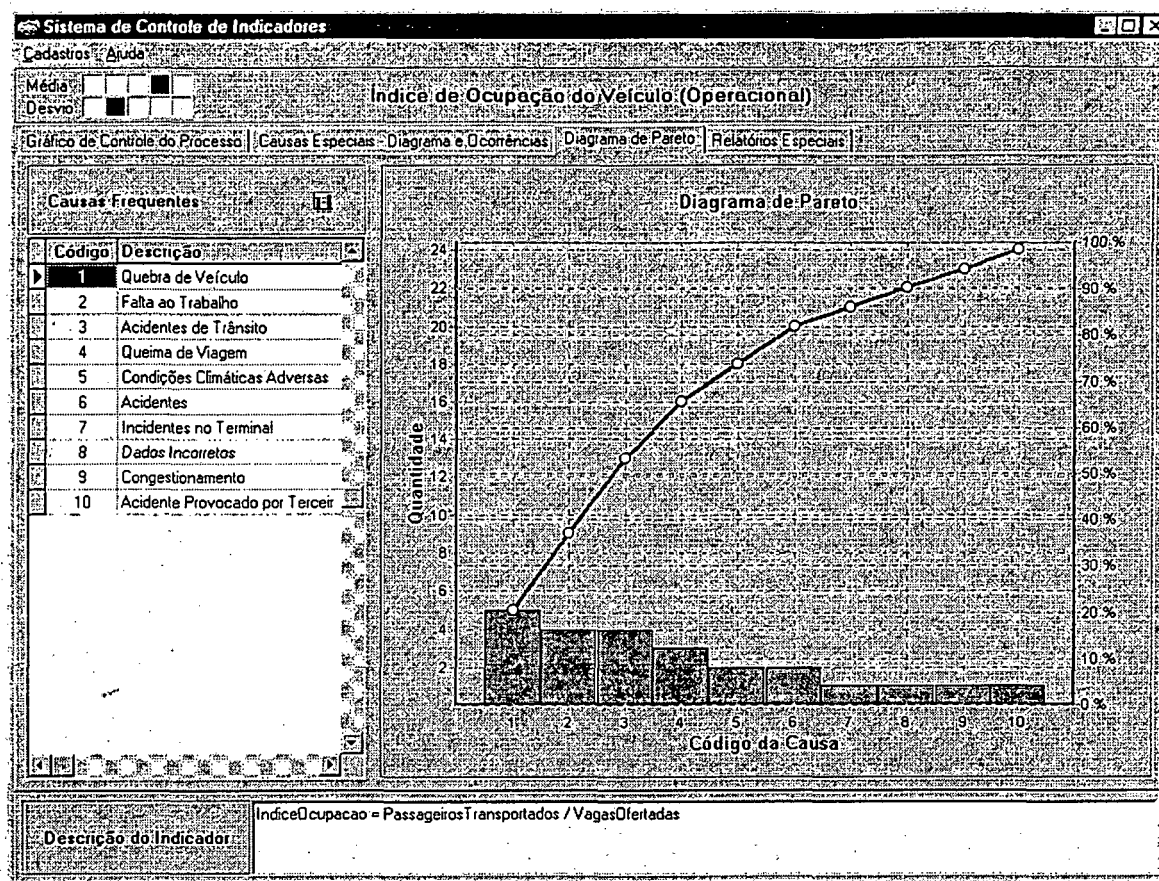


Figura 4.9. Tela principal do sistema, apresentando a relação de causas especiais mais freqüentemente associadas ao indicador identificado no painel superior, e o respectivo Diagrama de Pareto.

Ainda na janela principal, o usuário poderá realizar consultas à base dados de operação do sistema de transporte, com o objetivo de gerar relatórios complementares que possam contribuir para identificação de causas especiais. Na figura 4.10, apresenta-se a janela principal contendo a pasta “Relatórios Especiais”, em cuja parte superior encontram-se, no lado esquerdo os relatórios cadastrados e no lado direito o respectivo SQL da consulta. Na parte inferior da pasta, apresentam-se a lista dos parâmetros da consulta, cujos valores são alterados pelo usuário, e o resultado da consulta. Nesta figura, por exemplo, a consulta apresentada refere-se a lista de linhas com as respectivas ocorrências de atraso, registradas a partir de uma data especificada como parâmetro.

Nesta pasta, o usuário poderá, ainda, realizar inclusões, exclusões e alterações nos relatórios armazenados.

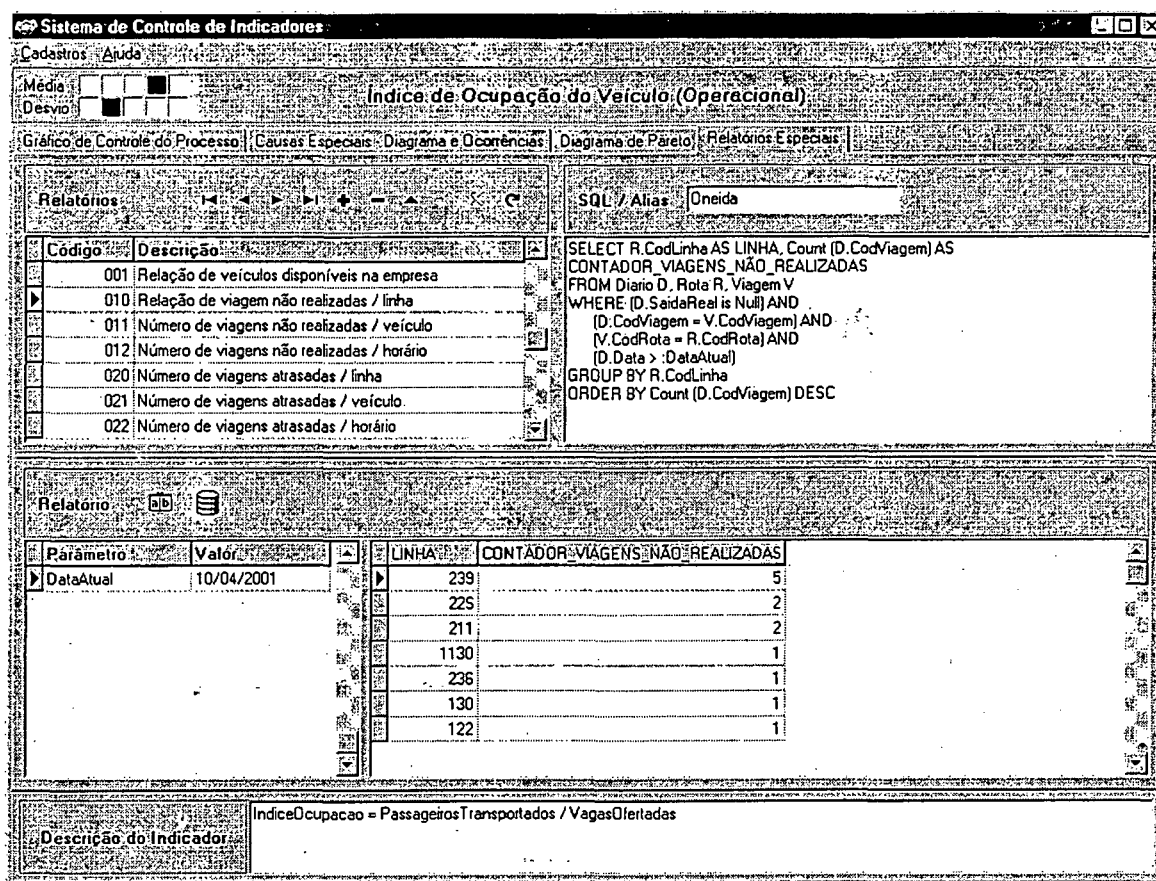


Figura 4.10. Tela principal, apresentando um relatório contendo a relação de linhas em ordem decrescente de número de viagens atrasadas.

O cadastramento de indicadores é realizado, conforme mostra a figura 4.11, em uma janela específica. Através desta janela pode-se incluir, excluir e modificar a lista de indicadores associados ao perfil de cada usuário. Esta janela apresenta, em seu painel superior, a identificação do indicador selecionado, o qual contém, ainda, informações sobre a base de dados (*alias*) onde as amostras deverão ser coletadas, o período de coleta, e o período estabelecido para cálculo dos limites de controle. Esta janela possui na sua parte inferior duas pastas identificadas pelos títulos: “Descrição e Verificações” e “Série – SQL – Cálculos”.

Na primeira destas pastas (veja a figura 4.11) são registradas informações mais detalhadas sobre a forma de cálculo do indicador e quais as regras de não aleatoriedade que deverão ser utilizadas durante o processo de controle.

Indicador

Código: 003 Indicador: Índice de Ocupação do Veículo

Alias: Dneida Primeira Coleta: 01/01/2001 Última Coleta: 13/04/2001 Início Cálculo: 01/01/2001 Fim Cálculo: 28/02/2001

Descrição e Verificações: Série: SQL Cálculos:

Descrição

ÍndiceOcupacao = PassageirosTransportados / VagasOfertadas

Verificação de Regras

- Regra I: Ponto fora dos limites de controle
- Regra II: Presença de ciclos ou tendências
- Regra III: Estratificação ou falta de variabilidade
- Regra IV: Sequência de pontos próximos dos limites de controle
- Regra V: Sequência de pontos do mesmo lado da linha média

Figura 4.11. Tela apresentando a descrição do indicador selecionado, juntamente com as datas limites de coleta e cálculo, bem como as regras de não-aleatoriedade a serem aplicadas na verificação da situação de controle.

Na segunda pasta (veja a figura 4.12), são apresentados o SQL⁹ usado na amostragem e cálculo do indicador, a respectiva série temporal contendo média e desvio-padrão de cada amostra, e os valores resultantes do cálculo dos limites de controle do indicador selecionado. Nesta pasta, existem dois botões localizados na área inferior direita, os quais permitem recalcular as amostras e os limites de controle do indicador.

⁹ Note-se que na definição do SQL usado na amostragem, três campos são requeridos como resultado: data, media e desvio. No caso do controle não ser realizado considerando o desvio-padrão, ainda assim, este campo deverá ser inserido na consulta, definindo seu valor como 0 (zero) ou null (nulo).

Indicador

Código: 003 Indicador: Índice de Ocupação do Veículo

Alia: Oneida Primeira Coleta: 01/01/2001 Última Coleta: 13/04/2001 Início Cálculo: 01/01/2001 Fim Cálculo: 28/02/2001

Descrição e Verificações: Série - SQL - Cálculos

```

SQL
SELECT
  D.Data,
  AVG ((D.CatracaFinal - D.CatracaInicial) / (V.CapSentado + V.AreaPe)) AS Media,
  STDEV ((D.CatracaFinal - D.CatracaInicial) / (V.CapSentado + V.AreaPe)) AS Desvio
FROM
  Diario D, Veiculo V
WHERE
  (D.Data >= :DataInicial) AND (D.Data <= :DataFinal) AND
  (weekday (D.Data) in (2,3,4,5,6)) AND
  (D.NumVeiculo = V.NumVeiculo)
GROUP BY
  D.Data

```

Data	Média	Desvio	Considerar
07/03/2001	0,573	0,148	True
08/03/2001	0,577	0,148	True
09/03/2001	0,566	0,152	True
12/03/2001	0,561	0,144	True
13/03/2001	0,564	0,153	True
14/03/2001	0,578	0,153	True

Cálculos dos Limites de Controle

	Média	Desvio
Média	0,570	0,149
Desvio	0,005	0,004
Lim. Sup.	0,584	0,161
Lim. Inf.	0,555	0,136

Atualizar Calcular

Figura 4.12. Tela apresentando a pasta “Série – SQL – Cálculos”, contendo o SQL da consulta utilizada para realização da amostragem, a série temporal de média e desvio-padrão do indicador selecionado, e os resultados dos cálculos dos limites de controle.

4.7. Considerações Finais

Neste capítulo, foi apresentado o Sistema de Controle de Indicadores de Qualidade e Produtividade que permite acompanhar e avaliar de forma sistematizada o serviço da operação do sistema de transporte urbano de passageiros, considerando o volume de informações e a diversidade de dados a serem manipulados. Com o Sistema de Controle proposto, a empresa poderá prever tendências e irregularidades no processo sob controle, com o objetivo de tomar uma medida corretiva, tão cedo quanto possível, assegurando ao tomador de decisões, informações atualizadas, agregadas e relevantes aos processos sob a sua responsabilidade.

Para validação deste sistema, torna-se necessário realizar a avaliação do mesmo em condições de operação. Para tanto, no próximo capítulo, o monitoramento dos processos operacionais de uma empresa de transporte urbano de passageiros será simulado, e os recursos disponibilizados pelo sistema (Gráfico de Controle, o Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto), serão utilizados para controle da operação. Assim, o próximo capítulo apresentará o modelo de simulação construído para geração de dados operacionais sintéticos, a caracterização dos indicadores de qualidade e produtividade utilizados, bem como a forma de configurar o sistema proposto para realização do controle pretendido. Os resultados obtidos são finalmente apresentados e analisados, de modo a concluir sobre a validação do sistema proposto.

Capítulo V

5. Validação do Sistema Proposto para Controle de Indicadores de Qualidade e Produtividade

5.1. Considerações iniciais

Para validar o Sistema de Controle de Indicadores de Qualidade e Produtividade, proposto neste trabalho, é imprescindível mostrar seu funcionamento em condições normais de operação. Embora o ideal seja realizar esta validação com dados colhidos na prática, neste capítulo os mesmos serão obtidos por meio do uso de simulação, tendo em vista as dificuldades para experimentá-lo em uma empresa real de transporte urbano de passageiros. Ressalta-se, entretanto, que embora as séries históricas de operação tenham sido simuladas, os parâmetros desta simulação foram obtidos a partir de observações reais. De posse das séries históricas sintéticas, o Sistema de Controle proposto foi utilizado para observar e controlar a evolução do processo, e os resultados obtidos foram analisados.

5.2. Simulação da Operação da Empresa

5.2.1. Caracterização do Cenário Operacional da Empresa

O perfil da empresa simulada, pode assim ser caracterizado:

- a) 13 linhas circulares de curta distância (menores que 18 km);
- b) 55 veículos;
- c) 03 padrões de operação, correspondentes aos dias úteis, sábados e domingos; e
- d) 685 viagens realizadas em dias úteis, 369 viagens realizadas nos sábados e 266 aos domingos.

Para fins de armazenamento dos resultados simulados, foi utilizada uma base de dados cuja estrutura é apresentada no diagrama de entidade e relacionamento da figura 4.2.

5.2.2. Modelo de Simulação

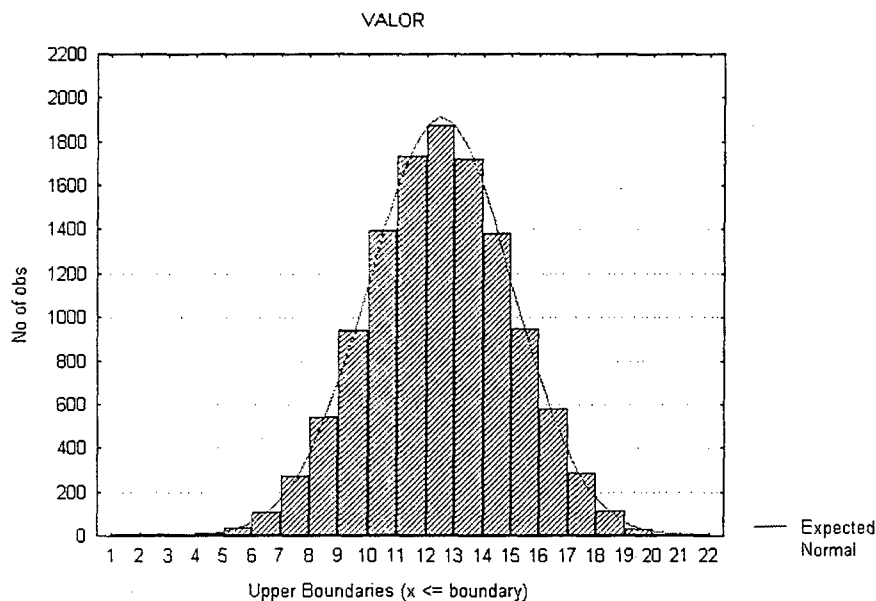
A operação do sistema de transporte foi realizada usando um modelo de simulação discreta, com base em informações disponibilizadas pela empresa e pelo plano de operação gerado por modelos de alocação de frota (veja [TRAMONTIN, 2001]). Os parâmetros operacionais sujeitos a variações aleatórias foram simulados com base em distribuição normais cujos parâmetros são compatíveis com o que se observa na prática. As variáveis simuladas foram as seguintes: tempo de viagem, lotação, deslocamento produtivo e improdutivo, consumo de combustível e ocorrências extraordinárias. Não foram consideradas, neste trabalho, informações referentes ao controle do pessoal, controle dos custos de manutenção, entre outros aspectos administrativos e financeiros. Esta limitação do trabalho, porém, pode ser superada com a ampliação das bases de dados envolvidas.

A simulação dos parâmetros foi realizada com base em valores referenciais ($Valor_{referencia}$), aos quais aplicou-se fatores multiplicadores normalmente distribuídos, que variam entre um valor mínimo (F_{min}) e um valor máximo (F_{max}), definidos para cada parâmetro do modelo. A expressão utilizada é a seguinte:

$$Valor_{Simulado} = Valor_{referencia} \cdot \left[F_{min} + \frac{F_{max} - F_{min}}{6} \left(\sum_{i=1}^{12} R_i - 3 \right) \right] \quad (5.1)$$

Na expressão acima, R_i é uma variável pseudo-aleatória com distribuição uniforme no intervalo $[0,1]$. Usando essa expressão, foram realizadas 12.000 simulações, considerando os seguintes parâmetros: $Valor_{referencia} = 10$, $F_{min} = 0,5$ e $F_{max} = 2,0$. Em outras palavras, os resultados simulados deverão estar compreendidos no intervalo $[10 \cdot 0,5; 10 \cdot 2,0] = [5; 20]$. Desta simulação obteve-se o histograma de frequência apresentado na figura 5.1.

Figura 5.1. Histograma de Frequência Apresentando uma Distribuição Normal



A figura mostra que a expressão (5.1) gera valores aleatórios normalmente distribuídos no intervalo $[5;20]$, em consonância com os parâmetros utilizados: $Valor_{referencia} = 10$, $F_{min} = 0,5$ e $F_{max} = 2,0$. A distribuição normal, ajustada aos valores simulados, apresentou média igual a 12,501 e desvio-padrão igual a 2,503, ficando, portanto, muito próximo dos 12,5 e 2,5, esperados teoricamente, tendo em vista o intervalo $[5;20]$.

Com uma probabilidade baixa de ocorrência de causas especiais, P_{CE} , estabelecida pelo usuário, o $Valor_{simulado}$ poderá ser até duplicado, com o objetivo de simular ocorrências anormais, isto é:

$$Valor_{Simulado} = Valor_{Simulado} \cdot (1 + R) \quad (5.2)$$

onde $R \in [0;1]$ é um valor pseudo-aleatório uniformemente distribuído. Considerando as expressões acima, foi construído o modelo de simulação para os seguintes parâmetros operacionais:

a) Tempo de viagem: na simulação realizada considerou-se o tempo de realização de cada viagem como sendo uma variável aleatória com distribuição normal. Para fins de

caracterização desta distribuição, cada viagem apresenta um valor de referência ($Valor_{referencia}$), tomado como sendo o tempo previsto na realização do plano de operação da empresa¹. Este tempo poderá sofrer variações em função dos fatores F_{min} e F_{max} associados.

Considere-se que a lista de viagens a ser realizada, por cada veículo, encontra-se organizada em ordem crescente de horário de saída, de acordo com o plano de operação da empresa. Considere-se, ainda, que as viagens serão realizadas somente se a saída real não exceder em mais de 15 minutos o horário previsto, e que, caso isto não seja possível, a viagem será cancelada, ficando o veículo disponível para a realização da viagem seguinte. Com isto, desconsidera-se a possibilidade de utilização de veículos da reserva. Então, para cada viagem a ser realizada, tem-se, no caso em que $HorarioLiberacaoVeiculo \leq SaidaPrevistaViagem + 15$:

$$HS \leftarrow \max(SaidaPrevistaViagem, HorarioLiberacaoVeiculo) \quad (5.3.a)$$

$$HC \leftarrow HS + TV_{simulado} \quad (5.3.b)$$

$$HorarioLiberacaoVeiculo \leftarrow HC \quad (5.3.c)$$

onde HS e HC são, respectivamente, o horário efetivo de saída e chegada da viagem, e $TV_{simulado}$ é o tempo de viagem simulado através da expressão 5.1, usando os parâmetros de simulação de cada viagem.

No caso em que $HorarioLiberacaoVeiculo > SaidaPrevistaViagem + 15$, as expressões 5.3.a-c são substituídas por:

$$HS \leftarrow nulo \quad (5.4.a)$$

$$HC \leftarrow nulo \quad (5.4.b)$$

¹ A cada viagem prevista é atribuída uma duração para fins de geração dos planos operacionais. Estes tempos são utilizados na determinação das escalas de veículos e condutores, e apresentam folgas em função de considerações de aumento de congestionamento e demandas durante o período no qual o plano operacional deverá ser aplicado.

Depois de processada uma viagem, repete-se a mesma operação para a viagem seguinte da lista, até que todas as viagens do veículo tenham sido simuladas. Repete-se esta operação para todos os veículos disponíveis na frota.

b) Lotação: na simulação realizada a quantidade de passageiros transportados, em cada viagem realizada, é considerada uma variável aleatória com distribuição normal, definida pelos parâmetros $Valor_{referencia}$, F_{min} e F_{max} . Com a geração desta variável, atualizam-se os registros de catraca relacionados com a viagem e com o veículo. As expressões utilizadas são as seguintes:

$$CatracaSaidaViagem \leftarrow CatracaVeiculo \quad (5.5.a)$$

$$CatracaChegadaViagem \leftarrow CatracaSaidaViagem + Lotação_{simulado} \quad (5.5.b)$$

$$CatracaVeiculo \leftarrow CatracaChegadaViagem \quad (5.5.c)$$

Nestas expressões, $CatracaVeículo$ é a quantidade acumulada de passageiros transportados pelo veículo, de acordo com o registro da catraca, que vai sendo incrementado na medida em que as viagens se sucedem. $Lotação_{simulado}$ é a quantidade de passageiros transportados, de acordo com o simulado pela expressão 5.1, considerando os parâmetros da distribuição normal associada. $CatracaSaidaViagem$ e $CatracaChegadaViagem$ são os valores registrados pela catraca do veículo nos instantes de saída e chegada da viagem, respectivamente. Todos estes valores são armazenados na base de dados, em associação às viagens realizadas e aos veículos utilizados.

c) Deslocamento produtivo e improdutivo: a cada viagem efetivamente realizada, o veículo tem o seu odômetro atualizado a fim de contabilizar o deslocamento total realizado durante a operação diária, isto é:

$$KmVeiculo \leftarrow KmVeiculo + KmViagem \quad (5.6)$$

onde $KmViagem$ é o deslocamento realizado durante a viagem de acordo com a rota estabelecida, e $KmVeiculo$ é a quilometragem total registrada no odômetro. Após a

realização de todas as viagens de um dia de trabalho, ao odômetro do veículo é adicionada uma distância de deslocamento improdutivo, considerado este como sendo uma variável aleatória com distribuição normal, gerada com o uso da expressão 5.1. Assim, tem-se:

$$KmVeiculo \leftarrow KmVeiculo + DelocamentoImprodutivo_{simulado} \quad (5.7)$$

Desta forma, para cada veículo, pode-se dispor dos valores de *KmVeiculo* no início e término de cada dia de operação, os quais são armazenados na base de dados para posterior controle.

d) Consumo de combustível: considerando os registros de *KmVeiculo* para cada veículo, no início e término de cada dia de trabalho (*KmInicioDia* e *KmFimDia*), e ainda, que a operação de abastecimento é feita de modo a completar o reservatório, o total abastecido é dado por uma função na qual considera-se a quantidade de combustível consumido diretamente proporcional ao deslocamento do veículo, isto é:

$$Abastecimento = (KmFimDia - KmInicioDia) \cdot Consumo_{simulado} \quad (5.8)$$

Nesta expressão *Consumo_{simulado}* é o consumo unitário, que é considerado uma variável aleatória normal, simulada com uso da expressão 5.1 e os parâmetros definidos pelo usuário.

e) Ocorrências extraordinárias: A simulação de fatos extraordinários na operação da empresa é realizada quando, para uma dada viagem, o valor pseudo-aleatório $R \in [0;1]$, é inferior à taxa de ocorrências excepcionais fixado pelo usuário. Caso isto se verifique, uma ocorrência aleatória é gerada e inserida na tabela *DiárioOcorrencia* existente na base de dados, vinculando a mesma à viagem em questão, na data em que a operação está sendo simulada.

Ao final de cada dia, quando todas as viagens de um veículo em particular foram realizadas, a operação simulada é gravada na base de dados. As informações referentes

às viagens realizadas são registradas na tabela *DiárioViagens*, enquanto que a operação do veículo (saída e chegada da garagem, quilometragem de abastecimento, etc), é registrada na tabela *DiárioVeiculo*.

Este modelo de simulação, responsável pela geração de séries históricas sintéticas de operação da empresa foi desenvolvido em Delphi 4.0 para Windows, e encontra-se apresentado no Apêndice 1.

5.3. Definição dos Indicadores

Para realização da validação do Sistema de Controle de Qualidade e Produtividade proposto, foram definidos indicadores a partir de séries históricas sintéticas geradas por meio do modelo de simulação apresentado na seção anterior, e que foram armazenados em uma base de dados relacional. Esta base de dados já foi devidamente apresentada na figura 4.2, através do seu diagrama de entidade e relacionamento. Embora se possa definir indicadores de qualidade e produtividade para os mais diversos setores de uma empresa de transporte urbano de passageiros (administrativo, financeiro, operacional, manutenção, marketing, etc), neste trabalho será dado ênfase apenas a alguns indicadores do setor operacional.

Os indicadores de interesse para o setor de operações dizem respeito ao controle de tempos gastos na realização de viagens, horários de partida e adequação de oferta à demanda. Tais indicadores poderão ser observados de forma agregada, conforme apresentado na seqüência, ou ainda de forma individualizada, para cada linha, rota, dia típico, etc. Para cada indicador são apresentadas as consultas em SQL, as quais permitem operacionalizar os cálculos de média e desvio-padrão das amostras de indicador, no sistema proposto.

a) Índice de Duração das Viagens: o tempo de viagem é um dos atributos de mais fácil percepção e importância para o passageiro e para a empresa. Para o passageiro, tempos de viagem que aumentam no decorrer dos períodos representam um desestímulo à realização da viagem. Para a empresa, representa a necessidade de efetuar a reprogramação da operação, sob pena de ter de arcar com atrasos freqüentes e eventuais viagens suprimidas. A duração de uma viagem depende de vários fatores externos,

como por exemplo, a velocidade desenvolvida pelo veículo, que por sua vez, é afetada pelas condições gerais do tráfego, pelo espaçamento entre paradas, pela sinuosidade das linhas, demanda, etc.

O cálculo do indicador índice de duração de viagens é realizado pela seguinte expressão, tendo em vista cada uma das viagens realizadas:

$$\text{IndiceDuraçãoViagem} = \frac{\text{ChegadaReal} - \text{SaídaReal}}{\text{DuraçãoPrevista}}$$

onde *ChegadaReal* = instante do término da viagem, em minutos;

SaídaReal = instante do início da viagem, em minutos; e

DuraçãoPrevista = tempo previsto para realização da viagem, em minutos.

Note-se que este indicador tem características adimensionais, fazendo com que os desvios em relação aos valores previstos sejam medidos em termos relativos.

Com este indicador é possível controlar o comportamento do tempo de viagem em relação à duração prevista. Valores superiores à unidade, indicam a necessidade de revisar o plano operacional. Este indicador é uma variável contínua, e seu acompanhamento será realizado utilizando uma *carta de controle por variável*, mais especificamente usando *média e desvio-padrão*, dado que o tamanho da amostra é superior a 10. Para o cálculo da média e do desvio-padrão de amostras deste indicador, colhidas diariamente entre *:DataInicial* e *:DataFinal*, nos dias úteis, utiliza-se a seguinte consulta em SQL:

```
SELECT
  D1.Data,
  AVG ((D1.ChegadaReal-D1.SaidaReal)/V.DuracaoPrev) AS Media,
  STDEV ((D1.ChegadaReal-D1.SaidaReal)/V.DuracaoPrev) AS Desvio
FROM Diario D1, Viagem V
WHERE
  (D1.CodViagem = V.CodViagem) AND
  (Weekday (D1.Data) in (2,3,4,5,6)) AND
  (D1.Data >= :DataInicial) AND
  (D1.Data <= :DataFinal)
GROUP BY D1.Data
```

Com a consulta acima se determina, para cada data correspondente a um dia útil, um valor de média e um valor de desvio-padrão, que serão utilizados na construção da referida carta.

b) Tempo de Atraso

A confiabilidade do serviço de transporte de passageiros pode ser caracterizada pela exatidão no cumprimento da programação estabelecida. O aspecto “deslocamento com rigor de horário”, representa para o passageiro, chegar ao destino desejado no momento esperado. Este é um aspecto importante, que geralmente é considerado pelo poder concedente na fiscalização da operação.

$$\text{Atraso} = \text{SaídaReal} - \text{SaídaPrev}$$

onde: *Atraso* = tempo de atraso no horário de saída da viagem, em minutos;

SaídaReal = horário de saída efetivamente realizado, em minutos; e

SaídaPrev = horário de saída programado no plano de operação, em minutos.

Este indicador também é uma variável contínua, e seu acompanhamento será realizado utilizando uma *carta de controle para variável*, usando *média e desvio-padrão*, dado que o tamanho da amostra é superior a 10. Tem-se, para calcular a média e o desvio-padrão deste indicador, a seguinte consulta em SQL:

```
SELECT
  D1.Data,
  AVG (D1.SaidaReal - V.SaidaPrev) AS Media,
  STDEV (D1.SaidaReal - V.SaidaPrev) AS Desvio
FROM Diario D1, Viagem V
WHERE
  (D1.CodViagem = V.CodViagem) AND
  (weekday (D1.Data) in (2,3,4,5,6)) AND
  (D1.SaidaReal is not null) AND
  (D1.Data >= :DataInicial) AND
  (D1.Data <= :DataFinal)
GROUP BY D1.Data
```

Além deste indicador, que registra o comportamento do tempo médio de atraso em minutos, pode-se (considerando uma tolerância no horário de partida de 3 minutos, por exemplo), determinar o número de viagens cuja saída excede o horário programado.

Este indicador, por sua vez, é uma variável discreta, e seu acompanhamento será realizado utilizando a *carta de controle por atributo*, do tipo que se representa o *número de defeitos na amostra (np)*, usando a aproximação da distribuição binomial pela normal.. Para tanto, se utiliza a seguinte consulta em SQL:

```

SELECT
  D.Data,
  Count(*) AS Media,
  0 AS Desvio
FROM Diario D, Viagem V
WHERE
  (D.CodViagem = V.CodViagem) AND
  (weekday (D.Data) in (2,3,4,5,6)) AND
  (D.SaidaReal is not null) AND
  (D.SaidaReal > V.SaidaPrev + 3) AND
  (D.Data >= :DataInicial) AND
  (D.Data <= :DataFinal)
GROUP BY D.Data

```

Para fins de amostragem, os SQLs acima consideram datas de realização das viagens compreendidas entre *:DataInicial* e *:DataFinal*, nos dias úteis, e para viagens efetivamente realizadas, isto é, viagens cuja *SaidaReal* seja não nula.

c) Índice de Viagens Suprimidas

Além da exatidão no cumprimento dos horários estabelecidos na programação, a confiabilidade do serviço de transporte de passageiros pode ser caracterizada também, em função da quantidade de viagens suprimidas. Para tanto, o indicador índice de viagens suprimidas poderá ser calculado como:

$$\text{ÍndiceViagensSuprimidas} = \frac{\text{número de viagens suprimidas}}{\text{número de viagens programadas}}$$

Este indicador denota a “fração de defeitos” encontrada em uma amostra, sendo portanto adequado utilizar a *carta de controle por atributo*, do tipo que representa a *fração defeituosa (p)*, usando a aproximação da distribuição binomial pela normal. Tem-se para calcular a média e o desvio-padrão deste indicador, a seguinte consulta em SQL:

```

SELECT
  D1.Data,
  Count(D1.CodViagem)/ Count(D2.CodViagem) AS Media
  0 AS Desvio
FROM Diario D1, Diario D2
WHERE
  (D1.SaidaReal is null) AND
  (D1.Data = D2.Data) AND
  (weekday (D1.Data) in (2,3,4,5,6)) AND
  (D1.Data >= :DataInicial) AND
  (D1.Data <= :DataFinal)
GROUP BY D1.Data

```

Note-se que, neste caso, o desvio-padrão foi desconsiderado. Para fins de amostragem, o SQL acima considera datas de realização das viagens em dias úteis, compreendidos entre *:DataInicial* e *:DataFinal*.

d) Índice de Ocupação do Veículo

A ocupação do veículo serve, por um lado, para quantificar o nível de conforto (ou nível de serviço) oferecido ao passageiro, e por outro, pode medir a eficiência da empresa. Este indicador pode ser calculado pela relação entre passageiros transportados em cada viagem e a respectiva capacidade do veículo utilizado, isto é:

$$Ocupação = \frac{CatracaFinal - CatracaInicial}{CapacidadeTotalVeículo}$$

onde *CatracaInicial* e *CatracaFinal* são os números de passageiros registrados no início e término de uma viagem. Esta é uma forma simplificada para o cálculo deste indicador, pois não leva em consideração o movimento de sobe e desce que ocorre ao longo da rota. Esta simplificação tende a piorar a avaliação realizada sobre o conforto, na medida em que a diferença entre catracas não corresponde à quantidade total de passageiros observada no interior do veículo. No quadro 5.1, são apresentados dados a respeito da capacidade de alguns veículos típicos, considerando configurações usuais de “layout” interno.

Quadro 5.1. Capacidade por Tipo de Veículo

Tipo de Ônibus	Capacidade ⁶		
	Sentado	Em Pé	Total
COMUM ¹	43	40	83
PADRON ²	56	37	93
ARTICULADO ³	53	82	135
BIARTICULADO ⁴	nd	nd	250
TRÓLEBUS ⁵	37	75	112

Fontes: 1) MB 0371U (prospecto Mercedes-Benz); 2) MB0371UP (prospecto Mercedes-Benz); 3) VOLVO B58-Articulado (prospecto VOLVO); 4) URBS; 5) TRÓLEBUS MARFERSA (prospecto MARFERSA); 6) Considerando o nível máximo de 7 pass. / m² (veja EBTU 1988, p. 148).

Este indicador também é uma variável contínua, e seu acompanhamento será realizado utilizando uma *carta de controle para variáveis*, usando *média e desvio-padrão*, dado que o tamanho da amostra é superior a 10. Tem-se, para calcular a média e desvio-padrão deste indicador, considerando as diversas viagens realizadas em dias úteis entre *:DataInicial* e *:DataFinal*, a seguinte consulta em SQL:

```

SELECT
  D.Data,
  AVG ((D.CatracaFinal - D.CatracaInicial) / (V.CapSentado + V.AreaPe)) AS Media,
  STDEV ((D.CatracaFinal - D.CatracaInicial) / (V.CapSentado + V.AreaPe)) AS Desvio
FROM Diario D, Veiculo V
WHERE
  (D.Data >= :DataInicial) AND
  (D.Data <= :DataFinal) AND
  (D.NumVeiculo = V.NumVeiculo)
GROUP BY D.Data

```

5.4. Acompanhamento dos Indicadores

Na seção 5.3, foram propostos alguns indicadores para controle da operação de uma empresa de transporte urbano de passageiros, cujos dados foram obtidos através de um modelo de simulação apresentado na seção 5.2. Para fins de controle, as séries históricas simuladas foram divididas em dois períodos distintos. No primeiro período, compreendido entre 15/01/2001 e 28/02/2001 (45 dias corridos, não foi considerado os pontos no gráfico referente aos sábados e domingos, ficando portanto, 33 pontos (dias) para efeito de análise), foram utilizados os seguintes valores dos parâmetros:

- a) Fator Tempo de Viagem: $F_{\min}=0,75$; $F_{\max}=1,15$ e $P_{CE}=1\%$;
- b) Fator de Lotação do Veículo: $F_{\min}=0,15$; $F_{\max}=1,00$ e $P_{CE}=2\%$;
- c) Percentual de Ocorrência extraordinária: $P_{CE} = 2\%$;
- d) Taxa de Consumo de Combustível: $V_{Ref}=0,01$; $F_{\min}=0,50$; $F_{\max}=1,50$ e $P_{CE}=2\%$;
- e) Deslocamento Improdutivo: $V_{Ref}=20,0$; $F_{\min}=1,00$; $F_{\max}=1,30$ e $P_{CE}=2\%$;

Com base na simulação realizada, levando-se em consideração os parâmetros do período acima, obtiveram-se os valores das séries históricas dos indicadores operacionais, com os quais foram determinados os limites de controle e construídos os respectivos gráficos, apresentados nas figuras 5.2 a 5.6.

O segundo período, compreendido entre 01/03/2001 e 13/04/2001 (44 dias corridos, também não foram considerados os pontos no gráfico referente aos sábados e domingos, ficando, portanto, 32 pontos (dias) para efeito de análise), as simulações passaram a ser realizadas com base em parâmetros diferentes dos acima apresentados, conforme mostra o quadro 5.2.

Neste quadro são apresentados apenas os parâmetros referentes ao Fator Tempo de Viagem e ao Fator de Lotação do Veículo, dado que os demais permaneceram

inalterados ao longo deste período. A seguir é feita uma análise dos resultados encontrados em cada gráfico monitorado para os indicadores operacionais selecionados.

Quadro 5.2. Valores dos Parâmetros Utilizados na Simulação da Operação da Empresa de Transporte de Passageiros, no período compreendido entre 01/03/2001 e 13/04/2001 (números em negrito).

Data	Tempo de Viagem			Lotação do Veículo		
	F _{min}	F _{max}	P _{CE} (%)	F _{min}	F _{max}	P _{CE} (%)
01/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
02/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,170	1,050	2,0
03/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,020	2,0
04/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,020	2,0
05/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,020	2,0
06/03/2001	0,780	1,200	1,0	0,150	1,000	2,0
07/03/2001	0,750	1,150	2,0	0,150	1,000	2,0
08/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
09/03/2001	0,750	1,170	1,0	0,150	1,000	2,0
10/03/2001	0,750	1,160	1,0	0,150	1,000	2,0
11/03/2001	0,750	1,160	1,0	0,150	1,000	2,0
12/03/2001	0,750	1,160	1,0	0,150	1,000	2,0
13/03/2001	0,750	1,155	1,0	0,150	1,000	2,0
14/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
15/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
16/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
17/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
18/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
19/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
20/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	4,0
21/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	6,0
22/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	8,0
23/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	7,0
24/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	5,0
25/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	5,0
26/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	5,0
27/03/2001	0,750	1,120	1,0	0,150	1,000	2,0
28/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
29/03/2001	0,650	1,250	1,0	0,150	1,000	2,0
30/03/2001	0,650	1,250	1,0	0,150	1,000	2,0
31/03/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
01/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
02/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
03/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
04/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,150	1,000	2,0
05/04/2001	0,750	1,150	2,0	0,150	1,000	2,0
06/04/2001	0,750	1,150	1,7	0,150	1,000	2,0
07/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,160	1,010	2,0
08/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,160	1,010	2,0
09/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,160	1,010	2,0
10/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,165	1,015	2,0
11/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,165	1,015	2,0
12/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,165	1,015	2,0
13/04/2001	0,750	1,150	1,0	0,165	1,015	2,0

5.4.1. Índice de Duração das Viagens

O gráfico de controle por variáveis apresentado na figura 5.2, mostra o comportamento da média e do desvio-padrão do indicador *Índice de Duração das Viagens*, calculado de acordo com o item (a) da seção 5.3. A seguir é apresentada a análise do gráfico, para os diversos períodos típicos simulados:

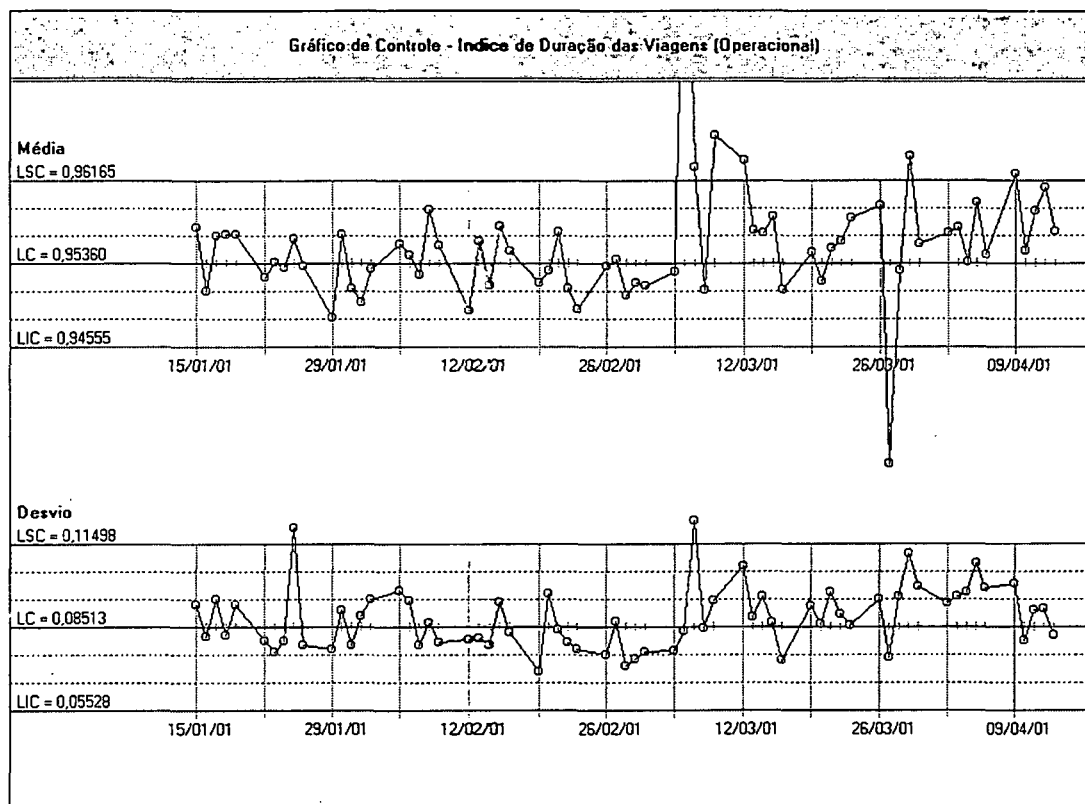


Figura 5.2. Gráfico de Controle apresentando a Média e Desvio-Padrão do indicador Índice de Duração das Viagens, relativo ao período de 15/01/2001 a 13/04/2001.

- a) 06/03/2001: nesta data foi provocado um aumento nos parâmetros de simulação F_{\min} e F_{\max} associados ao tempo de viagem (veja quadro 5.2). Observa-se que a simulação considerada, provocou uma alteração significativa para o indicador duração das viagens, que estão diretamente vinculados aos fatores acima mencionados;
- b) 07/03/2001: nesta data houve um aumento considerável apenas no parâmetro P_{CE} associado ao tempo de viagem simulado (veja quadro 5.2). Conforme pode

se observar nos gráficos de controle correspondente, a média tende a voltar para os limites de controle, enquanto que o desvio-padrão sofre um aumento significativo, retratando a perda de controle nesta data (um ponto fora dos limites de controle);

- c) 09/03/2001 até 13/03/2001: houve aumento somente do parâmetro F_{\max} associado ao tempo de viagem simulado, o qual decresce gradualmente para os valores normais no fim deste período (veja quadro 5.2). Observa-se nos gráficos de controle, uma alteração mais significativa no comportamento da média, inclusive com pontos fora dos limites de controle no início deste período, e menos significativa no desvio-padrão, retratando comportamentos semelhantes aos do parâmetro simulado;
- d) 27/03/2001: nesta data o parâmetro F_{\max} associado ao tempo de viagem simulado foi diminuído (veja quadro 5.2), e em consequência, no gráfico de controle observa-se uma queda brusca da média, enquanto o desvio-padrão apresenta variações menos significativas;
- e) 29/03/2001 até 30/03/2001: nesta data os parâmetros F_{\min} e F_{\max} associados ao tempo de viagem simulado foram, respectivamente, diminuídos e aumentados em igual valor em relação aos parâmetros de normalidade (veja quadro 5.2). Como consequência, apesar da variação ter sido aplicada igualmente nas duas datas, observa-se uma perda de controle em relação à média e ao desvio-padrão apenas em 29/03/2001.

5.4.2. Tempo de Atraso

O gráfico de controle apresentado na figura 5.3, representa o monitoramento da média e do desvio-padrão do indicador *Tempo de Atraso*, calculado de acordo com o item (b) da seção 5.3. Analisando o gráfico, observa-se a presença de causas especiais em alguns períodos, conforme relatado a seguir:

- a) 06/03/2001: foi provocado um ligeiro aumento nos parâmetros de simulação F_{\min} e F_{\max} , associados ao tempo de viagem, mantendo-se P_{CE} inalterado (veja quadro 5.2). Mesmo sofrendo uma alteração pouco significativa, a repercussão no indicador de *Tempo de Atraso* foi bastante considerável. Isto é explicado pelo efeito de propagação dos atrasos em cascata, e pela pequena folga existente entre

viagens sucessivas, e pelo fato de não ter sido considerada a possibilidade de utilização de veículos da reserva;

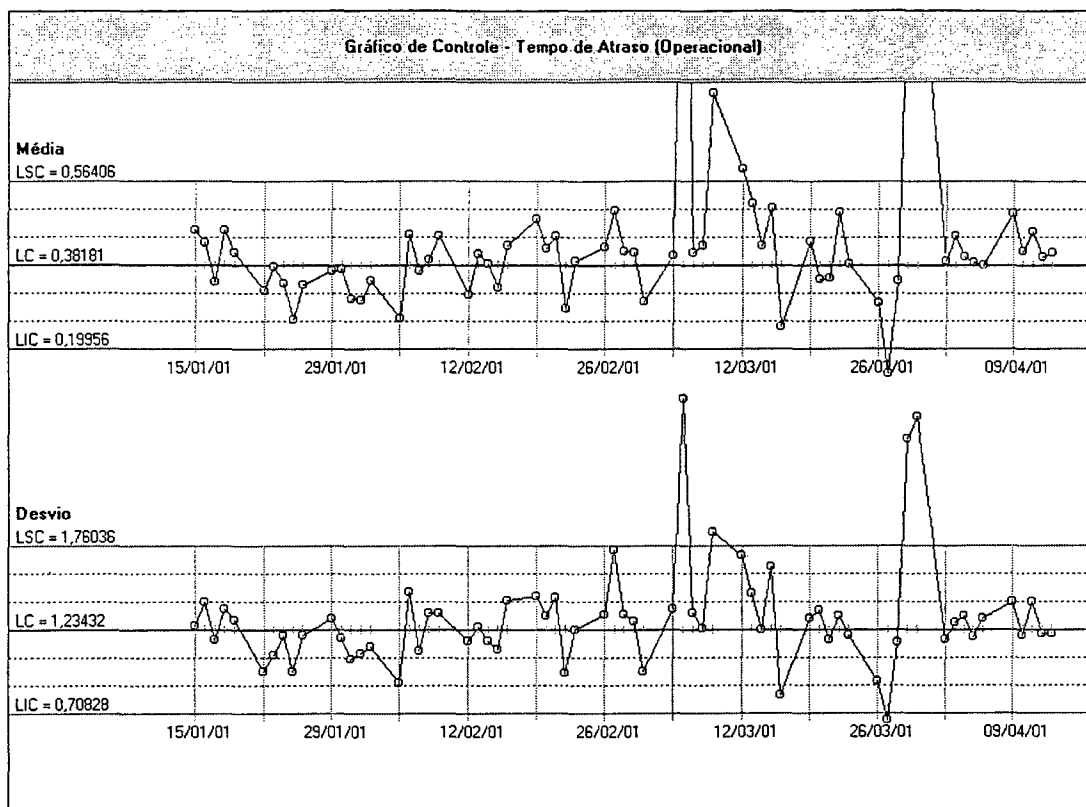


Figura 5.3. Gráfico de Controle apresentando a Média e Desvio-Padrão do indicador Índice Tempo de Atraso, relativo ao período de 15/01/2001 a 13/04/2001.

- b) 07/04/2001: nesta data houve um aumento significativo apenas no parâmetro P_{CE} , associado ao tempo de viagem simulado, (veja quadro 5.2), e conforme se pode observar, isto pouco altera o comportamento do gráfico de controle. Isto se deve ao fato de que os eventuais aumentos de tempo de viagem ($\leq 2\%$ dos casos) acabam sendo absorvidos pelas folgas existentes entre viagens sucessivas;
- c) 09/03/2001 até 13/03/2001: houve aumento no parâmetro F_{max} associado ao tempo de viagem, o qual decresce gradualmente para os valores normais no fim deste período (veja quadro 5.2). No gráfico de controle, neste período, tanto a média como o desvio-padrão, comportam-se de forma consistente com a variação simulada;
- d) 27/03/2001: nesta data o parâmetro F_{max} associado ao tempo de viagem simulado foi diminuído (veja quadro 5.2), e em consequência no gráfico de

controle, observa-se uma queda tanto da média, como do desvio-padrão, embora com variações menos significativas do que as observadas nas alíneas (a), (b) e (c);

- e) 29/03/2001 até 30/03/2001: neste período, os parâmetros F_{\min} e F_{\max} , associados ao tempo de viagem simulado, diminuiu e aumentou respectivamente (veja quadro 5.2). Como consequência, mesmo tendo mantido os valor médio de $(F_{\min} + F_{\max})/2$, observa-se no gráfico de controle, um aumento significativo, tanto da média, como do desvio-padrão. Isto também se explica pelo efeito em cascata observado na variável atraso;
- f) 05/04/2001 até 06/04/2001: nesta data houve um aumento significativo apenas no parâmetro P_{CE} , associado ao tempo de viagem (veja quadro 5.2), e conforme se pode observar, o processo volta a apresentar comportamento dentro dos limites de controle, a exemplo do que foi descrito na alínea (b).

O gráfico da figura 5.4, mostra o comportamento do indicador *Número de Viagens com Atraso*, calculado de acordo com o item (b) da seção 5.3, levando em consideração uma tolerância no horário de partida de 3 minutos.

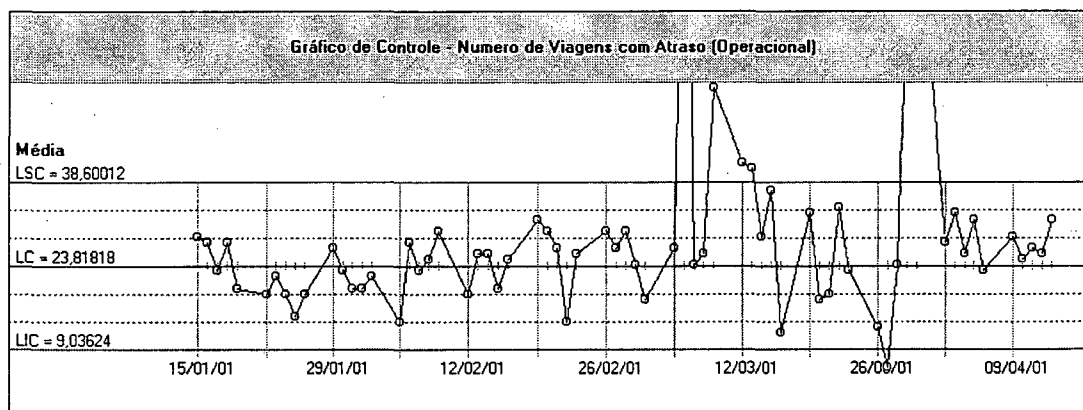


Figura 5.4. Gráfico de Controle apresentando a Média do indicador Número de Viagens com Atraso, relativo ao período de 15/01/2001 a 13/04/2001.

Analisando o gráfico, observa-se a presença de causas especiais em alguns períodos, conforme relatado a seguir:

- a) 06/03/2001: neste dia foi provocado um ligeiro aumento nos parâmetros F_{\min} e F_{\max} associados ao tempo de viagem simulado, mantendo-se P_{CE} inalterado (veja quadro 5.2). A repercussão no indicador *Número de Viagens com Atraso* foi bastante considerável. Isto é explicado pelo efeito de propagação dos atrasos em cascata, e pela pequena folga existente entre viagens sucessivas;
- b) 09/03/2001 até 13/03/2001: houve aumento no parâmetro F_{\max} associado ao tempo de viagem simulado, o qual decresce gradualmente para os valores normais no fim deste período (veja quadro 5.2). No gráfico de controle, neste período, o *Número de Viagens com Atraso* apresenta um comportamento de forma consistente com as variações dos parâmetros simulados;
- c) 27/03/2001: houve diminuição no parâmetro F_{\max} associado ao tempo de viagem simulado (veja quadro 5.2), quando se observa no gráfico de controle uma queda deste indicador, levando-o a valores fora do limite de controle;
- d) 29/03/2001 até 30/03/2001: neste período os parâmetros F_{\min} e F_{\max} , associados ao tempo de viagem simulado, diminuiu e aumentou, respectivamente, conforme pode ser observado no quadro 5.2. Embora a variação provocada nestes parâmetros tenha sido realizada de modo a manter o valor médio, o aumento da variabilidade do tempo de viagem fez com que aumentasse consideravelmente o número de viagens atrasadas, conforme pode ser observado no gráfico de controle.

5.4.3. Índice de Viagens Suprimidas

O gráfico da figura 5.5, mostra o comportamento da média do indicador *Índice de Viagens Suprimidas* (viagens não realizadas), calculado conforme o item (c), apresentado na seção 5.3. A seguir é apresentada a análise do gráfico, para os diversos períodos típicos simulados:

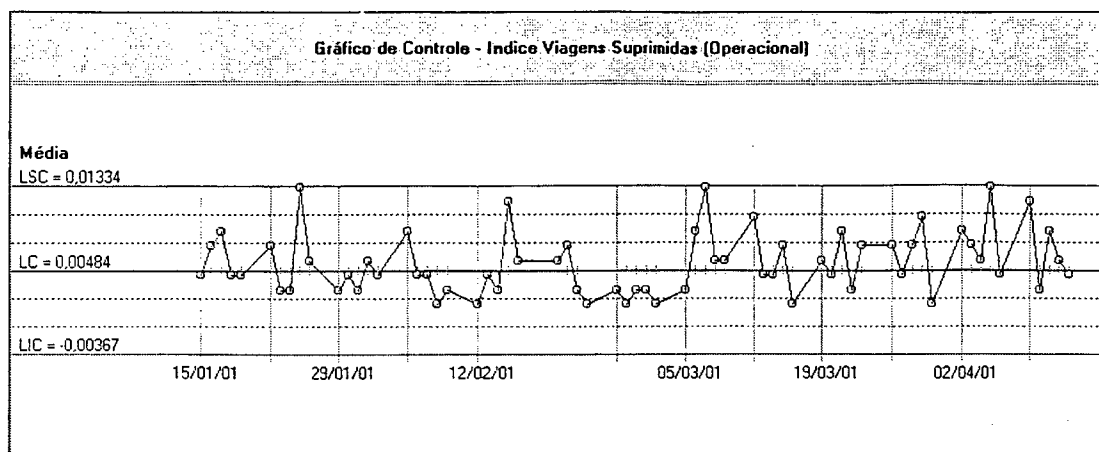


Figura 5.5. Gráfico de Controle apresentando a Média do indicador Índice Viagens Suprimidas, relativo ao período de 15/01/2001 a 13/04/2001.

Observe-se que este indicador não apresenta uma sensibilidade tão acentuada quanto o indicador apresentado em 5.4.2. Isto se deve ao fato de que para uma viagem ser cancelada, é necessário de acordo com a simulação realizada, que haja uma confluência considerável de fatores, que façam com que as viagens não possam ser executadas, dentro de uma tolerância de até 15 minutos, em relação ao horário de saída. Considerando que existem folgas entre viagens consecutivas, que podem ser utilizadas para absorver o impacto na variação destes tempos de viagem, somente em casos extremos (seqüência com grande número de viagens sem folgas intermediárias, ou quando todas as viagens tendem a aumentar em média, seu tempo de realização, por exemplo) este indicador sofre alterações que podem ser observadas.

No gráfico da figura 5.5, apenas o período compreendido entre 06/03/2001 e 12/03/2001, observa-se uma tendência de aumento no número médio do índice, como resposta do aumento dos parâmetros relacionados com a simulação do tempo de viagem (veja quadro 5.2).

Já no período compreendido entre 27/03/2001 a 30/03/2001, as alterações realizadas (veja quadro 5.2), não chegam a comprometer o tempo médio de realização das viagens, em relação aos valores utilizados para calibração do processo (período de janeiro a fevereiro de 2001). Em conseqüência, não houve no gráfico, apesar de terem sido

observados alguns pontos fora dos limites de controle, relações de causa e efeito que possam ser explicadas.

5.4.4. Índice de Ocupação do Veículo

O gráfico de controle apresentado na figura 5.6, apresenta o monitoramento da média e do desvio-padrão do indicador *Índice de Ocupação do Veículo*, calculado de acordo com o item (d) da seção 5.3.

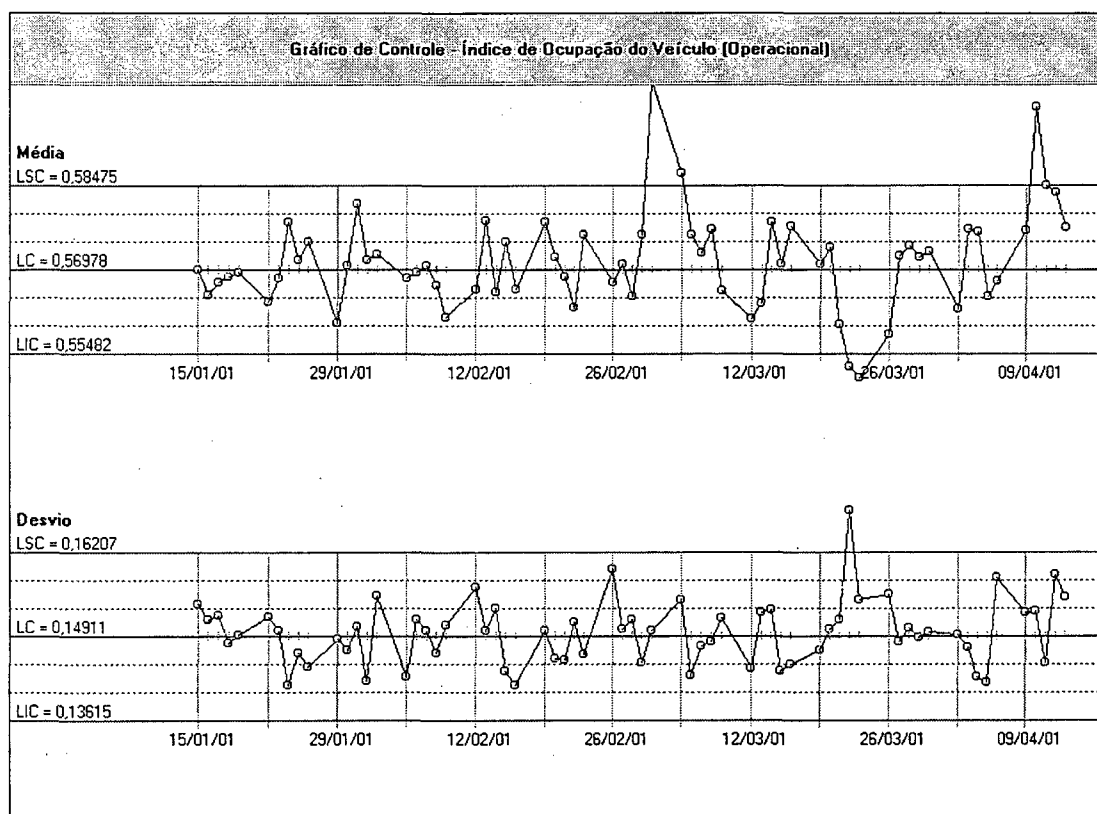


Figura 5.6. Gráfico de Controle apresentando a Média e Desvio-Padrão do indicador Índice de Ocupação do Veículo, relativo ao período de 15/01/2001 a 13/04/2001.

Analisando o gráfico, observa-se a presença de causas especiais em alguns períodos, conforme a descrição a seguir:

02/03/2001: nesta data foi provocado um aumento significativo nos parâmetros F_{\min} e F_{\max} , associados a lotação do veículo (veja quadro 5.2), o que foi suficiente, para elevar consideravelmente, a variação da média;

- a) 03/03/2001 a 05/03/2001: observa-se neste período, um ligeiro aumento no parâmetro F_{\max} associado a lotação do veículo (veja quadro 5.2). Apesar desta pequena variação, o processo apresenta-se ainda fora de controle em relação à média, com tendência de retorno à normalidade. Quanto ao desvio-padrão, a variação provocada nos parâmetros não apresentou modificações sensíveis no correspondente gráfico de controle;
- b) 20/03/2001 até 26/03/2001: neste período, houve um aumento e uma diminuição gradativos no parâmetro P_{CE} , associado a lotação do veículo, conforme pode ser observado no quadro 5.2. Este parâmetro é utilizado para provocar quebras (redução brusca) de demanda, com frequência proporcional ao valor simulado. Como pode ser observado, neste período o gráfico apresentou uma queda da média e tendências de aumento do desvio-padrão, conforme esperado, devido a quedas consideráveis da demanda em algumas viagens;
- c) 07/04/2001 até 13/04/2001: observa-se neste período, que houve um aumento gradativo nos parâmetros F_{\min} e F_{\max} associados à lotação do veículo, mantendo-se P_{CE} inalterado (veja quadro 5.2). Observa-se no gráfico de controle, que nos três primeiros dias deste período, tanto a média como o desvio-padrão do indicador observado, apresentaram-se dentro dos limites de controle. Com o aumento mais acentuado destes parâmetros, ocorrido a partir do dia 10/04/2001, o gráfico da média passa a apresentar tendências de perda de controle.

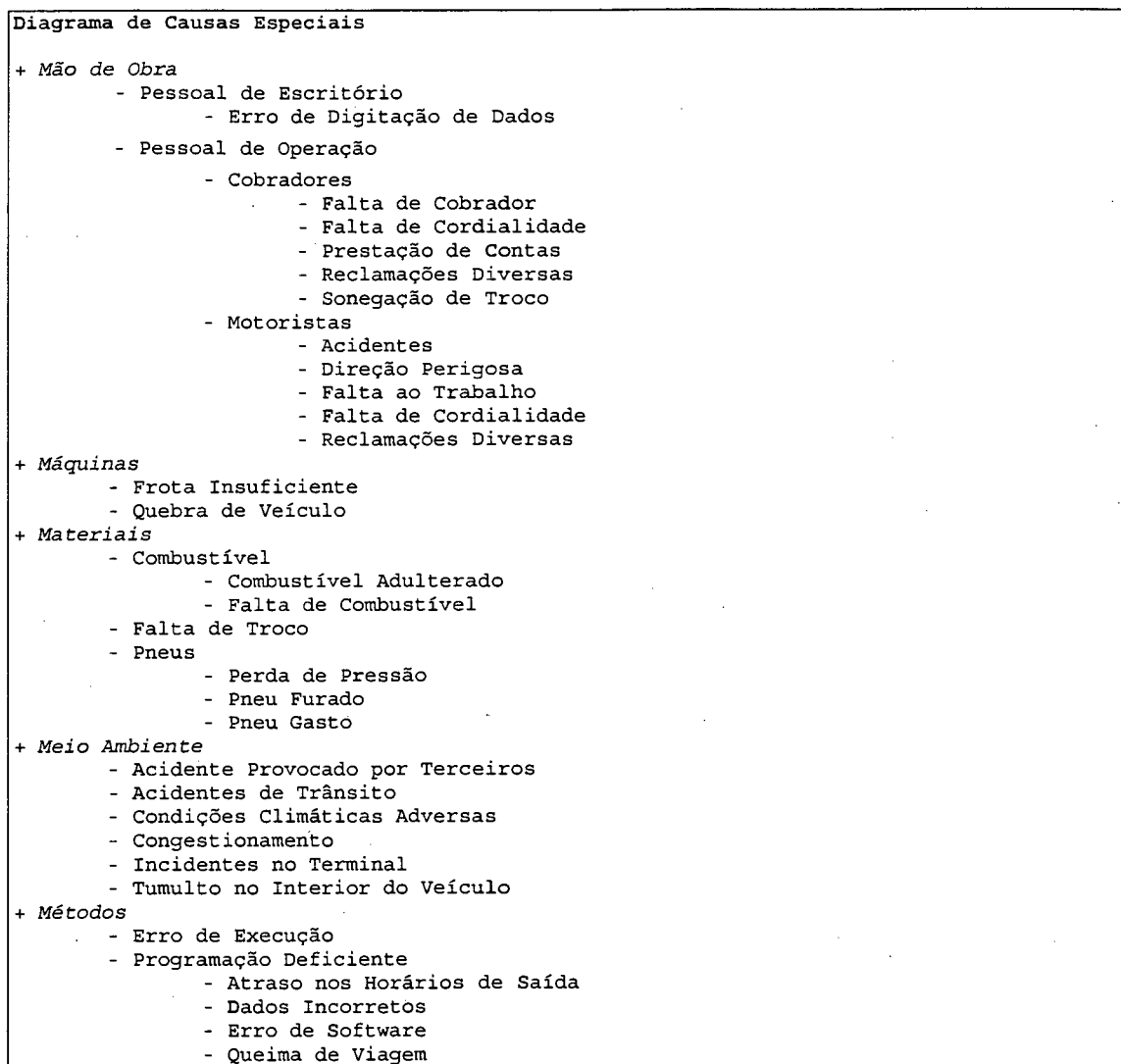
5.5. Identificação das Causas Especiais

A identificação de causas especiais é uma atividade essencialmente investigativa, que cabe ser realizada pelo usuário do sistema interessado no acompanhamento dos indicadores de qualidade e produtividade. Para realizar esta investigação, este poderá fazer uso de recursos adicionais tais como: diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, relatórios específicos, além da investigação direta em campo.

Uma forma sistemática de realizar a investigação é iniciar com o diagrama de Ishikawa, gerado a partir de relações de causa-efeito identificadas por meio de *brainstorm*. A cada indicador poderão estar associadas causas específicas, organizadas hierarquicamente, de modo a se obter, em cada nível, maior grau de detalhamento (veja o quadro 5.3).

Neste contexto, a figura 5.7 exemplifica este fato em um diagrama de causa-efeito para atraso nas partidas das viagens.

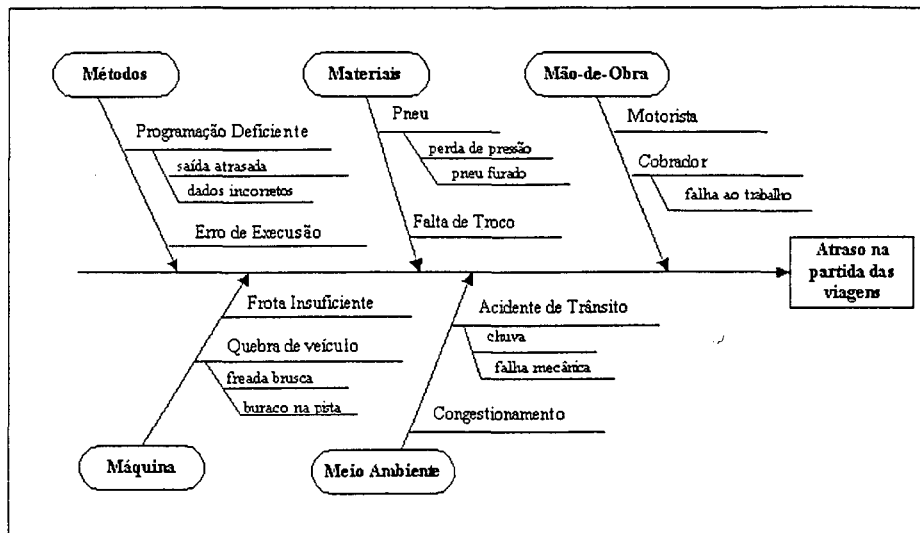
Quadro 5.3. Diagrama de Causas Especiais - Árvore de Causa-Efeito construída para os Indicadores Avaliados.



Dependendo do tipo de perda de controle o usuário poderá, em função de sua experiência e análise, selecionar as possíveis causas, descartando aquelas que não possam justificar o ocorrido.

Em seguida, com o objetivo de priorizar a investigação, o gráfico de Pareto poderá ser usado para mostrar as causas mais frequentes, de acordo com o histórico registrado. Na ordem decrescente de probabilidade (de acordo com o gráfico de Pareto), as causas passam a ser analisadas individualmente.

Figura 5.7. Diagrama Causa-Efeito para Atraso na Partida das Viagens



Para cada uma delas, relatórios adicionais poderão ser gerados, de modo a confirmar ou descartar a sua prevalência em relação à perda de controle do indicador em questão. Tais relatórios poderão ser escolhidos dentre uma lista de relatórios disponíveis na base de dados de indicadores, ou ainda serem gerados de acordo com o interesse do usuário e a causa sob suspeita. Este relatório poderá posteriormente ser armazenado para futuras pesquisas. No caso das informações disponibilizadas na base de dados não serem suficientes para confirmar uma causa especial, verificações adicionais poderão ser realizadas em campo.

Identificada uma causa especial, a mesma é registrada e o Diagrama de Pareto é atualizado, de modo a refletir mais este caso nas futuras investigações. Finalmente, é importante ressaltar que os testes de não-aleatoriedade, não são conclusivos em determinar a existência de causas especiais atuantes, devendo os mesmos ser considerados como alerta da necessidade de uma maior atenção sobre o processo.

5.6. Considerações Finais

Considerando os parâmetros operacionais listados nos itens (a), (b), (c) e (d) apresentados na seção 5.2, obteve-se, através de uma simulação discreta, resultados que foram apresentados através dos gráficos de controle, os quais foram analisados em relação aos períodos típicos definidos na simulação. Mostrou-se, desta forma, a sensibilidade que alguns dos indicadores apontados e implantados no sistema de

controle proposto apresentam em relação a variações ocorridas durante a operação simulada.

Os resultados obtidos mostram a viabilidade de se aplicar o sistema proposto a uma situação real, onde a base de dados é alimentada com informações colhidas diretamente da operação da empresa. As relações de causa e efeito entre parâmetros simulados e resultados observados, mostraram-se consistentes, confirmando a sua aplicabilidade.

Apesar da dificuldade inicial com a alimentação dos dados na construção da base de dados de indicadores (construção dos SQL's), a fase operacional não apresenta grandes dificuldades de utilização, mesmo existindo um volume significativo de dados a serem analisados.

Capítulo VI

6. Conclusões e Recomendações

6.1. Conclusões

O controle estatístico de processo vem se mostrando, desde a sua criação, uma ferramenta útil para acompanhamento de processos quanto a sua qualidade. A aplicação destas ferramentas ao controle de indicadores de produtividade é uma extensão natural e a sua consagração vem sendo constatada sempre que utilizada.

O sistema proposto para controle de indicadores de qualidade e produtividade, mostrou-se viável em sua construção, o que pode ser comprovado pelo protótipo desenvolvido, e pelos detalhes de implantação apresentados neste trabalho.

A simulação realizada para validação do sistema proposto demonstrou que a sua implantação em empresas de transporte urbano de passageiros é viável tecnicamente, na medida em que os indicadores acompanhados responderam consistentemente às variações produzidas nos parâmetros da simulação. Embora o teste de validação tenha se restringido apenas a alguns indicadores de caráter operacional, a sua extensão a outros setores da empresa deverá responder com a mesma eficiência.

É importante ressaltar, ainda, que o sistema como proposto, é um facilitador da tarefa do administrador, na medida em que permite ao mesmo, uma visão de conjunto dos dados coletados nos mais diversos setores da empresa, evidenciando tendências, ciclos e valores extremos, provocados pela atuação de causas especiais. Desde que implantados os sistemas de coleta de dados necessários, esta tarefa apresenta pouco esforço, e o benefício produzido poderá ser significativo, caso as medidas corretivas ao processo sob controle sejam aplicadas.

O uso de base de dados relacionais, para desenvolvimento do sistema proposto, também demonstrou ser uma solução flexível e adequada, na medida em que permite a realização de expansões da base de indicadores, não vinculando a sua definição à fase

de desenvolvimento do sistema. Esta flexibilidade faz com que o sistema de controle de indicadores de qualidade e produtividade, com algumas adaptações, possa ser utilizado também pelo órgão público responsável pelo gerenciamento do sistema de transporte. A metodologia definida para o sistema de controle em questão, pode ainda ser aplicada, com as devidas adaptações, em qualquer outro sistema contínuo de produção.

Constatou-se, também, durante o desenvolvimento do trabalho, que ainda é comum as empresas de transporte urbano de passageiros não manterem todos os registros de suas operações em meio digital, exceto para algumas poucas informações. Em alguns casos, estas informações estão distribuídas em diversos sistemas, os quais são estanques e não apresentam interface comum para troca de dados, e visam somente o atendimento de demandas específicas de cada setor da empresa. Esta falta de integração entre os sistemas é um ponto que deve ser ponderado, sendo recomendado às empresas a gradativa migração para sistemas integrados de informação, os quais multiplicam o potencial de controle dos processos de produção.

Finalmente, os resultados apresentados na simulação realizada, demonstram a importância do “tempo de viagem” para o sistema de transporte. Em outras palavras, observa-se a relação direta entre esta variável com a necessidade de recursos, custos e a possibilidade de realização das viagens no horário estabelecido. Entretanto, apesar da importância desta variável, a mesma é pouco considerada no acompanhamento e controle da operação.

6.2. Recomendações

Como todo trabalho científico, este também apresenta algumas recomendações no sentido da realização de estudos adicionais, alguns dos quais serão aqui levantados.

Para a efetiva implantação da proposta deste trabalho, é recomendável que seja considerada pelas empresas a migração dos sistemas existentes para um padrão único de base de dados. Embora isto não seja uma condição absolutamente necessária, já que o sistema de controle permite o uso de mais de uma base de dados, inclusive com padrões de armazenamento diversos, o uso de uma única base relacional, oferece maior

capacidade de correlacionar dados, além de manter uma maior consistência entre as informações armazenadas.

A implantação de sistemas automatizados de coleta de dados também é uma recomendação a ser seguida. Embora isto também não seja essencial, pois o sistema de controle proposto independe da forma como os dados são coletados e armazenados, ao seguir esta recomendação o usuário tornará mais eficiente e seguro o processo de aquisição dos dados e, conseqüentemente, o controle dos indicadores de qualidade e produtividade.

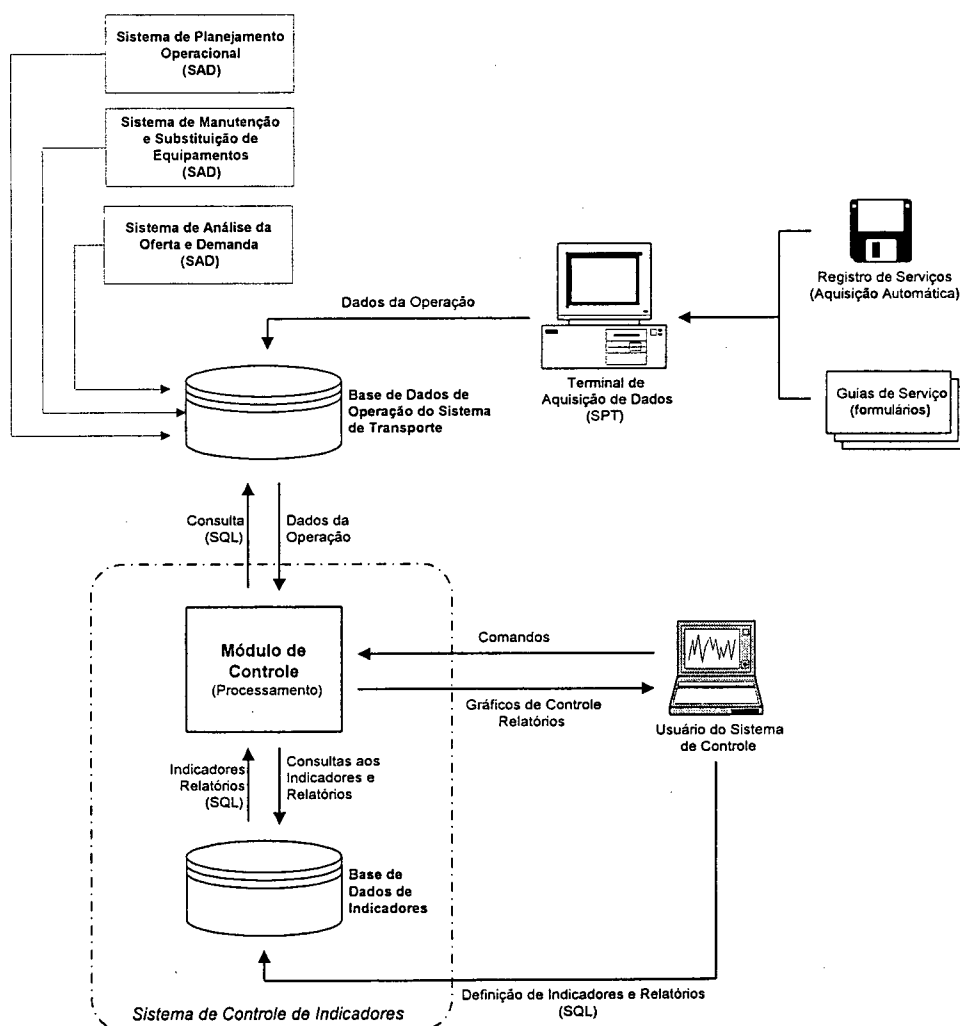
Mudanças na cultura administrativa de uma empresa em geral são impostas por exigências externas associadas aos clientes e órgãos fiscalizadores. Assim, também, ocorre com sistemas de controle de qualidade, que depois de implantados passam a fazer parte da rotina de produção. A área de transporte público de passageiros, neste sentido, não é uma exceção.

O aumento de exigências por parte dos órgãos fiscalizadores, em relação ao cumprimento de especificações, é uma forma de induzir as empresas operadoras a adotarem sistemas de controle mais apropriados, baseados em ferramentas estatísticas. A médio e longo prazo, a absorção destas técnicas, e a sua expansão aos diversos setores das empresas, trará benefícios ao usuário do transporte público, que poderá contar com um serviço de qualidade e possivelmente de menor custo, na medida em que se eliminem os fatores de ineficiência identificados. Neste sentido, este processo poderá ter início com o próprio órgão fiscalizador, que terá, no sistema proposto, formas de identificar limites de especificações a serem seguidos dentro de um plano de melhoria continuada.

Um outro aspecto que pode ser considerado para o futuro é a adaptação do sistema para produzir gráficos de controle de indicadores para grupos, isto é, definido a forma de cálculo do indicador, fazer com que a sua aplicação possa ser realizada selecionando alguma característica adicional, que restrinja o cálculo do indicador para um veículo, para uma linha, para um condutor, etc, sem que seja necessário definir o indicador para cada caso particular.

O sistema de controle de indicadores proposto, conforme apresentado na figura 4.5, poderá, ainda, ser ampliado através do acréscimo de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), que devidamente adaptado neste contexto, podem ser utilizados para realização de tarefas de análise de demanda e oferta, de planejamento operacional, de planejamento de manutenção e substituição de veículos e equipamentos, entre outras, conforme mostra a figura 6.1. Neste sentido, poderão ser considerados trabalhos como os apresentados pelos autores [SINOTTI, 1982]; [JACQUES, 1989]; [CRUZ, 1991]; [CRUZ, 1998]; [CARVALHO, 1993]; [MAYERLE, 1996]; [COELHO, 1998] e [NAPIERALA, 1999].

Figura 6.1. Representação do Sistema Proposto para Controle de Indicadores, ampliado através do acréscimo de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD).



Bibliografia Citada

- AFFONSO, Nazareno Stanislaw. Editorial - Os Riscos Atuais para o Transporte Público. Revistas dos Transportes Públicos - ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos), Ano 21 - 1º trimestre, 1999.
- BALL, Michael; et all. "A Matching Based Heuristic for Scheduling Mass Transit Crews and Vehicles," Transportation Science, vol., 17, n. 1, p. 4 – 31, 1983.
- BERTOZZI, Patrícia Pacheco; LIMA JR, Orlando Fontes. A Qualidade no Serviço de Transporte Público sob as Óticas do Usuário, do Operador e do Órgão Gestor. Revista dos Transportes Públicos - ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos). Ano 21 - 4º trimestre, 1998.
- BODMER, Milena. Os Benefícios da Visão Mercadológica na Gestão do Transporte Público Urbano, NTUrbano (57): 4, Novembro, Brasília, 1997.
- BORGES, Sandra; BODMER, Milena. Avaliação Crítica do Ambiente Gerencial das Empresas Operadoras de Ônibus Urbano. Comunicações Técnicas, ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos). In: Anais X Congresso Nacional de Transportes Público, p. 09 - 14, São Paulo, 1995.
- BOWKER, Albert H; LIEBERMAN, Gerald J. Engineering Statistics. PRENTICE-hall, INC. Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.
- BERNHOEFT, R. Empresa Familiar: Sucessão Profissionalizada ou Sobrevivência Comprometida. 2ª. Edição. São Paulo, Brasil, Nobel, 1989.
- BODE, Juergen; FUNG, Richard. Cost Engineering with Quality Function Deployment. Computers-and-Industrial-Engineering. v. 35, n. 3-4, p. 587-590, Dec 1998.
- BODMER, M; SÁ, A C. M. Transporte Urbano no Brasil, Relatório Técnico para CNT 97, não publicado, 1997.

- BOUCHEREAU, Vivianne; ROWLANDS, Hefin. Analytical Approaches to QFD. Manufacturing-Engineer. v. 78, n. 6, p. 249-254, Dec 1999.
- BOWERSOX, D. J; CALABRO, P. J.; WAGENHEIM, G. D. Introduction to Transportation, New York, Macmillan, 1981.
- BRANCO, A. M. Transporte Urbano no Brasil, São Paulo, 1981.
- CARBONELL, Márcio. "Manual do Empregador", Editora Globo, 1971.
- CEDENO, Leivis M.; BODMER, Milena. Mudanças no Foco Gerencial das Empresas de Transporte. COPPE/UFRJ. In: Anais XII ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), vol., I, Fortaleza - CE, 1998.
- CHEN, P. Modelagem de Dados – A Abordagem Entidade-Relacionamento para Projeto Lógico. Tradução de Cecília C. Bartalotti. São Paulo: McGraw – Hill: Makron, 1990.
- CHIAVENATO, I. Administração: Teoria, Processo e Prática. 2ª ed. São Paulo, Editora Makron Books, 1994.
- COELHO, Antônio Sérgio. Um Modelo Heurístico para Distribuição e Alocação de Ônibus em Linhas Urbanas, com Opção de Análise dos Resultados Através de Simulação. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1998.
- COKINS, G. Why is Traditional Accounting Failing Quality Managers? Activity-Based Costing is the Solution. Annual-Quality-Congress-Transactions. p., 74-80, Anaheim, CA, USA 1999.
- CRUZ, Jorge Alcides. Modelo de Demanda Variável para Determinação da Oferta de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1991.

- CRUZ, Marcus V. Gonçalves. "Organização do Trabalho em Empresas de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus em Belo Horizonte". In: Anais IX ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), p. 683 – 691, vol. II, São Carlos – SP, 1995.
- CRUZ, Jorge Alcides. Modelo de Determinação de Horário Econômico no Transporte Público de Passageiros. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1998.
- DAVIS, F. W. Jr; MANRODT, K. B. Service Logistics: an introduction. Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 21, n. 7, p. 4 - 13, 1991.
- DEMING, Edwards. Qualidade: A Revolução da Administração, Editora Marques-Saraiva, Rio de Janeiro, 1990.
- DESAROCHERS, M; SOUMIS, F. "A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem," Transportation Science, vol., 23, n. 1, p. 1 – 13, 1989.
- EBTU - Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos. STPP - Sistema de Transporte Público de Passageiros . Planejamento da Operação, Brasília - DF, 1988.
- FEIGENBAUM, A. V. Total Quality Control; Engineering and management. McGraw-Hill, New York, 1986.
- FERNANDES, Fátima. S; BODMER, Milena. O Papel de Marketing na Gestão das Operadoras de Transporte de Pessoas. In: Anais XI ANPEP (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), vol., 2, p. 897 – 906, Rio de Janeiro, 1997.
- FIGUEIREDO, Adelaide dos S. Informações Gerenciais: Um Instrumento de Gestão de Produtividade e Qualidade no Transporte por Ônibus. Dissertação de Mestrado, MTU/UnB, 1993.

- FURTADO, A. L.; SANTOS, C. S. Organização de Bancos de Dados. Sexta Edição, Editora Campus, 1986.
- GIARINI, O. Coming of Age of the Service Economy. Science and Public Policy, pág. 209-215, August, 1986.
- GLUSHKOVSKY, A. System of Sustainable Development Indicators: Object-oriented and Quality Control Approaches. Quality-Engineering. v. 13, n. 3, p. 377-382, March 2001.
- GRONROOS, C. Service Management and Marketing: managing the moments of truth in service competition. Lexington, Lexington Books, 1990.
- HURSCH, Carolyn J; HURSCH, Jack L. SQL – Linguagem de Consulta Estruturada. Tradução de Antonio Luiz Pagani. Rio de Janeiro, LTC, 1990.
- HENRY, Etienne. Trajetória e Perspectivas de uma Profissionalidade Urbana: O Universo das Empresas de Transporte por Ônibus no Brasil. São Paulo: FGV, (relatório de pesquisa), 1992.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Pesquisa Anual do Transporte Rodoviário", vol. 9, 1998.
- JURAN, J. M. Juran Planejando para a Qualidade, Pioneira, São Paulo, 1990.
- JURAN, J. M. Quality Control Handbook. Mgraw-Hill, New York, 1974.
- KAPLAN, Robert S; NORTON, D. P. A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard; Rio de Janeiro, Campus, 1997.
- KERN, Vinícius Medina. Banco de Dados Relacionais: Teoria e Prática de Projeto. Editora Érica, São Paulo, 1994.

- KOHISTRUNG, T; REHNELT, N; MIERZOWSKI, S. Development of a Balanced Scorecard System for the Network Business of an Energy Supply Enterprise with focus on Technical Processes. International Conference and Exhibition on Electricity Distribution. Amsterdam, Netherlands. IEE-Conference-Publication. v., 6 n. 482, 2001.
- LIMA, Iêda Maria O.; et all. Gestão da Qualidade e Produtividade em Transporte Público no Brasil. Revista Indicadores de Qualidade e Produtividade. Brasília, 1992.
- LIMA JR, Orlando Fontes. Qualidade em Serviços de Transportes: Conceituação e Procedimento para Diagnóstico. Tese de Doutorado. São Paulo; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995.
- LIMA, Iêda Maria O. O Novo e o Velho na Gestão da Qualidade do Transporte Urbano. EDIPRO, 1ª edição , São Paulo, 1996.
- LINDAU, Luis A; ROSADO, A Berfran. Os Transportes Públicos Urbanos e a Qualidade Total. Revista dos Transportes Público 55, p. 11 – 31, 1992.
- MAYERLE, Sérgio Fernando. Um Sistema de Apoio à Decisão para o Planejamento Operacional de Empresas de Transporte Rodoviário Urbano de Passageiros. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1996.
- MAYERLE, Sérgio Fernando. Qualidade e Produtividade no Transporte Rodoviário de Passageiros. IDAQ - Instituto de Desenvolvimento Assistência Técnica e Qualidade em Transporte, 1997.
- NAPIERALA, Hieronim. Manutenção de Equipamentos com Múltiplos Componentes; Um Modelo de Programação Dinâmica. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1999.

NORTON, D. P. Beware: The Unbalanced Scorecard; Balanced Scorecard Report; HBS, March-April 2000.

NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Estatística do Transporte Urbano. Capitais Brasileiras - Dados Operacionais, Outubro, 2000. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/banco/estatisticas/Dados_oper_out2000.htm>. Acesso em: 26 junho, 2001.

NTU - URBANO. Informativo da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Ano VI, n. 73, Brasília - DF, dezembro, 1999.

OLIVEIRA, Djalma de P. Rebouças. Sistemas de Informações Gerenciais: Estratégica, Táticas Operacionais. 4ª. edição; Editora Atlas, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA JUNIOR, J. Alencar; BARROS, Adriano H. Costa. O Transporte Clandestino Intermunicipal de Passageiros por Automóvel, Polarizado por Campina Grande/PB – Perfil dos Operadores e Usuários e Características Operacionais. In: Anais XII ANPET (Congresso Nacional de Pesquisas e Ensino em Transportes), Fortaleza - CE, 1998.

PORTER, M. E. The Competitive Advantage of Nations. New York, Free press, 1990.

PRESCOTT, Lisa A. Margaret. The Minimum Acceptable Rate of Return: Engineering Economic Theory and Practice. University-of-Alberta-Canada, 1999.

RAMOS, Alberto Wunderler. CEP para Processo Contínuos e em Bateladas. Fundação Vanzolini. 1ª Edição, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 2000.

RASMUSSEN, R. R; SAVORY, P. A; WILLIAMS, R. E. Integrating Simulation with Activity-Based Management to Evaluate Manufacturing Cell Part Sequencing. Computers-and-Industrial-Engineering. v. 37 n 4. Univ. of Nebraska, Lincoln, NE, USA, 1999.

- ROSSETTO, C. F; et. all. AUTOBUS - Controle Automático de Transporte Coletivo. LOGIT (Logística, Informática e Transporte Ltda.) In: Anais VII ANPET (Congresso Nacional de Pesquisas e Ensino em Transportes) p. 691 - 699, São Paulo, novembro,1993.
- ROZTOCKI, N; An Integrated Activity-Based Costing and Economic Value Added System for Small Manufacturing Companies. University-of-Pittsburgh, 1999.
- SCHWARZ, Fanny; PINTO, Luiz C. S. Indicadores Balanceados Promovendo o Gerenciamento Estratégico. Outubro de 2000. In: Balanced Scorecard Collaborative. Disponível em: <<http://www.bscol.com.br/content/sect0/index0-what.htm>>. Acesso em: 15/11/2001.
- SIQUEIRA (a), Luis G. Primo. Controle Estatístico do Processo. Equipe Grifo. Série Qualidade Brasil – São Paulo, Editora Pioneira, 1997.
- SIQUEIRA (b), Moema M. Poder e Cultura em Empresas de Transporte Coletivo por Ônibus. Revista de Administração, São Paulo vol.32, n.1, p. 14 - 22, janeiro/março, 1997.
- SIQUEIRA, Moema M.; WATANABE, Fernanda S.; CRUZ, Marcus Vinícius G.; MORAIS, Eunice M.R. Desempenho das Empresas de Transporte Público por Ônibus em Belo Horizonte: A Gestão de Recursos Humanos. In: Anais X Congresso Nacional de Transportes Públicos - ANTP, p. 15 - 22, São Paulo, 1995.
- SOLUTIONS, Renaissance. Translating Strategy Into Action; Renaissance Solutions, Inc, 1997.
- SOMMER, Willy Arno. Controle Estatístico do Processo – CEP, 2o Capítulo. In: Apostilha da disciplina, Controle e Avaliação da Qualidade, ministrada no Cuso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC, 2000.

SOUSA, Maristela L; CAMPOS, Domingos F. A Qualidade nos Serviços de Transporte Rodoviário, por Ônibus: Uma Análise dos Principais Parâmetros de Desempenho do Sistema. In: anais XIV ENEGEP, João Pessoa - Pb, 1994.

STRAMBI, O. Critérios de Eficiência e Equidade para a Análise de Estruturas Tarifárias para o Transporte Público Urbano. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo; São Paulo, 1991.

TECNOCOOP SISTEMAS – DEFINE – Manual Projeto de Banco de Dados. Rio de Janeiro, setembro, 1992.

TRAMONTIN, Marines P. Resolução do Problema de Alocação de Veículos. Comparação de Algumas Técnicas Heurísticas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2001.

VARDANGALOS, G; PANTELIS, A. Performance System Based on the Balanced Scorecard Approach for Measuring Performance in a Business Environment. Natl Technical Univ. of Athens, Athens, Greece, 2000.

WALD, B. Target Costing for New Product Development.: Intel Corp, Hillsboro, OR, USA, 1992.

Bibliografia Consultada

- ANDRADE, Regina C. Riente de; MENDES, Ana P. Duarte. Plano Multimodal de Transportes para o Estado de Minas Gerais: Uma Abordagem ao Sistema Informatizado de Planejamento de Transporte. In: Anais X Congresso Nacional de Transporte Público. A Urgência do Transporte para um Brasil Urbano, p. 361 - 368, São Paulo, 1995.
- ANTHONY, Robert N. Contabilidade Gerencial - Introdução à Contabilidade. Tradução de Luiz Aparecido Caruzo, 1979.
- APPLEGATE, L. M. A. Tecnologia da Informação e o Gerente de Amanhã. In: Revolução em Tempo Real. Gerenciando a Tecnologia da Informação. Editora Campus, 1997.
- ARANTES, Nélio. Sistemas de Gestão Empresarial: Conceitos Permanentes na Administração de Empresas Válidas. São Paulo, Editora Atlas S.A, 1994.
- BALASSIANO, R. Planejamento Estratégico de Transportes Considerando Sistemas de Média e Baixa Capacidade. In: Anais XI ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), Rio de Janeiro, 1997.
- BODMER, Milena; SAENZ, Miriam R. Metodologia Quantum de Desempenho para Empresas de Transporte. In: Anais X ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), p. 539 – 546, Brasília – DF, novembro, 1996.
- BORGES, S. de Lucena. Avaliação Crítica do Ambiente Gerencial das Empresas Operadoras de Ônibus Urbano. Dissertação de Mestrado, PET COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1995.

- BORGES, Mônica E. A Informação como Recurso Gerencial das Organizações na Sociedade do Conhecimento. *Ci. Inf.*, Brasília – DF, 24, n.2, p. 181 – 188, maio/agosto, 1995.
- BRAGA, Nice. O Processo Decisório em Organizações Brasileiras. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, 21(3), p. 35 - 57, julho/setembro, 1987.
- BRAGA, Nice. O Processo Decisório em Organizações Brasileiras: Comportamentos Comunicativos. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, 22(4): p. 34 - 51, outubro/dezembro, 1988.
- BRITO, M. José; et all. Tecnologia da Informação e Processo Produtivo de Gestão em uma Organização Cooperativa: Um Enfoque Estratégico. *RAC*. vol.1, n.3, p. 77 - 95, setembro/dezembro, 1997.
- BROADBENT, M; WEILL, Peter. Management by Maxim: How Business and IT Managers Can Create IT Infrastructures. *Sloan Management Review*, Spring, p. 77 - 92, 1997.
- CALDAS, M. P; WOOD, Jr. T. Inovações Gerenciais em Tempos Turbulentos. In: WOOD Jr. T. (coord.). *Mudança Organizacional*. Editora Atlas, São Paulo, 1995.
- CANÇADO, Vera L; SIQUEIRA, Moema M. Desempenho Operacional x Desempenho Gerencial. O Caso do Sistema Municipal de Transporte Urbano por Ônibus de Belo Horizonte. In: *Anais XIV ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes)*, p. 253 – 264, Gramado – RS, 2000.
- CARVALHO, Maria C. M. de. Transporte Rodoviário de Passageiros - Um Modelo de Divisão de Mercado. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1993.

CARVALHO, L. Transporte Coletivo Urbano: três fatores sociais – um relato. Dissertação de Mestrado em Administração Pública - Escola de Administração de Empresas da FGV, São Paulo, 1991.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. Brasil: Transporte para o Futuro. Brasília - DF, 1992.

COSTA, B; et all. Ônibus e Lotação, uma Experiência de Convívio Regulamentado em Porto Alegre. In: Brasileiro, A. E. e E. Henry (eds.) Viação Ilimitada: Ônibus das cidades brasileiras. Cultura Editoras Associados, Porto Alegre, 1999.

CRUZ, Jorge Alcides. Planejamento da Operação nas Empresas de Transporte Urbano de Passageiros. Instituto de Desenvolvimento. IDAQ/PPGEP/FEESC/UFSC, 1997.

CRUZ, Marcus V. Gonçalves. Organização do Trabalho no Transporte Público por Ônibus em Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 1996.

ESTEVEZ, R; et all. Perspectiva Estratégica para as Empresas de Transporte Público no Brasil. Revista dos Transportes Público – ANTP. Ano 22, n.87, p. 7 – 22, 2000.

FERNANDES, Fátima S; BODMER, Milena. Gestão Empresarial da Qualidade nos Transportes: Aproximação entre Teoria e Prática. Revista dos Transportes Público. Ano 69, p. 33 – 43, 1995.

FIELDING G.J. Transit Performance Evaluation in the U.S.A.; Transport Research 26A, 1992.

FITZSIMMONS, J. A; SULLIVAN, R. S. Service Operations Management. New York, McGraw-Hill, 1982.

FREITAS, Mirian E. de; SETTI, J. Reinaldo A. Simulação de Linhas de Transporte Coletivo Urbano. In: Anais XXIV SBPO (Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional), p. 585 – 590, Florianópolis – SC, 1994.

- FREITAS, H. A Informação como Ferramenta Gerencial. Editora Ortiz, Porto Alegre, 1993.
- FILHO, Fernando J. C. Bastos. Uma Proposta de Metodologia para Acompanhamento do Desempenho de Turbinas Hidráulicas tipo Francis. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1998.
- GEIPOT, Anuário Estatístico dos Transportes. Brasília, Ministério dos Transportes, 1992.
- GIL, Antônio Carlos. Como Elaborar Projeto de Pesquisa. 3^a edição, São Paulo, Atlas, 1991.
- GOMES, Josir S; SALAS, Joan M. A. Controle de Gestão: Uma Abordagem Contextual e Organizacional. São Paulo, Editora Atlas S.A, p. 22, 55 - 58, 1997.
- GONÇALVES, M. A; VEIGA, R. T. Os Papeis do Gerente e a Qualidade da Informação Gerencial. CEPEAD/UFMG. XIX ENANPAD, 1995.
- GUEDES, Terezinha Aparecida. Procedimentos de Otimização no Planejamento e Controle da Qualidade de Produtos e Processos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1996.
- GUERRA, Ângelo R; et all. Manutenção de Frotas de Ônibus: Um Sistema de Apoio à Decisão. In: Anais XIII ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção) e I Congresso Latino Americano de Engenharia Industrial, Florianópolis -SC, outubro, 1993.
- HELLGREN, Johan; LUMSDEN, Kenth. Transport Quality Definitions and Measurements. University of Technology, Goteborg, Sweden. 7th World Congress of Transportation Research. Austrália : WCTR SOCIETY, jul. 1995.

- HIRSCHFELD, Henrique. Planejamento com PERT – CPM e Análise do Desenvolvimento. 9ª edição revista e ampliada, São Paulo Ed. Atlas S. A., 1987.
- ISHIKAWA, Kaoru. TQC – Total Quality Control, Estratégias e Administração de Qualidade, IMC Internacional Sistemas Educativos, São Paulo, 1986.
- JACQUES, M.: Alice Prudêncio. Sistema de Informações Gerenciais para Avaliação da Atuação das Empresas que Executam Serviços Rodoviários de Transporte Intermunicipal de Passageiros. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1989.
- KUME, Hitoshi. Statistical Methods for Quality Improvement. The Association for Overseas Technical Scholarship, Tokyo, 1988.
- LEITE, Jaci C. Tecnologia e Organização: A Visão do Empresário Brasileiro. EAESP/FGV - Escola de Administração de Empresa de São Paulo - Fundação Getúlio Vargas, XIX ENANPAD, 1995.
- LIMA, Álvaro Vieira. Informação na Hora da Decisão. Analista de Sistemas do BNDES. Administrador de Empresas. Revista Rumo do Desenvolvimento, março/abril, 1992.
- LOPES, Alexandre B; REINHARD, Nicolau. Distribuindo Informações Financeira Online: Um estudo empírico. Revista de Administração, vol.31, n.4, p. 31 - 43, outubro/dezembro,1996.
- MARIANO, Sandra H; DIAS, Donaldo de S. D. Downsizing em Tecnologia da Informação: caso da Brahma. Revista de Administração, São Paulo, vol.31, n.4, p. 7 - 18, outubro/dezembro, 1996.
- MAYERLE, Sérgio Fernando; e CRUZ, Jorge Alcides. Alocação de Frotas, Geração e Distribuição de Escalas no Transporte Urbano de Passageiros. IDAQ - Instituto de Desenvolvimento Assistência Técnica e Qualidade em Transporte, 1997.

- MATTOS, Viviane L. D. de. Implantação de Controle Estatístico de Processo em uma Olaria de Pequeno Porte. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1997.
- MCGEE, J; PRUSAK, L. Gerenciamento Estratégico da Informação. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.
- MAGALHÃES, David J. A. V. de.; et all. Programação & Operação do Transporte Público: Incoerências Observadas Empiricamente. In: Anais X ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes) p. 559 - 566; Brasília, novembro, 1996.
- MERCEDES-BENZ do Brasil S. A. Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus – planejamento e operação. Departamento de Sistemas de Trânsito e Transporte, São Bernardo do Campo, SP. 85 p. 1998.
- MELO, Márcio J.V. Saraiva de. Sistema de Ônibus nas Áreas Urbanas. UFPE, Recife - PE, 1979.
- MIRANDA, M. de S; et all. Sucessões e Profissionalização: Análise em Empresas de Transporte. In: Anais XI ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), p. 933 – 942, Rio de Janeiro, novembro, 1997.
- MOEMA, Miranda de Siqueira. Poder e Cultura em Empresas de Transporte Coletivo por Ônibus. Revista de Administração, São Paulo, vol.32, n.1, p. 14 - 22, janeiro/março, 1997.
- MONTGOMERY, D.C. Introduction to Statistical Quality Control. Second Edition, John Wiley & Sons. New York, 1991.
- MOURA, E. C. As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade, Implementando a Melhoria Contínua com Maior Eficácia. Makron Books, São Paulo, 1994.

NOVAES, Antônio Galvão. A Informação na Cadeia Logística. Revista Tecnológica, p. 26 - 35, dezembro, 1997.

NTU – URBANO. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Planejamento e Tomada de Decisão no Transporte Público Urbano; outubro, 2000. Disponível em: <<http://www.ntu.org.br>>. Acesso em: 26 junho, 2001.

OPTNER, Stanford L. Análise de Sistemas para Administração de Empresas. São Paulo, Brasiliense, 1972.

PALADINI, Edson P. Gestão da Qualidade no Processo, Editora Atlas, São Paulo, 1990.

PINTO, F. A. S.A. Pesquisa de Opinião como Instrumento para Avaliação do Serviço de Transporte Público. In: Anais Eletrônicos do XII Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito, ANTP, Recife – PE, 1999.

RELATÓRIO. “Transportes Públicos Refazem Cidades.” Relatório Técnico produzido no VIII da Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, Fortaleza – CE, 1991.

RIBEIRO, Denise A; JACQUES, M. A. Prudêncio. Proposta Para Implantação de Sistema de Informação Para Usuários de Transporte Público. In: Anais XIV ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), p. 165 – 177, Gramado – RS, 2000.

RIBEIRO, Suzana Kanh. Transporte Sustentável: alternativa para ônibus urbanos. Editora Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.

ROSSETTO, Cássio F. “O Estado da Arte no Dimensionamento da Oferta de Transporte Coletivo.” In: Anais VI ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), p. 365 – 375, Rio de Janeiro, 1991.

- SCHERKENBACH, William W. O Caminho de Deming para a Qualidade e Produtividade, Qualitymark Editora Ltda., Rio de Janeiro, 1990.
- SILVA, D. M.; e LINDAU, L. A. Perfil da Tecnologia Embarcada para o Ônibus Urbano Através da Aplicação do QFD (Desenvolvimento da Função Qualidade). In: Anais XIV ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), p. 385 – 397, Gramado – RS, 2000.
- SILVA, Daniela M. Sistemas Inteligentes no Transporte Público Coletivo por Ônibus. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2000.
- SILVA, D. M.; e LINDAU, L. A. Potencial dos Sistemas Avançados (APTS) no Transporte Coletivo Urbano por Ônibus. In: Anais XI ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), Vol. 1, p. 510 – 518, Rio de Janeiro, 1997.
- SINOTTI, José N. L. Um Modelo para Planejamento e Otimização de Frotas de Ônibus. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1982.
- SOARES, V. M. Solerno; et all. Aplicação da Metodologia de Análise dos Sistemas Complexos em uma Empresa Operadora de Transporte Público Urbano. In: Anais IX ANPET (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), vol. 2; p. 761 - 767, São Carlos - SP, 1995.
- SOMMER, Willy Arno. Um Modelo CAQ/CAM para Autogestão no Processo de Enlatamento de Sardinhas. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1998.
- TAVARES, L. A. Excelência na Manutenção - Estratégias, Otimização e Gerenciamento. Salvador - BA, 2ª Edição. Casa da Qualidade, 1996.

- VASCONCELOS, E. A. Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: reflexões e propostas. São Paulo: Editora Unidas, 1996.
- VALENTE, Amir M. Um Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento de Fretes e Programação de Frotas no Transporte Rodoviário de Cargas. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1994.
- VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G. Gerenciamento de Transporte e Frotas. CNT (Confederação Nacional do Transporte), IDAQ (Instituto de Desenvolvimento Assistência Técnica e Qualidade em Transporte). Editora Pioneira, São Paulo, 1997.
- VUCHIC, V. R. Urban Public Transportation : Systems and Technology. Prentice-Hall, Inc. USA, 1981.
- WERKEMA, M. Cristina Catarino. Ferramentas Estatísticas Básicas Para o Gerenciamento de Processos, Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 1995.
- WHEATLEY, Margaret J. A Energia Criadora do Universo - A informação. Liderança e a Nova Ciência: Aprendendo Organização com um Universo Ordenado. 3º Capítulo, p. 111 - 126; Editora Cultrix, São Paulo, 1992.
- WRIGHT, C. L. O que é o Transporte Urbano. Editora Brasiliense. Coleção Primeiros Passos. 1988.
- ZARIFIAN, Philippe. Organização e Sistema de Gestão: À Procura de uma Nova Coerência , LATTS/ENPC - Université de Marne la Vallée - França. Tradução de Paulo dos Santos Ferreira. Revista Gestão & Produção, vol., 4, n.1, p. 76 - 87, abril, 1997.

Descrição do Sistema de Simulação

O modelo de simulação apresentado na seção 5.2.2, foi implantado em um sistema computacional desenvolvido em linguagem Delphi 4.0 para Windows, e executado em um microcomputador Pentium II 233 MHz. Ao executar o programa, é apresentada uma janela denominada de “Simulador da Empresa”, conforme mostra a figura A.1. Nesta janela são encontradas três pastas designadas por “Dados Básicos”, “Dados de Operação” e “Parâmetros da Simulação”, as quais serão descritas na seqüência.

Pasta de Dados Básicos: nesta pasta encontram-se as informações básicas que definem o plano de operação da empresa, o qual serve de referência para execução. Estas informações são disponibilizadas na forma como se encontram armazenadas nas tabelas da base de dados. Entre as tabelas disponibilizadas, encontram-se: *DiasTípico*, *Linhas*, *Ocorrências*, *Rotas*, *Veículos* e *Viagens*, conforme se pode observar na figura A.1.

CodViagem	Num	DiaTipo	Linha	Ocorrência	Flota	Veículo	Viagem
1				25			
2				25			
3				25			
4		4315	Dia	11	150		25
5		4316	Dia	23	150		30
6		4317	Dia	13	155		45
7		4318	Dia	3	165		25
8		4319	Dia	11	165		25
9		4320	Dia	20	165		25
10		4321	Dia	23	165		30
11		4307	Dia	18	170		45
12		4308	Dia	5	175		50
13		4338	Dia	1	180		40
14		4316	Dia	13	180		45

Figura A.1 - Tela apresentando a pasta “Dados Básicos”, na qual pode-se observar as informações básicas que definem o plano de operação da empresa.

Pasta de Dados da Operação: nesta pasta (veja figura A.2) encontram-se as informações resultantes do processo de simulação, de acordo com a tabela selecionada. As informações disponibilizadas nesta pasta, são apresentadas no formato em que se

encontram armazenadas na base de dados, de acordo com as tabelas: *Abastecimento*, *Diário*, *DiarioOcorrência* e *DiárioVeiculo*.

Data	Abastecimento	Diario	DiarioOcorrência	DiárioVeiculo	Carga	CargaSaída	CargaRetorno
13/03/2001					1811	17617	17886
13/03/2001	4307	25787	15791	19400	19662		
13/03/2001	4308	25787	26147	17988	18257		
13/03/2001	4315	15879	16065	11239	11366		
13/03/2001	4316	24873	25222	17849	18079		
13/03/2001	4317	21499	21779	14893	15100		
13/03/2001	4318	23635	23398	16379	16608		
13/03/2001	4319	10108	10170	6608	6638		
13/03/2001	4320	24373	24716	17514	17773		
13/03/2001	4321	20043	20369	38443	39017		
13/03/2001	4325	7044	7087	10067	10101		
13/03/2001	4326	24612	24968	44537	45161		
13/03/2001	4327	17604	17881	33625	34215		
13/03/2001	4328	19482	19838	36009	36671		

Figura A.2 - Tela utilizada para visualizar os resultados da simulação de operação da empresa, de acordo com a tabela selecionada.

Pasta de Parâmetros da Simulação: nesta pasta (veja figura A.3) são apresentados os parâmetros do modelo de simulação, que determinam as distribuições de probabilidade usada a cada simulação realizada. Os parâmetros estão distribuídos em três sub-pastas, identificadas por: *DiárioViagem*, *DiárioOcorrência* e *DiárioVeiculo*, os quais são apresentados no quadro 5.2.

Quadro A.1 - Relação dos Parâmetros da Simulação

Sub-Pasta	Variável Simulada	Parâmetros			
		V _{Ref}	F _{min}	F _{max}	P _{CE}
Diário Viagem	Fator de tempo de viagem		×	×	×
	Fator de lotação do veículo		×	×	×
Diário de Ocorrência	% Ocorrências extraordinárias	×			
Diário do Veículo	Taxa consumo combustível	×	×	×	×
	Deslocamento improdutivo	×	×	×	×

Simulador da Empresa

Data: 13/03/2001 16/03/2001
 Último Dia Simulado: 13/04/2001

Parâmetros Simulação

Dados Básicos | Dados da Operação | Parâmetros de Simulação

Fator de Tempo de Viagem

Valor de Referência:

Varição Simulada: 0,75 1,15

% Anormalidade: 1,00

Fator de Lotação do Veículo

Valor de Referência:

Varição Simulada: 0,15 1,00

% Anormalidade: 2,00

Diário Viagens | Diários de Ocorrências | Diário do Veículo

(a)

Simulador da Empresa

Data: 13/03/2001 16/03/2001
 Último Dia Simulado: 13/04/2001

Parâmetros Simulação

Dados Básicos | Dados da Operação | Parâmetros de Simulação

Percentual de Ocorrências (%)

Valor de Referência: 2,00

Varição Simulada:

% Anormalidade:

Diário Viagens | Diários de Ocorrências | Diário do Veículo

(b)

Simulador da Empresa

Data: 13/03/2001 16/03/2001
 Último Dia Simulado: 13/04/2001

Parâmetros Simulação

Dados Básicos | Dados da Operação | Parâmetros de Simulação

Taxa de Consumo (litros/km pass)

Valor de Referência: 0,010

Varição Simulada: 0,50 1,50

% Anormalidade: 2,00

Deslocamento Vazio (km)

Valor de Referência: 20,00

Varição Simulada: 1,00 1,30

% Anormalidade: 2,00

Diário Viagens | Diários de Ocorrências | Diário do Veículo

(c)

Figura A.3 - Tela contendo os parâmetros da simulação: (a) duração e lotação das viagens; (b) ocorrências extraordinárias e (c) consumo de combustível e deslocamentos improdutivos.

Anexo 1

Tabela D - Fatores para Cartas de Controle por Variáveis.

TABELA D - FATORES PARA CARTAS DE CONTROLE POR VARIÁVEIS

Tamanho da Amostra <i>n</i>	Cartas para Médias			Cartas para Desvio Padrão					Cartas para Range					
	Fatores para Limites de controle			Fator p/ V. Central	Fatores para Limites de controle				Fatores para Valor Central		Fatores para Limites de controle			
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>C</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄
2	2.121	1.881	2.659	0.7979	0	3.266	0	2.606	1.128	0.853	0	3.687	0	3.269
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	0	2.568	0	2.276	1.693	0.888	0	4.357	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	0	2.266	0	2.088	2.059	0.880	0	4.699	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	0	2.089	0	1.964	2.326	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	0.185	1.815	0.178	1.752	2.847	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	0.284	1.716	0.277	1.669	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	0.322	1.678	0.314	1.637	3.173	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	0.354	1.646	0.346	1.609	3.258	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	0.381	1.619	0.374	1.585	3.336	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	0.407	1.593	0.399	1.563	3.407	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	0.428	1.572	0.420	1.544	3.472	0.756	1.204	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	0.448	1.552	0.441	1.526	3.532	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.747	0.9745	0.309	1.691	0.301	1.648	3.588	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	1.423	5.857	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	0.496	1.504	0.490	1.483	3.689	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	0.510	1.490	0.503	1.471	3.735	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	0.523	1.477	0.517	1.459	3.778	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	0.535	1.465	0.529	1.448	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	0.564	1.436	0.558	1.421	3.931	0.708	1.807	6.055	0.460	1.540