UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Transportes

**CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE ESPECIFICAÇÕES DE
COMPONENTES DE RODOVIAS E MELHORIA DE
QUALIDADE DE VIAGENS**

Flávio Renato de Góes Padula

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, Área de Pós-graduação em Transportes.

Orientador: Professor Titular Doutor José Bernardes Felex

São Carlos - SP

2002

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Engenheiro **FLÁVIO RENATO DE GÓES PADULA**, M.Sc.

Título: **CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DE RODOVIAS E MELHORIA DE QUALIDADE DE VIAGENS**

Tese defendida e aprovada em 11/01/2002 pela comissão julgadora:

Professor Titular Doutor **JOSÉ BERNARDES FELEX (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Professor Doutor **JOSÉ ALEX SANT'ANNA**
(Universidade de Brasília – Brasília, DF)

Professor Doutor **SEGUNDO CARLOS LOPES**
(Universidade Federal de São Carlos - São Carlos, SP)

Professor Doutor **JHON KENNEDY GUEDES RODRIGUES**
(Universidade Federal da Paraíba – Campina Grande, PB)

Professor Doutor **MARCOS ANTONIO GARCIA FERREIRA**
(Universidade Federal de São Carlos - São Carlos, SP)

Professor Doutor **ÉDSON MARTINS DE AGUIAR**
Coordenador da Área de Transportes

Professor Doutor **JOSÉ CARLOS A. CINTRA**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

A meus pais,

Paulo Miguel Padula

e Sílvia Helena de Góes Padula.

À minha namorada,

Aline Trevisan Silva.

A meu irmão e minhas irmãs,

Fábio Murilo, Thaís Helena, Lucy Anne e Mara Paula.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Titular Doutor José Bernardes Felex, pela orientação;

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CNPq, pela bolsa de estudo concedida;*

*A todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a
realização desse trabalho.*

SUMÁRIO

1	<i>Introdução</i>	1
1.1	A informação e estudos sobre qualidade	2
1.2	Expressão de adequação ao uso	5
1.3	Importância de estudos sobre qualidade de viagens	9
2	<i>Normas técnicas</i>	13
2.1	Desenvolvimento de Normas Técnicas	15
2.2	Normas e empresas	19
2.3	Estrutura e conteúdo de especificações	23
2.4	Breve história sobre especificações em rodovias	25
2.5	Conceitos sobre relações entre especificações e comportamento de pavimentos, CHAMBERLIN (1995)	28
2.6	Especificações e qualidade de viagens	33
2.7	Especificações e capacidade para construir rodovias	37
3	<i>Auditoria sobre qualidade</i>	43
3.1	Auditoria sobre qualidade de viagens	52
3.1.1	Conformidade de especificações e qualidade de viagens	58
4	<i>Qualidade de viagens em rodovias</i>	61
4.1	Satisfação de cliente de rodovias	66
4.2	Técnicos, estado de características físicas de rodovias e qualidade de viagens	68
5	<i>Análise de correlação canônica</i>	73

5.1	Teoria sobre análise canônica	79
5.2	Interpretação de estudos sobre correlação canônica	81
6	Estudo de caso	86
6.1	Auditoria sobre qualidade de viagens	101
6.1.1	Correlações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis	102
6.2	Conclusões parciais	114
7	Conclusões e sugestões	118
7.1	Conclusões	118
7.2	Sugestões	120
8	Bibliografia	121

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Elementos de sistema para garantia de qualidade [Fonte (CHAMBERLIN, 1968)]</i>	26
<i>Figura 2 – Elementos para estudo de relações entre especificações e comportamento de pavimentos [Fonte (CHAMBERLIN, 1995)]</i>	29
<i>Figura 3 - Fluxograma para auditoria. Fonte: [ITC (1996), página 49]</i>	48
<i>Figura 4 –Atividades para gerenciamento de satisfação de cliente - Fonte (TCPR, 1999)</i>	66
<i>Figura 5- Mapa das rodovias vicinais utilizadas para estudo de caso</i>	86
<i>Figura 6 – Ilustração dos segmentos 11 e 12</i>	88
<i>Figura 7 – Ilustração dos segmentos 13 e 14</i>	88
<i>Figura 8 – Ilustração dos segmentos 16 e 21</i>	88
<i>Figura 9 – Ilustração dos segmentos 25 e 29</i>	88
<i>Figura 10 – Ilustração dos segmentos 33 e 36</i>	89
<i>Figura 11 – Ilustração dos segmentos 41 e 43</i>	89
<i>Figura 12 – Ilustração dos segmentos 46 e 47</i>	89
<i>Figura 13 - Ficha para anotação de notas e conceitos atribuídos aos segmentos observados</i>	96

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Classificação de variáveis sobre projeto, construção e comportamento de pavimento</i> <i>[Fonte (CHAMBERLIN, 1995)]</i>	30
<i>Tabela 2 – Contribuição de atributos de especificações para a capacidade para construir [Fonte (ASCE, 1991)]</i>	40
<i>Tabela 3 – Nomenclatura, finalidade e usos para os conceitos emitidos por documentos previstos no “arcabouço” de normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g)</i>	46
<i>Tabela 4 – Conceitos e definições sobre qualidade segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a)</i>	61
<i>Tabela 5 - Observadores sobre rodovias, suas expectativas ou necessidades</i>	69
<i>Tabela 6- Conseqüências de tipos de defeitos em rodovias sobre qualidade de viagem</i>	71
<i>Tabela 7 –Variáveis que descrevem equipamentos para drenar e propriedades da seção transversal de rodovia - [Fonte: FREITAS (2000)]</i>	91
<i>Tabela 8 –Variáveis que descrevem componentes da geometria da via [Fonte: VASCONCELOS (2000)]</i>	91
<i>Tabela 9 –Variáveis que descrevem equipamentos para drenar e movimento de água [Fonte: PALMA (2000)]</i>	92
<i>Tabela 10 – Variáveis que descrevem defeitos de superfície do pavimento</i>	94
<i>Tabela 11 – Defeitos de superfície do pavimento nos segmentos estudados (parte 1)</i>	94
<i>Tabela 12 - Defeitos de superfície do pavimento nos segmentos estudados (parte 2)</i>	95
<i>Tabela 13 – Respostas a questão: “se você viajasse durante 8 horas em rodovia igual ao segmento que percorremos, que nota você daria a sua viagem?” [Fonte (PADULA, 1999)]</i>	97
<i>Tabela 14 – Notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem nos segmentos [Fonte (PADULA, 1999)]</i>	97
<i>Tabela 15 - Notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem nos segmentos [Fonte (PADULA, 1999)]</i>	98
<i>Tabela 16 - Notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem nos segmentos [Fonte (PADULA, 1999)]</i>	99
<i>Tabela 17 –Escore z de escalas de notas e suas diferenças ao escore z do conjunto de segmentos [Fonte (PADULA, 1999)]</i>	100
<i>Tabela 18 – Grupos de variáveis e hipóteses de existência e classificação de correlação canônica</i>	104

<i>Tabela 19 – Existência e classificação de correlações canônicas ao grupo de variáveis que descreve qualidade de viagem</i>	105
<i>Tabela 20 – Variâncias extraídas e redundâncias</i>	106
<i>Tabela 21 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem estado de equipamentos para drenar com variáveis que descrevem qualidade de viagem</i>	108
<i>Tabela 22 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem a drenagem com variáveis que descrevem qualidade de viagem</i>	109
<i>Tabela 23 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem características dos canais para drenar com variáveis que descrevem qualidade de viagem</i>	109
<i>Tabela 24 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem a geometria com variáveis que descrevem qualidade de viagem</i>	110
<i>Tabela 25 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem defeitos na superfície do pavimento com variáveis que descrevem qualidade de viagem</i>	111
<i>Tabela 26 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de duas variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores com a qualidade de viagem</i>	112
<i>Tabela 27 – Variáveis com as quais a qualidade de viagem tem dependência significativa</i>	113
<i>Tabela 28 – Ordenação de redundâncias</i>	115
<i>Tabela 29 – Ordenação de fatores de estrutura</i>	116
<i>Tabela 30 – Ordenação de coeficientes canônicos</i>	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	<i>American Association of State Highway Officials</i>
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i>
AUSTROADS	<i>Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities</i>
CB	Comitês Brasileiros
CE	Comissões de Estudo
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
ERS	<i>End Result Specification</i>
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
HRB	<i>Highway Research Board</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITC	<i>International Trade Centre</i>
NBR	Norma Brasileira
ONS	Órgãos de Normalização Setorial
PRO	Procedimento
SQA	<i>Statistical Quality Assurance</i>
TCRP	<i>Transit Cooperative Research Program</i>
TRB	<i>Transportation Research Board</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Λ	Estatística de distribuição de qui-quadrado
x^2	Qui-quadrado
a	Coeficiente à esquerda
b	Coeficiente à direita
λ_i	Autovalor ou raiz canônica
C_i	Matriz cujos elementos são os coeficientes da combinação linear representativa, no par canônico i , das variáveis à esquerda da matriz de observações X
D_i	Matriz cujos elementos são os coeficientes da combinação linear representativa, no par canônico i , das variáveis à direita da matriz das observações X
$gl_{ci} = pq$	Graus de liberdade e probabilidade de ocorrência
i	Ordem da variável observada
j	Ordem do par de funções canônicas
n	Menor número de variáveis nos conjuntos sob análise
p	Variáveis
q	Variáveis
R	Matriz das inter-relações em X
R_{11}	Matriz das inter-relações em X_1
R_{12}	Matriz das inter-relações entre as variáveis de X_1 e de X_2
R_{22}	Matriz das inter-relações em X_2
R_{21}	Matriz transposta de $R_{12} = R'_{12}$
R_{22}^{-1}	Matriz inversa de R_{22}
R_{11}^{-1}	Matriz inversa de R_{11}
r_{ci}	Coeficiente de correlação
s	Variância
X	Matriz das observações que é utilizada durante a análise de correlação canônica
X_1	Matriz que contém as observações sobre as primeiras p variáveis
X_2	Matriz que contém as observações sobre as primeiras q variáveis

RESUMO

PADULA, Flávio Renato de Góes (2002). *Contribuição à análise de especificações de componentes de rodovias e melhoria de qualidade de viagens*. São Carlos, 2002, 126 pág. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Esta tese relata e discute informações obtidas em ações para tentar mostrar que o uso de conceitos sobre auditoria de qualidade e análise de correlação canônica pode contribuir para identificar itens que facilitem classificar tópicos para verificação de conformidade de especificações para construção ou controle de componentes de rodovias. O nível para qualidade de viagens pode ser analisado através da busca de uma expressão de necessidades e expectativas de motoristas e passageiros. Estudos sobre especificações de componentes de rodovias deveriam conter recomendações que contribuam para a qualidade de viagem, por entrosar conseqüências de uso de determinações técnicas com ações para atender às expectativas e necessidades dos que julgam a viagem. O uso da técnica e dos conceitos sobre auditoria, em conjunto com a análise de correlação canônica pode contribuir para classificar medidas ou contagens sobre variáveis que descrevem características físicas de rodovias do ponto de vista de melhoria de conforto e segurança a motoristas e passageiros.

Palavras-chave: especificações; qualidade de viagem, rodovias; auditoria.

ABSTRACT

PADULA, Flávio Renato de Góes (2002). *Contribution to the Analysis of Highways Components Specifications and Ride Quality Improvement*. São Carlos, 2002, 126 pág. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This thesis reports and discusses information obtained from actions trying to show that the use of concepts on quality auditing and canonical correlation analysis can contribute to identify items to facilitate the classification of topics for verification on specifications conformity for the construction or the control of highways components. The level for ride quality can be analyzed through the search of an expression of needs and expectations of drivers and passengers. Studies about highway components specifications should contain recommendations to contribute for improving the ride quality, for gearing consequences of using technical determinations with actions to assist the expectations and needs of the ride judges. The use of the auditing technique and concepts, together with the canonical correlation analysis can contribute to classify measures on variables that describe physical characteristics of highways on the point of view of comfort and safety improvement to drivers and passengers.

Word-key: specifications; ride quality, highways; auditing.

1 Introdução

As características físicas de rodovias fornecem as sensações de conforto e segurança a motoristas e passageiros durante viagens porque são responsáveis pelas ações físicas entre vias e veículos, ou imagens estéticas.

“Qualidade de viagens em rodovias” é aqui definida como “adequação ao uso de componentes constituintes de rodovias para viagens seguras e confortáveis”. A definição para “qualidade” especificada no texto da norma NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) sugere: “qualidade é adequação ao uso”. Qualidade nunca é acidente, é sempre resultado de forte intenção, esforço sincero, direção inteligente e hábil para execução de ações que levem às características de produto ou serviço.

Esse trabalho relata e discute informações obtidas em ações para tentar mostrar que o uso de conceitos sobre auditoria de qualidade e análise de correlação canônica pode contribuir para identificar itens que facilitem classificar tópicos para verificação de conformidade de especificações para construção ou controle de componentes de rodovias.

Definido pela NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a), auditoria é “exame sistemático e independente para determinar se as atividades da qualidade e seus resultados estão em acordo com as disposições planejadas, se estas foram efetivamente implementadas com eficácia e se são adequadas à consecução de objetivos”.

Segundo HAIR et al (1998), “análise de correlação canônica é um modelo estatístico sobre múltiplas variáveis que facilita o estudo de inter-relações entre pares de grupos de múltiplas variáveis dependentes e independentes”.

1.1 A informação e estudos sobre qualidade

TOFFLER (1994), “O choque do Futuro”, expõe que “a desorientação e volume de decisões provocadas pela elevada velocidade de mudanças conduz, às vezes, a uma avaria de nossa capacidade para realizar uma decisão”. TOFFLER (1994) sugere que a vantagem competitiva não durará muito tempo nas mãos daqueles que retêm a informação. Ao contrário, a essência da vantagem do competidor será cada vez mais dependente da forma e intervalo de uso de informações sobre mercado e cliente.

Um efeito da variação de composição do tempo gasto para a tomada de decisão é: o tempo disponível para coletar, interpretar e integrar as informações diminuiu. Frequentemente a demanda por ação é tão grande que os dados são montados às pressas, usados, e supostos adequados.

Há muitas mudanças no ambiente da informação geral. Além disso, testemunham-se mudanças nas formas com que a informação é coletada e usada. Enfrentam-se tarefas difíceis: usar produtos de pesquisa de mercado e informações sobre opiniões de clientes.

O fracasso ao usar informações, ou não usá-las eficazmente, pode dificultar a produtividade e aumentar o tempo para desenvolvimento de novos produtos ou serviços para o mercado. Mesmo se existe a “boa pesquisa” não se garante que os resultados serão usados. Para dar crédito à pesquisa de mercado dentro de uma organização, o auditor deve entender como gerentes pensam, e sobre eles agir para remover o preconceito potencial contra o uso de produtos de pesquisas.

Segundo TCPR (1998), o levantamento de dados e informações do mercado possui pelos menos sete restrições à confiança nos produtos obtidos:

- a) *Arrependimento pós-pesquisa* é o arrependimento que ocorre quando certas perguntas não foram realizadas.

Declarações como, “Se nós tivéssemos perguntado...”, “Por que essa pergunta não foi incluída nos questionários?”, “Foi ruim ter perguntado usando isto em vez de...”.

Algum arrependimento pós-pesquisa é inevitável. De fato, usar como parte de terminar, o arrependimento pode contribuir para melhorar outros trabalhos que o sigam. Além disso, o arrependimento pós-pesquisa é um indicativo de que a informação está sendo processada e usada. Porém, não deve desencorajar sobre o valor potencial da busca de dados.

Para eliminar fontes de arrependimento pós-pesquisa, dirigentes, auditor e gerentes deveriam simular o uso de informações antes de fazer a coleta de dados. Este lembrete leva a pensar que o real uso de informações, pode levar a mudanças no levantamento de dados e resultados mais úteis;

- b) *Uso de dados não confiáveis*: acontece quando gerentes e auditores admitem dados sem quaisquer relações reais ou deduzidas.

Para obter resultados confiáveis, auditores e gerentes deveriam se esforçar para partir de orientações empíricas específicas. Durante este processo, dados - até hipotéticos - poderiam ser usados, levando assim a um pensamento mais criativo e compreensivo;

- c) *Falsa clarividência*: a impressão de que se pode prever o resultado de um levantamento.

É exemplificado por declarações como: “eu poderia ter dito isto”, “eu já sabia disto”, ou “eu não sei por que nós fizemos tudo isso, nós já sabíamos”. Há pesquisas que são para confirmar o que se imagina, validar hipóteses ou dados prévios. Existem também muitas informações que surpreendem. A falsa clarividência acontece ao se alterar resultados;

- d) *O fracasso ao executar “ações de auditorias”* é uma das causas mais comuns de arrependimento pós-pesquisa.

Aqui, produtos de levantamentos podem sugerir uma decisão ou ação, mas não fornecem dados suficientes para avaliação. Estes fatos são atribuídos à ineficiência de gerentes ao enumerar ações ou decisões alternativas antes de projetar questionários. Isso sugere que esse tipo de fracasso é produto da necessidade de melhorar a administração da coleta de informações adicionais antes de decisões.

Para evitar este problema, auditores e gerentes deveriam enumerar ações alternativas ou decisões antes do projeto de um questionário – que é, administre uma “ação de auditoria”. A auditoria começaria identificando tantas novas ações quanto possíveis. Então, o auditor deveria identificar questões que relacionam as ações com os tipos de análise de dados.

Finalmente, a ação de auditoria deveria identificar: a importância de uma pergunta; a utilidade no desenvolvimento de ações; e, o que mais é útil ao escolher dentre alternativas ou tomar decisão. Uma auditoria classificará possíveis ações e as informações para dirigir a pesquisa;

- e) *Oportunidades desiguais*: a parcialidade para favorecer “boas notícias” – ao invés de oportunidades iguais para ocorrência de respostas “boas” e “más”.

A parcialidade raramente é resultado de um esforço intencional, é consequência de raciocínios mal direcionados ou conduzidos;

- f) *Perda de informações e incerteza*: a incerteza depois que se realizou o levantamento formal porque se perderam informações.

Também, atribuído à falta de experiência, isto acontecerá em qualquer pesquisa. Não existe tempo ou capital suficiente para juntar todas as informações necessárias.

Além disso, a necessidade por dados é processo iterativo. Isto é, um estudo sobre o levantamento identificará as informações que foram perdidas, ou pode reduzir a incerteza sobre determinado aspecto, ou identificar novas incertezas, ou ainda mudanças sobre alternativas.

Para minimizar as consequências negativas, gerentes e auditores deveriam identificar os aspectos onde a incerteza persistirá mesmo depois da pesquisa formal.

1.2 Expressão de adequação ao uso

Nível de qualidade [NBR ISO 8402, ABNT (1994a)] é termo quantitativo empregado, por exemplo, na aceitação de resultados de medidas sobre amostras ou avaliação técnica. Muitas vezes, esse termo será aqui escrito “nível para qualidade” e usado para expressar o aceite por clientes de estado de características sobre produto ou serviço. Também, convém ressaltar que a definição de “qualidade” adotada faz com que os termos “nível de qualidade” ou “nível para qualidade” expressem: “nível de adequação ao uso” ou “nível para adequação ao uso”.

“Nível para qualidade de viagens em rodovias” é aqui definido como “nível para adequação ao uso de componentes constituintes de rodovias para viagens seguras e confortáveis”.

Para se obter “qualidade de viagens em rodovias” é necessário além de conhecimento técnico sobre componentes de rodovias, conhecer e interpretar a expressão de motoristas e passageiros sobre suas necessidades e expectativas em viagens, sensações de conforto e segurança. Pois, um segmento de rodovia terá qualidade quando estiver adequado em satisfazer sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros.

O nível para qualidade de viagens é uma expressão da satisfação de necessidades e expectativas de motoristas e passageiros interessados em deslocar-se por essa via. A expressão da satisfação sobre a qualidade de viagem pode ser obtida através da atribuição de notas, por motoristas e passageiros, ao viajar em segmentos de rodovias.

Segundo PADULA (1999), “auditoria sobre qualidade” é “conjunto de ações e exames com critérios pré-fixados sobre processos, produtos ou serviços fornecidos por empresas, pessoas ou organizações para obter informações que caracterizem a adequação ao uso, do ponto de vista de clientes”.

Inicialmente, para o desenvolvimento da presente tese, estudaram-se conceitos sobre especificações de componentes de rodovias e melhoria de qualidade de viagens através de pesquisa bibliográfica, buscando sugestões sobre o uso de técnicas para a busca contínua pelo aprimoramento destes documentos. Depois, aplicaram-se os resultados em estudo de caso tentando a análise, conhecimento e fixação de conceitos sobre relações entre medidas sobre características físicas de componentes de rodovias e qualidade de viagem.

No estudo de caso aplicou-se auditoria de qualidade e análise de correlação canônica. A auditoria sobre qualidade foi usada para planejar e controlar ações para análise sobre variáveis que descrevem características de estado de componentes de segmentos de rodovias e qualidade de viagens visando identificar itens que podem estar em estado “não conforme” para fornecer sensações de conforto e segurança a motoristas e passageiros. O principal produto foi ressaltar que análises se dão sobre sujeitos físicos, apesar de dados relatarem etéreas sensações humanas.

A correlação canônica foi usada para processar a busca e identificação de relações para atender à necessidade de um auditor organizar, resumir e simplificar informações. Assim, foi possível conhecer: relações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis que descrevem características físicas de componentes da via e opiniões de motoristas e passageiros sobre qualidade de viagem; e, classificação de ordem de influência de cada variável que descreve característica física sobre a qualidade de viagem.

Esse roteiro de análise forneceu e identificou elementos para orientar atividades que visam priorizar ações sobre componentes de rodovias que contribuiriam para melhorar a qualidade de viagem usando sugestões sobre delineamento de itens, processos e métodos contidos em especificações de construção, manutenção ou reabilitação de componentes de rodovias.

A auditoria sobre qualidade de viagem usou dados provenientes de medidas e contagens de estado de características físicas de segmentos de via por técnicos, e de opiniões de motoristas e passageiros sobre nível para qualidade de viagens. A aplicação da correlação canônica pode contribuir para facilitar o relatório sobre “não conformidade” identificada.

PADULA (1999) relata: “conceitos sobre auditoria contidos nas Normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) podem ser usados para orientar análises e identificar diretrizes que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação de componentes de rodovias”.

Na tradição iniciada na década dos 50, a avaliação sobre estado de características que definem a qualidade de serviços prestados pela superfície de pavimentos ao movimento de veículos foi assimilada por técnicos do meio tecnológico da construção, operação e manutenção de rodovias como o processo para análise da qualidade de viagens em rodovias. O fato se deu porque o processo usado para avaliar pavimentos e programar investimentos ficou dependente de exame sobre conseqüências da aceleração vertical no movimento dos veículos, ou seja, relação entre a estrutura de pavimento e as sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros. Detalhes podem ser obtidos em CAREY & IRICK (1960). E, o potencial de trabalho que esse enfoque permite foi ressaltado em: MARQUES (1999), PADULA (1999), MELO (1998), etc.

Para classificar o nível para qualidade de viagem do ponto de vista de motoristas e passageiros, os estados de características físicas de rodovias deveriam ser analisados quanto as suas relações com a qualidade de viagem por técnicos envolvidos em projetos, construção, manutenção e reabilitação, orientados por informações obtidas através de interpretação sobre a expressão de opiniões de motoristas e passageiros.

Motoristas e passageiros não possuem o conhecimento técnico, para isso têm-se os técnicos. Mas, conhecer, interpretar e usar de maneira adequada dados sobre opiniões de motoristas e passageiros em relação à qualidade de viagem é de extrema importância para que decisões sobre intervenções em rodovias atinjam seu objetivo: obter rodovias que atendam às sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros em viagens. As opiniões de motoristas e passageiros sobre o nível para qualidade de viagem podem ser independentes dos estados de algumas características físicas da via. E, a variação dos estados destas características físicas de rodovias pode ter influência na segurança e conforto de motoristas e passageiros, mesmo quando não sentidos ou percebidos. Assim, cabe ao técnico a interpretação e estudo sobre relações entre variáveis que descrevem características físicas de rodovias e qualidade de viagem.

A interpretação de resultados sobre análises de distribuições de notas atribuídas por motoristas e passageiros sobre qualidade de viagem em segmentos de via deveria ser usada para realimentação de sistema da qualidade de rodovias. Isso possibilitaria a identificação de medidas sobre características físicas de componentes de rodovias “não conforme” às expectativas de quem viaja, e conseqüentemente a identificação de itens ou processos que deveriam ser incluídos ou modificados em especificações para construção. A auditoria sobre qualidade deve ser contínua para verificação e classificação de nível para qualidade e suas relações.

Segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a), especificação é “documento que define requisitos para qualidade”. Especificações para construir, manter ou reabilitar rodovias devem ser “documentos aliados” de qualidade de viagens para fornecer às organizações envolvidas com construção, manutenção e reabilitação de rodovias, incentivos para a busca contínua por aprimoramento de qualidade de produto e serviço. Sem este incentivo, os interesses de contratados, contratante e usuários podem conflitar, não ocorrendo a satisfação dos envolvidos com o produto ou serviço, o que acarretará perda de qualidade do ponto de vista de alguma ou todas as partes envolvidas.

Conhecer o estado de características físicas de componentes de rodovias para satisfazer necessidades e expectativas de motoristas e passageiros, e incluí-los no conteúdo de especificações pode não ser suficiente para obtenção de produto ou serviço com adequação ao uso. A identificação de critérios e métodos que incentivem a busca contínua pelo produto ou serviço desejado leva à necessidade de itens em especificações.

Para que construtores incluam dentre suas metas obter rodovias que contenham estado de características físicas conforme o desejo dos que usam vias, um critério eficiente pode ser oferecer “prêmios” ou impor “penalidades” para empresas em função de nível para qualidade de produto ou serviço fornecido. Para isso, critérios e métodos para avaliação da qualidade de viagem oferecida pela rodovia podem ser úteis. A auditoria sobre qualidade pode ser útil para orientar o processo para avaliação de conformidade de produto ou serviço fornecido.

1.3 Importância de estudos sobre qualidade de viagens

No Brasil, diz a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, GEIPOT (2001), que em 1999:

- a) A rodovia transportou 61,82% das cargas e 96,18% dos passageiros;
- b) Só 164.247km das rodovias brasileiras eram pavimentadas, e
- c) Os investimentos nas rodovias do Brasil foram estimados em R\$1.397.792.000,00 (Um bilhão, trezentos e noventa e sete milhões, setecentos e noventa e dois mil reais).

As informações relatadas em GEIPOT (2001), ressaltam a importância da rodovia, o meio para transporte mais utilizado no Brasil. O volume de investimentos neste meio para transporte é grande para satisfazer as necessidades do País. Assim, a busca por características de rodovias que satisfaçam necessidades e expectativas de usuários deve ser uma constante. Rodovias devem ser construídas, mantidas ou reabilitadas para satisfazer necessidades e expectativas de motoristas e passageiros.

Uma das idéias que motivaram o desenvolvimento desta tese foi o conteúdo do exposto por BARROW (1993): “organizações podem aprender quando se discute o conjunto de atividades para análise sobre a qualidade de produtos e serviços”. Porque, admitindo-se que rodovias são “organizações” para prestar serviços com qualidade a motoristas, passageiros e outros interessados em transportes ou seus equipamentos, uma das descrições para o nível para qualidade de viagens em rodovias pode ser a expressão da satisfação de necessidades e expectativas de motoristas e passageiros interessados em deslocar-se por essa via.

A seguir, expõe-se um conjunto de argumentos que contribui para justificar a realização da presente tese:

- a) Em cada viagem, motorista ou passageiro julga a qualidade dos movimentos que faz pela via. O conhecimento de juízos atribuídos por motoristas e passageiros é “sinônimo” de pesquisa de mercado. Isso poderia ser equivalente a executar a primeira fase de uma auditoria sobre qualidade da viagem.

Clientes de rodovias deveriam ter o direito de expressar suas necessidades e expectativas sobre a viagem. E, distribuições de expressões sobre necessidades e expectativas de clientes deveriam ser interpretadas e usadas por técnicos para que rodovias sejam construídas, mantidas e reabilitadas eficazmente;

- b) Se analisada sob as teorias de auditoria de qualidade, dentre os defeitos que ocorrem nesse processo está: os auditores (motoristas e passageiros) não trabalham com procedimentos padronizados porque o treinamento que obtiveram veio da sua vida e da convivência com viagens por vias;
- c) Técnicos podem emitir opiniões sobre comportamento, ou estudar através de teorias os componentes de vias. A análise realizada por técnicos sobre estado de características físicas de componentes de segmentos de rodovias poderia ser uma segunda fase de auditoria sobre qualidade de viagem;

- d) A integração e análise sobre inter-relações e dependências entre variáveis sobre opiniões de motoristas e passageiros e estados de características físicas de componentes de segmentos de rodovia poderia ser a terceira fase do processo para auditoria sobre qualidade de viagem. Para isso, pode-se usar a análise de correlação canônica.
- Em resumo, na terceira fase do processo para auditoria sobre qualidade de viagem poderia ser incluído: reunir e analisar dados, estabelecer tipos de testes de hipóteses, testar e analisar hipóteses, interpretar e analisar resultados, e identificar possível “não conformidade”;
- e) Análises sobre o conjunto de informações obtido por técnicos e motoristas e passageiros para descrever características de segmentos de vias poderiam fornecer um conjunto de distribuições estatísticas cujos parâmetros de descrição estatística podem ser úteis para classificar o comportamento de componentes das vias, ou seu potencial estado tecnológico de prestar serviços com qualidade;
- f) Para melhorar o nível para qualidade de viagens, os técnicos deveriam produzir intervenções físicas e operacionais nas vias eficazes e eficientes, ou seja, ações compatíveis com as distribuições de opiniões sobre as viagens que emitem os que usam as vias;
- g) O tratamento do volume de dados necessários ao suporte de auditorias por motoristas, passageiros e técnicos poderia gerar processos de classificação e orientação para fixar prioridades de intervenções nas vias e verificar conformidade de especificações para construção ou controle de componentes da via, se estudarmos as relações entre variáveis que definem o estado físico da via e conjuntos de “notas” atribuídas pelos que a usam;
- h) Análises técnicas sobre produto de auditoria sobre qualidade de viagem poderiam fornecer a identificação e sugestão de tópicos sobre itens, processos e métodos que deveriam ser delineados em especificações como tentativas de ações corretivas, ou também, poderiam fornecer suporte a decisões técnicas sobre intervenções na via.

O desafio científico-tecnológico decorrente do exposto nos itens anteriores é estudar teorias e processos para manusear dados e identificar meios para estudo e melhoria de relações entre as opiniões emitidas por motoristas e passageiros e as distribuições de ocorrências de outras variáveis que qualifiquem o comportamento de entes físicos, os componentes de vias. O produto necessita ser eficaz e eficiente para classificar prioridades de intervenções nas vias para aprimorar qualidade de viagens.

O desafio identificado, se exposto com o vocabulário para análise de qualidade e auditorias leva a “verificar a conformidade de componentes de via a partir de distribuições de opiniões de motoristas e passageiros sobre a qualidade de viagem”. Pois, a verificação de conformidade de componentes de rodovias a partir de especificações não é possível por não conhecermos especificações de componentes de rodovias compatíveis com sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros em viagens.

A pesquisa bibliográfica sobre especificações, capacidade para construir, pesquisa de mercado, técnicas para auditoria, etc., ou seja, sobre ações que contribuam para a busca por qualidade de produto e serviço pode facilitar a identificação de critérios, itens e processos que também deveriam estar contidos em novas especificações; uma forma de incentivo para o aprimoramento da busca contínua por qualidade de viagem em rodovias no Brasil.

2 Normas técnicas

Norma Técnica é o documento que fornece o conjunto de diretrizes que garantiriam a qualidade de produto ou serviço. A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional da Normalização. As Normas Brasileiras (NB) são emitidas sob responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Órgãos de Normalização Setorial (ONS), elaboradas por Comissões de Estudo (CE) formadas por representantes dos setores envolvidos em aquisição, produção ou fornecimento de produtos e serviços.

Segundo a NBR 6822 (1992), Norma Brasileira é “documento elaborado segundo procedimentos e conceitos emanados do sistema Nacional de Metrologia, Normalização e qualidade industrial, conforme a Lei 5966 de 11 de dezembro de 1973, e demais documentos legais decorrentes desta. De acordo com a sua classificação, as Normas Brasileiras são resultantes de um processo de consenso nos diferentes fóruns do Sistema, cujo universo abrange o Governo, o setor produtivo, o comércio e os consumidores”. As Normas Brasileiras em suas prescrições visam a obtenção de:

- a) Defesa dos interesses nacionais;
- b) Racionalização na fabricação ou produção e na troca de bens e serviços, através de operações sistemáticas e repetitivas;
- c) Proteção dos interesses dos consumidores;
- d) Segurança de pessoas e bens;
- e) Uniformidade dos meios de expressão e comunicação.

“Normalização é o processo de formulação e aplicação de regras para um tratamento ordenado de uma atividade específica, para o benefício e com a cooperação de todos os interessados para a promoção da economia global ótima, levando em conta condições funcionais e requisitos de segurança” - MITRULIS (1990). A Normalização é qualificativo de toda prescrição que consta, sem restrição, de uma norma (definição, valor, dimensão, limite, tolerância, procedimento, método, critério, dispositivo de ensaio).

Segundo MITRULIS (1990), Norma Técnica tem caráter de lei, pois é base para verificar se produto ou serviço se enquadra em critérios de qualidade. O Código de Defesa do Consumidor - Lei 8078, de 11/09/90, em seu Artigo 39, inciso VIII, deixa isso claro: "é vedado ao fornecedor de produtos ou serviços: colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO”.

Dentre os objetivos de normalização estão:

- a) Simplificação: redução da crescente variedade de procedimentos e tipos de produtos;
- b) Comunicação: proporciona meios mais eficientes para a troca de informação entre o fabricante e o cliente, melhorando a confiabilidade das relações comerciais e de serviços;
- c) Economia: visa à economia, tanto do lado do produtor quanto do cliente;
- d) Segurança: a proteção da vida humana e da saúde é considerada como um dos principais objetivos da normalização;
- e) Proteção ao consumidor: a norma traz à comunidade a possibilidade de aferir a qualidade dos produtos;
- f) Eliminação das barreiras comerciais: a normalização evita a existência de regulamentos conflitantes sobre produtos e serviços em diferentes países, facilitando assim o intercâmbio comercial.

As vantagens qualitativas de Normalização são:

- a) Utilização adequada de recursos - equipamentos, materiais e mão-de-obra;
- b) Disciplina de produção e atividades, uniformizando o trabalho;
- c) Facilitação de treinamento e melhoria de nível técnico da mão-de-obra;
- d) Registro de conhecimento tecnológico;
- e) Facilitação de contratação ou venda de tecnologia.

As vantagens quantitativas de Normalização são:

- a) Redução de consumo e desperdício (gestão de materiais);
- b) Especificação de matérias-primas;
- c) Padronização de componentes e equipamentos;
- d) Redução de variedades de produtos;
- e) Fornecimento de procedimentos para cálculos e projetos;
- f) Aumento de produtividade;
- g) Melhoria de qualidade de produtos e serviços;
- h) Controle de produtos e processos.

2.1 Desenvolvimento de Normas Técnicas

Os Comitês Brasileiros e órgãos de Normalização Setorial são os órgãos técnicos que coordenam as Comissões de Estudo onde as normas brasileiras são desenvolvidas. O Comitê Brasileiro é um órgão da estrutura da ABNT, e o Organismo de Normalização Setorial é uma entidade setorial com experiência em normalização credenciada pela ABNT para atuar no desenvolvimento de normas técnicas do seu setor.

Para se dar início à elaboração de uma Norma Brasileira, deve-se relatar à ABNT uma solicitação formal que descreva a necessidade da existência da Norma Brasileira, listando ainda, preferencialmente, as empresas, entidades e pessoas físicas que possam ter interesse na Norma.

Desenvolver uma Norma Brasileira começa quando sua necessidade é identificada. Uma Comissão de Estudo com representantes das partes interessadas elabora o projeto de norma que, após discussão e aprovação por consenso, é submetido à análise da sociedade através de consulta pública. As sugestões ou objeções relatadas durante esse processo são analisadas pelas Comissões de Estudo antes de aprovação pela ABNT para publicação como Norma Brasileira.

Estima-se uma média de 18 meses para desenvolvimento de uma Norma Brasileira. Isso depende de alguns fatores, tais como: necessidade, complexidade do assunto, e disponibilidade de membros da Comissão de Estudo responsável pela consulta pública sobre o projeto.

Para o processo de elaboração de Normas Brasileiras, os Comitês Brasileiros (CB) e Órgãos de Normalização Setorial (ONS) mantêm Comissões de Estudo em atividade nas mais diversas áreas. Estas Comissões de Estudo são integradas voluntariamente por produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios, centros de pesquisas e Governo) que, através de consenso, analisam e debatem propostas de Projetos de Norma. Obtido o consenso, o Projeto de Norma é aprovado e submetido à Consulta Pública, após o que poderá atingir a condição de Norma Brasileira.

Para elaboração de normas e procedimentos internos, o documento normativo utilizado pela ABNT é a ABNT ISO/IEC Diretiva Parte 3 (1995) - Redação e apresentação de Normas Brasileiras. Este documento é uma tradução da Parte 3 das Diretivas ISO/IEC (1989), a qual é referente à Redação e Apresentação de Normas Internacionais. Segundo a Diretiva Parte 3 (1995), o objetivo de uma norma internacional é “estabelecer

critérios claros e precisos para facilitar o comércio e a comunicação em nível internacional”. Para atingir este objetivo a norma internacional deve:

- a) Ser completa dentro dos limites estabelecidos pelo seu campo de aplicação;
- b) Ser coerente, clara e precisa;
- c) Levar em consideração o estado da arte;
- d) Servir de base para o progresso tecnológico;
- e) Ser compreensível para o pessoal qualificado que não participou da sua elaboração.

As Normas Brasileiras são desenvolvidas e usadas voluntariamente. O uso de Normas é obrigatório quando explicitado em instrumento do Poder Público (lei, decreto, portaria, normativa, etc), ou quando citado em contratos. Entretanto, mesmo Normas não obrigatórias podem ser adotadas como referência em questões judiciais.

Segundo a NB-0 (1970), uma norma pode pertencer às classes: Procedimento, Especificação, Padronização, Método de ensaio, Terminologia, Simbologia, e Classificação.

A classe de norma “procedimento”, se destina a fixar condições para:

- a) Execução de cálculo, projetos, obras, serviços e instalações;
- b) Emprego de materiais e produtos industriais;
- c) Certos aspectos das transações comerciais (por exemplo: reajuste de preço);
- d) Elaboração de documentos em geral, inclusive desenhos;
- e) Segurança na execução ou na utilização de uma obra, equipamentos, instalação, de acordo com o respectivo projeto.

“Especificação” é a classe de norma técnica que constitui um conjunto metódico e preciso de preceitos destinados a fixar os característicos, condições ou requisitos exigíveis para matérias primas, produtos semimanufaturados, elementos de construção, materiais ou produtos industriais acabados.

“Padronização” é a classe de norma técnica que constitui um conjunto metódico e preciso de condições a ser satisfeitas com o objetivo de uniformizar formatos, dimensões, pesos ou outros característicos de elementos de construção, materiais, aparelhos, objetos, produtos industriais acabados, ou ainda, de desenhos e projetos.

“Método” é a classe de norma técnica que constitui um conjunto uniforme de preceitos a ser seguido para identificar, verificar ou determinar os característicos físicos, químicos, geométricos ou outros de elementos de construção, materiais ou produtos industriais. O método, além de ser ensaiado, pode ser de análise, e é quase sempre associado a uma ou mais especificações para as quais define o modo de verificar condições específicas que incluam.

“Terminologia” é a classe de norma técnica que constitui um conjunto (coleção, lista ou glossário) de termos técnicos precisamente definidos ou explicados, acompanhados ou não de ilustrações, sinônimos ou termos correspondentes em idiomas estrangeiros e classificados segundo um critério definido (alfabético, sistemático, misto).

“Simbologia” é a classe de norma técnica que constitui uma coleção metódica e precisa de símbolos gráficos representativos de certos conceitos, grandezas, elementos construtivos ou partes de um sistema, para visualizar esquemas de montagem, circuitos, fluxogramas, fórmulas, etc. referente a determinado setor científico, técnico, industrial ou comercial de maneira uniforme, convencional e não ambígua.

“Classificação” é a classe de norma técnica que se destina a ordenar, designar, distribuir e subdividir conceitos, materiais ou objetos, segundo uma determinada sistemática.

2.2 Normas e empresas

Segundo MITRULIS (1990), a normalização é exercida em vários níveis, dos quais os mais importantes são:

- a) Internacional: normas resultantes da cooperação e acordos entre nações independentes com interesses comuns;
- b) Nacional: normas editadas por consenso em um país, por órgão nacional de normas, como a ABNT no Brasil;
- c) Regional: normas introduzidas por um limitado grupo de nações independentes ou por uma associação regional de normas;
- d) Empresarial: normas editadas por uma empresa ou grupo de empresas. Visam orientar as compras, fabricação, construção, serviços, vendas e outras operações.

As empresas devem produzir de acordo com normas. Segundo MITRULIS (1990), em princípio, a empresa deve ter normas para tudo o que compra, produz e vende. Tais Normas devem estar sujeitas a contínuas revisões, com introdução de novos itens substituindo os que forem ultrapassados ou simplesmente adicionando. Este processo é de extrema importância, e deve ser realizado tendo como objetivo a obtenção de um produto ou serviço que satisfaça necessidades e expectativas de clientes.

As normas de empresa têm conteúdo rico em detalhes, visto que se destinam a situações específicas, muitas vezes com base em tecnologia própria, orientada para a necessidade de competir no mercado.

Boa parte dos conhecimentos científicos e tecnológicos que servem de base aos processos administrativos, econômicos e operativos, embora desconhecidos pela maioria das pessoas, são os pilares nos quais repousa a normalização da empresa. As normas de empresas contribuem de maneira substancial para o preparo das normas nacionais e estas para a elaboração das normas regionais e internacionais.

Independentemente do tamanho da empresa, alguns princípios regem suas normas:

- a) Devem ser registradas de modo apropriado para não dependerem do hábito ou da memória de uns poucos;
- b) A responsabilidade de manter as normas permanentemente atualizadas deve ser do diretor gerente ou seu assessor mais qualificado.

Segundo MITRULIS (1990), a empresa contemporânea tem diante de si desafios cada vez mais incontornáveis, como:

- a) O encolhimento do ciclo de respostas entre a detecção de uma necessidade nova no mercado e a colocação de um produto, como resposta a essa necessidade;
- b) A integração, a ritmo acelerado, de novas tecnologias e novos modos de produção;
- c) A mobilização e a motivação dos homens, relativa a valores sociais e econômicos, mais adaptados à sociedade moderna;
- d) O gerenciamento quotidiano de processos e de relações internas e externas complexas e múltiplas, com clientes e parceiros que não repartem a priori a mesma cultura da empresa.

Para responder a tais desafios, numerosas empresas de países industrializados estão aplicando novos processos que incluem: prioridades aos investimentos materiais, apelando à inteligência e à criatividade de todo o pessoal para melhorar desempenho; apoio em sistemas integrados de vigilância e informação; qualidade total; e, manutenção com nível de quebra zero, etc. O objetivo comum é aumentar a eficácia e a competitividade da empresa.

A normalização precisa acompanhar essa evolução, de modo a poder continuar a ser utilizada como um instrumento técnico de relações industriais. ALAIN DURAND, segundo MITRULIS (1990), examinando as grandes etapas históricas da normalização industrial, divide as normas por idades ou tipos; primeira, a normalização para reduzir variedades e com o

objetivo de compatibilidade dimensional entre peças e componentes; a segunda idade corresponde a das normas de desempenho, visando assegurar que o produto cumpra a função para a qual foi projetado, permitindo o domínio da funcionalidade pelo emprego de normas detalhadas; as normas de terceiro tipo são resultado da elaboração de normas sobre a organização da qualidade na empresa. O terceiro tipo de normas surge do movimento criador e da necessidade crescente das empresas de entrarem em acordo sobre referências, com linguagem comum, bases comuns de reflexão e criatividade, e classificação das relações entre parceiros.

Há obstáculos que dificultam a aplicação das normas provenientes dos acordos modernos: hábitos consagrados; pouca credibilidade; e, o fator tempo, que coloca em dúvida a certeza de que a norma desejada assegurará a satisfação nas melhores condições de custo. Uma norma do terceiro tipo é um documento de caráter contratual que deve refletir a vontade comum dos parceiros para precisar suas relações recíprocas.

Segundo MITRULIS (1990), “o papel da normalização no funcionamento dos mercados é de extrema importância. Por sua vez, a qualidade tem ligações tão estreitas com a normalização que podem ser consideradas como indispensáveis; a espiral da normalização acompanha a da qualidade”. Entretanto, para garantir a qualidade é necessária a integração da administração como um todo, a partir do projeto, recepção das matérias primas e produção até as etapas finais do processo, de modo que todos empregados, supervisores e diretores se esforcem para um contínuo aperfeiçoamento do produto ou serviço.

Normas da ABNT, série ISO 9000, expõem conceitos para construir um arcabouço consistente de itens que contribuem para dirigir e orientar análises sobre “qualidade”, montada com a hipótese de que os requisitos sobre produtos e serviços exigidos por clientes deveriam ser incorporados a “especificações”.

Mas, segundo a NBR ISO 9000-1 (ABNT, 1994b), “especificações, por si mesmas, podem não garantir que requisitos propostos por clientes sejam atendidos de maneira coerente, porque podem existir deficiências em processos usados pelas organizações para tentar fornecer suporte aos clientes”.

Segundo MITRULIS (1990), “a qualidade pode ser considerada como um produto que se garante e para qual a normalização tem um valor básico: sem a normalização não é possível obter a qualidade nos procedimentos repetitivos que lastreiam as atividades econômicas, as trocas e a produção. Um diálogo proveitoso entre produtores, clientes e outros interessados que leve ao consenso é obtido nas reuniões das Comissões de Estudo das Entidades de Normalização. E este consenso é representado pela Norma, que deve traduzir o nível de qualidade exigido pelo mercado: pois a norma técnica é o registro de um conjunto de conhecimentos, colocado à disposição da sociedade e sem a qual não se pode controlar a qualidade nem certificar o produto ou serviço”.

Portanto, para que a Normalização e a qualidade sirvam à política de desenvolvimento, há alguns pontos importantes:

- a) Na obtenção da qualidade é primordial seguir com rigor as Normas em todos os estágios de fabricação de um produto, a partir do projeto e da recepção das matérias primas até a obtenção do produto acabado (de modo semelhante ao produto, para o serviço);
- b) É indispensável colocar a Normalização Brasileira num contexto internacional: nossa normalização só auxiliará o Comércio Exterior se melhorar a qualidade dos produtos e serviços do mercado nacional;
- c) É necessário que o Empresário Brasileiro se conscientize de que a qualidade dos produtos que fabrica, ou dos serviços que presta, é também função do conhecimento e da competência de cada um dos colaboradores da empresa. É indispensável incutir na mentalidade de cada empregado a importância da sua atuação, como se a meta a atingir

dependesse exclusivamente de cada um deles. Na empresa, a qualidade é gerada em todos os níveis;

- d) O Poder Público deve ser vigilante na defesa do meio ambiente através do preparo e atualização de normas conscientes do papel que a normalização tem na melhoria da qualidade de vida;
- e) O cliente, que em última análise deve ser o beneficiário de uma política de desenvolvimento integrado, deve ter condições de manifestar os seus anseios por melhores produtos ou serviços a ser levado a considerar a Norma como instrumento que lhe facilite fazer uma escolha racional.

2.3 Estrutura e conteúdo de especificações

Segundo a NB-0 (1970), a matéria (texto, corpo) de uma especificação deverá distribuir-se pelos capítulos aqui relatados e definidos. A ordem de relato dos capítulos deve ser mantida a mesma desta apresentação. Podem ser inseridos capítulos especiais desde que se tornem necessários por insuficiência dos aqui relatados:

- a) Objetivo: neste capítulo se esclarecerá de maneira precisa a finalidade da especificação. A redação começará por: “Esta especificação tem por objetivo...”;
- b) Definições: neste capítulo se definem os termos usados na especificação. Cada termo, nome locução ou símbolo constituirá um item. A redação inicial será: “Para os fins desta especificação serão adotadas as seguintes definições”;
- c) Condições gerais: neste capítulo devem ser estabelecidos os requisitos de ordem geral aplicáveis ao objeto da especificação. Devem ser estabelecidos os requisitos gerais a que o material ou objeto deverá satisfazer. Os requisitos devem ser verificáveis por simples inspeção visual, tais como: dimensões, acabamento, defeitos, etc;

- d) Inspeção: neste capítulo deve ser esclarecido o modo de realizar a inspeção das partículas ou lotes de produtos em processo de entrega. Os procedimentos previstos para figurarem neste capítulo devem ser simples, tais como exame visual ou com meios auxiliares de verificação, utilizáveis no próprio local de entrega, sem necessidade de laboratório. A ação indicada por este capítulo deve permitir a aceitação condicional dos produtos em processo de entrega, desde que todos os requisitos ou condições gerais se revelem preenchidos, reservando-se o recebimento ou aceitação definitiva para o momento em que forem conhecidos os resultados dos ensaios de laboratório porventura necessários e previstos na especificação. A ação indicada por este capítulo deve permitir, alternativamente, a rejeição imediata dos produtos que não preencham as condições gerais;
- e) Formação da amostra: este capítulo deverá indicar precisamente os critérios para a formação da amostra a ser remetida ao laboratório para ensaios, estabelecendo o número de unidades constitutivas da amostra. Pode ser indicada a maneira para compor uma amostra com porções retiradas de diversas partes do lote a caracterizar. Pode ser também indicado procedimento estatístico constituído por uma tabela de tamanhos de lote com os correspondentes tamanhos da amostra, contendo ainda números de aceitação e rejeição;
- f) Ensaios: este capítulo é usado para enumerar todos os ensaios a que a amostra representativa deverá ser submetida, com designação abreviada do respectivo método de ensaio. A descrição, enumeração ou indicação de ensaio não deve conter indicação dos limites ou valores exigidos. Em certos casos, podem ser admitidas descrições de métodos de ensaio como itens deste capítulo, desde que a descrição seja extremamente curta e o ensaio em causa tenha aplicação exclusiva na determinação de características do material ou produto objeto da especificação;
- g) Condições específicas: neste capítulo devem ser descritas as condições a que deve satisfazer o material, quando submetido aos ensaios exigidos

pela mesma. A cada ensaio previsto corresponderá uma exigência ou condição específica, expressa como limite em unidades ou termos apropriados. A descrição ou indicação do ensaio nunca deve ser introduzida na relação concernente à exigência ou condição específica;

- h) Aceitação e rejeição: devem-se estabelecer as condições em que deve ser aceito ou em que deve ser rejeitado o material, à vista do cotejo dos resultados da inspeção e dos ensaios com as condições gerais e específicas.

2.4 Breve história sobre especificações em rodovias

“O texto da especificação deve descrever com clareza as características de um item particular” – (CSI, 1985). “Especificações são instruções escritas usadas em conjunto com desenhos para completamente descrever e definir o trabalho que é para ser realizado, com os métodos e qualidade que serão requeridos” – (JELLINGER, 1981). Em rodovias as especificações são empregadas para estipular métodos para orientar ações sobre as vias, e medir qualidade e pagamentos.

CHAMBERLIN (1995), resume a história das especificações para construção de rodovias. No documento relatam-se os eventos que causaram grande impacto no desenvolvimento de especificações para as rodovias.

A *AASHTO ROAD TEST*, experimento que ocorreu entre 1956 e 1962, contribuiu para produzir informações sobre o comportamento de materiais e processos de construção de vias. As especificações da *AASHTO ROAD TEST* iniciaram amplo programa sobre controle de construção de rodovias. CAREY & SHOOK (1966) relatam: “mesmo com inspetores bem treinados, boas técnicas para testes, laboratório de materiais, habilidade para controlar procedimentos para construção, construtora competente e bem paga, podem não existir especificações adequadas para construção de componentes de rodovias”.

A variabilidade de características de materiais e qualidade de componentes surpreenderam engenheiros (NCHRP, 1976). CAREY & SHOOK (1966) relataram: “a amostragem pode não ser adequada para estimativa de características de materiais ou componentes de rodovias em construção, e não garantir 100% de confiabilidade sobre especificações”.

Os eventos dos anos sessenta sugeriram a alteração de métodos para medir características de materiais e componentes de rodovias, e os critérios de conformidade nas especificações. Introduziram-se conceitos como: garantia de qualidade, usos da estatística, e especificações obtidas a partir de atributos ou propriedades de produtos finais, independentes de processos para produção. O desenvolvimento de especificações conduziu à melhoria da comunicação entre contratado e órgão de transporte para viabilizar:

- a) Clareza de responsabilidades sobre qualidade por parte de construtoras;
- b) Critérios para julgamento de aceitação de características do produto final por parte de órgãos de transporte.

Os componentes de um sistema de garantia da qualidade são descritos por CHAMBERLIN (1968), e estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1 - Elementos de sistema para garantia de qualidade [Fonte (CHAMBERLIN, 1968)]

As especificações diferenciam responsabilidades de contratado (controle de qualidade) e de contratante (especificação e garantia de qualidade). Uma consequência deste processo foi o desenvolvimento de métodos mais rápidos para teste - (HALSTEAD, 1993).

No início da implementação de especificações para os produtos finais, não se incluiu incentivos. Permitiu-se a aceitação de material “não conforme” em relação à especificação, mas com boa qualidade, como uma alternativa de mudança. O sistema para garantia de qualidade, ilustrado na Figura 1, insinua que a remuneração será proporcional ao grau de aceitabilidade do produto.

“A implementação de especificações sobre aceitação de resultados de análise estatística foi lento, embora as aplicações de técnicas de estatística e teoria de decisão na construção de rodovias tivessem sido usadas antes dos anos setenta” - (CHAMBERLIN, 1995). Os órgãos de transporte foram “lentos” ao implementar incentivos. As razões para isso foram:

- a) Falta de habilidade para identificar ou medir as características essenciais de desempenho do produto final;
- b) Falta de habilidade para quantificar a conformidade, e determinar fatores para ajuste de preços;
- c) Incerteza sobre as vantagens resultantes da implementação de especificações baseadas em análises estatísticas sobre resultados finais.

CHAMBERLIN (1995), sugere que o uso de especificações sobre produtos finais para melhorar a conformidade, e o fornecimento de evidências de melhoria da conformidade, não garante melhorias no desempenho. Melhorias no desempenho dependem da relação entre os fatores controlados durante a construção, e do desempenho do produto acabado.

NCHRP (HUGHES, 1996), relata que no pagamento de empresas construtoras foram incluídos incentivo ou não incentivo. O valor do incentivo depende da importância do item construído. A falta de qualidade deve ser punida com multas.

2.5 Conceitos sobre relações entre especificações e comportamento de pavimentos, CHAMBERLIN (1995)

As relações entre critérios adotados em especificações e comportamento de pavimentos são produto de ações das propriedades fixadas para as características de materiais ou processos construtivos que definam o comportamento de pavimentos após construção ou reabilitação. A maioria dessas relações pode ser especificada através de expressões numéricas e funções empíricas usadas para prever medidas sobre características que podem ser controladas durante a construção, e, subsequente, na vida do pavimento. Isto inclui critérios para amostragem e testes, critérios de aceitação, rejeição e tolerâncias.

Ao especificar critérios para garantir o comportamento de pavimentos devem-se incluir cronogramas de pagamento, reajustes, e outras variáveis relacionadas a modelos sobre as relações entre medidas sobre o comportamento e critérios para controlar o nível para qualidade.

As especificações deveriam fornecer às organizações envolvidas com construção, manutenção e reabilitação de rodovias os incentivos para que a busca por melhoria de qualidade de produto e serviço seja contínua. Sem este incentivo, os interesses desses órgãos e de usuários podem se tornar conflitantes, dificultando a obtenção da satisfação de todos os envolvidos com o tráfego de veículos.

CHAMBERLIN (1995), sugere a seguinte classificação para as variáveis de projeto, construção e comportamento de pavimentos para qualidade de viagens, ou definição de critérios para controle de características de materiais ou processos construtivos:

- a) Variáveis dependentes;
- b) Defeitos estruturais, ou de superfície do pavimento;
- c) Conseqüências de defeitos estruturais ou de superfície do pavimento;
- d) Critérios para orientar projeto, ou, variáveis não controladas.

Na classe (a) estão as variáveis que se deseja controlar, e as classes (b), (c), e (d) contêm as variáveis que definirão o comportamento de pavimentos para qualidade de viagens. As relações entre as características dessas variáveis e os modelos que definirão critérios para garantir comportamento estão ilustradas na Figura 2. Ali os retângulos representam variáveis, e os retângulos arredondados, modelos para relações.

Legenda: linha sólida = caminho fixo; linha pontilhada = caminho alternativo.

Figura 2 – Elementos para estudo de relações entre especificações e comportamento de pavimentos [Fonte (CHAMBERLIN, 1995)]

A Tabela 1 resume uma classificação de variáveis sobre projeto, construção e comportamento de pavimento.

Tabela 1 - Classificação de variáveis sobre projeto, construção e comportamento de pavimento

[Fonte (CHAMBERLIN, 1995)]

Classes de variáveis	Subclasses de variáveis
Variáveis dependentes	Índices sobre defeitos na estrutura Índices sobre defeitos de superfície Índices sobre comportamento Índices sobre custos Tempo de vida útil
Condicionantes da evolução de defeitos	Volume de tráfego Meio ambiente Estrutura de pavimento
Para previsão indireta de defeitos	Relações entre materiais e processo construtivo Controle de materiais e processos
CrITÉrios para orientar projeto	Comportamento e defeitos Conforto e segurança Volume de carga e tempo de vida útil
Variáveis não controladas	Erros na escolha de limites ou critérios Outros desvios não previstos

Índices sobre defeitos na estrutura, retângulo *B*, Figura 2, podem ser deformações ou deflexões, ou funções obtidas por tratamento de combinações de carregamentos e variáveis de ambiente. São também chamadas “reações de pavimento”.

Índices sobre defeitos de superfície do pavimento, retângulo *C*, Figura 2, refletem mudanças nas condições físicas da superfície, produto de repetidas aplicações de carga, intemperização, etc. A cada um dos tipos de defeitos de superfície, como trincas por fadiga, desgaste, deformação permanente de trilha de roda, etc., podem ser associadas medidas para orientar o diagnóstico e a necessidade de reparos na estrutura.

Também, medidas, como a distribuição de irregularidade longitudinal, são essenciais para diagnóstico sobre o comportamento de pavimento. Indicadores deste tipo medem o grau com que o pavimento falha ao fornecer viagens seguras e confortáveis aos motoristas e passageiros.

A variável “irregularidade da superfície de pavimento” pode ser “o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via” [DNER-ES 173/86, DNER (1986), “item 3, definições”].

Na opinião de motoristas e passageiros, distribuição de irregularidade longitudinal da superfície de pavimento de rodovias é a principal influência ao nível para qualidade de viagem. ZAGHLOUL et al – (TRR, 1998b) relatam: “o desempenho de pavimentos em longo prazo é totalmente dependente do estado deste pavimento no início de sua vida em serviço. O índice de irregularidade longitudinal do início da vida em serviço pode contribuir para dificuldades de manutenção e reabilitação, e redução de nível para qualidade de viagem”.

Mas, além de atenção especial à irregularidade longitudinal, indivíduos que administram ações sobre rodovias devem estar cientes de que há muitas outras características físicas de vias que devem estar em adequado estado para fornecer segurança e conforto a motoristas e passageiros.

Índices sobre o comportamento de pavimento, retângulo *F*, Figura 2, são estimados com a hipótese de que o serviço ao tráfego de veículos é definido pelas sensações de conforto e segurança que se fornece aos motoristas e passageiros. O volume de serviço é função do volume de tráfego. Um indicador específico sobre comportamento seria o número equivalente de aplicações de carga de eixo simples que trafegou pelo pavimento. Também, a vida útil de pavimentos é uma variável dependente.

Índices sobre custo, retângulo *H*, Figura 2, pertencem a duas classes, dos componentes e sobre o ciclo de vida. O custo de componentes é associado à aquisição e processamento de materiais constituintes do pavimento, construção (incluindo controle de qualidade e teste de aceitabilidade), manutenção de rotina, e reabilitação. Combinando índices sobre comportamento, defeitos estruturais e defeitos de superfície do pavimento, um indicador de custo pode ser base para avaliar especificações sobre projetos de pavimentos.

As medidas para previsão de defeitos estruturais, defeitos de superfície e comportamento são classificadas como variáveis dependentes e condicionantes da evolução de defeitos. Estão representadas pelas relações *R1*, *R2*, *R4* e *R6*, Figura 2. Os critérios para controle sobre materiais ou processos construtivos, retângulo *G*, Figura 2, são combinações de variáveis dependentes e condicionantes da evolução de defeitos.

Os variáveis dependentes, retângulo *A*, Figura 2, pertencem a três subclasses: tráfego, meio ambiente e componentes estruturais do pavimento. O tráfego é descrito por cargas individuais que produzem tensão no pavimento e cargas acumuladas, associadas aos defeitos. Exemplos de descrições sobre cargas individuais são cargas de eixos simples, volume de carga, posição da carga, volume médio de tráfego por dia, valor de taxa de aumento do volume de tráfego e número de anos de uso do pavimento.

A ação do meio ambiente é explicada pelo clima, temperatura; resistência do subleito; e, condições dos acostamentos e laterais das rodovias como capacidade de suporte do acostamento, drenagem, e etc.

O comportamento da estrutura do pavimento pode ser explicado pelas propriedades físicas de materiais para construção, das camadas do pavimento, como espessura, resistência, procedimentos para construção, como compactação, e manutenção.

Os condicionantes da evolução de defeitos, representados pelos retângulos *G1* e *G2*, Figura 2, incluem itens que não aparecem na previsão de defeitos na estrutura e de superfície, ou comportamento do pavimento.

Os critérios para orientar projeto, retângulo *E*, Figura 2, são valores escolhidos para expressar a deterioração do pavimento. Incluem índices sobre o comportamento, confiabilidade para tráfego e vida útil. As variáveis do retângulo *E* não são propriedades de materiais ou processos construtivos, mas possuem efeitos indiretos sobre as especificações.

2.6 Especificações e qualidade de viagens

Conhecer e interpretar as opiniões da Sociedade sobre qualidade de viagens pode ser uma importante “ferramenta” para contribuir na identificação de critérios e itens que deveriam estar contidos em especificações para construir, operar e manter rodovias. Deve-se ter em mente que usuários e técnicos possuem preocupações independentes.

Vivemos uma segunda revolução industrial propelida pela informação. E, como na primeira revolta, a probabilidade de sucesso seria definida pela habilidade em manter forças para propulsão. Há pouca dúvida de que a necessidade é maior para as habilidades conceituais, isto é, a habilidade de processar a informação e tomar decisões.

Técnicos do *MICHIGAN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION* (MDOT, 2001), declararam reconhecer a importância de ser forte o compromisso com usuários. Para isso, várias de suas iniciativas visaram exercer atividades mais orientadas para atender a satisfação de usuários. Uma das metas fixadas foi entender as necessidades de quem usa vias.

Processos para construção, manutenção ou reabilitação de componentes de vias para transportes podem ser especificados com uso de conceitos e critérios que facilitem controle e garantia de qualidade a nível compatível com a satisfação de motoristas e passageiros.

No Brasil, ampliou-se o interesse por estudos sobre verificação de características de qualidade de viagens quando se verificou que empresas privadas vêm assumindo a operação de rodovias, e o controle dos serviços fornecidos depende de informações sobre características de qualidade e aceitação de serviços prestados pelos meios de transportes e seus equipamentos sob o ponto de vista de motoristas e passageiros.

Dentre as preocupações de empresas que exploram por concessão as rodovias estaduais e federais, e dos “Departamentos de Estradas de Rodagem” no Brasil, não se incluem conhecer as opiniões de motoristas e passageiros sobre o nível para qualidade de viagem. Estes estão preocupados em fazer avaliações estruturais, e avaliações funcionais através de levantamento quantitativo visual de defeitos de superfície de pavimentos.

Dentre as características de componentes de rodovias para se ter qualidade de viagens, podem estar:

- a) Distribuição de irregularidades longitudinais na superfície de pavimento aceitável;
- b) Limpeza e estética adequada;
- c) Sinalização horizontal e vertical adequada;
- d) Geometria da via que contribua para o conforto e segurança;
- e) Equipamentos para drenar que impeçam o acúmulo de água e proteja os equipamentos da via contra erosões;
- f) Capacidade adequada para suporte de cargas pelo pavimento;
- g) Proteção adequada para evitar deslizamentos e interrupções.

Convém comentar que mais recentemente, PADULA (1999), propôs o uso de parâmetros da distribuição normal de probabilidades para estudos sobre conceitos e critérios, conforme sugerido por LIKERT (1932), e incluiu mais uma ferramenta para suporte de análises sobre relações entre características de produtos da construção e qualidade de viagens.

Um roteiro para a busca por aprimoramento de nível para qualidade de viagens em rodovias poderia ser:

- a) Identificar ou incluir itens em especificações para controle de construção;
- b) Controlar e avaliar o processo para construção e suas relações com as especificações usando critérios e processos que identifiquem itens para melhoria de capacidade para construir;

- c) Buscar critérios para fixação e controle de remuneração de empreiteiras ou concessionárias de rodovias compatíveis com o aperfeiçoamento de qualidade de viagem;
- d) Ampliar o uso de conceitos e critérios sobre auditoria da qualidade de viagens;
- e) Buscar técnicas que permitam a integração de conhecimentos técnicos com necessidades e expectativas de motoristas e passageiros;
- f) Incluir o uso de notas atribuídas por indivíduos sobre o nível para qualidade de viagem nos processos, e ampliar o uso de critérios da estatística para expressar índices sobre o nível para qualidade de viagem e estado de equipamentos da rodovia. Estes dados deveriam ser interpretados e usados para orientar intervenções em rodovias e aprimorar processos que contribuam para a qualidade de viagens.

Para orientar construção, manutenção e reabilitação de rodovias, as especificações deveriam definir com minúcia os requisitos para obras sobre a via em conformidade com a qualidade de viagem. O conhecimento técnico “orientado” pela interpretação de informações sobre necessidades e expectativas de motoristas e passageiros poderia contribuir para a obtenção de rodovia com estado de características que melhorem sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros em viagens, ou seja, a adequado ao uso pelo que viaja, qualidade.

O *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD* (TRB, 1991) vem testando o uso de especificações que contêm a auditoria sobre o comportamento de obras em diretrizes para contratos nos Estados Unidos, item que, em 1995, tornou-se objeto de um “projeto de especificações” - (CHAMBERLIN, 1995).

Técnicos do *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD* (TRB, 1991) relataram que “os órgãos de transporte dos Estados Unidos eram conservadores ao elaborar contratos para construção operação e manutenção de rodovias: forneciam pouco incentivo ao aperfeiçoamento das indústrias de construção e manutenção porque os itens em contratos não incluíam o controle sobre comportamento de pavimentos ou características

de qualidade de serviços prestados ao transporte” – e, sentiu-se a necessidade de incluir a avaliação sobre o comportamento de variáveis da qualidade para explicar relações entre características do serviço prestado pelas rodovias e estado de componentes destas.

Em 1980, a *FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION* (CHAMBERLIN, 1995) iniciou uma nova categoria de estudos: identificar “*performance-related specifications for highway construction and rehabilitation*” – aqui entendidos como “itens contidos em especificações que contribuam para explicar o comportamento de características de qualidade de serviços prestados por pavimentos, com o objetivo de identificar tópicos em especificações para construção de pavimentos flexíveis e rígidos que definam qualidade de serviços de pavimentos, e desenvolver itens adicionais para melhorar os serviços prestados por toda a estrutura de rodovias”.

Dentre as aplicações previstas para os produtos que se esperava dos resultados de uso do novo tipo de tratamento para especificações, CHAMBERLIN (1995), estariam “contribuir para orientar critérios para remuneração de construtores e empresas que explorassem, por concessão, as rodovias”. O enfoque teórico ali adotado levou a orientações que exprimiriam uma grande e premente necessidade de complementar os processos para verificação da qualidade de pavimentos com métodos e processos que explicassem sua aceitação pelos que viajavam.

Segundo NCHRP (1997): “a qualidade de componentes de rodovias pode ser controlada por planos e processos que orientem ações para obter a confiança de que as instalações de rodovia estão conforme requisitos especificados por quem usa. Estes requisitos são definidos pelos órgãos de controle das rodovias, mas visariam refletir as necessidades e expectativas de motoristas e passageiros. Por avaliar qualidade de produto final, na maioria das vezes, transfere-se a responsabilidade pelo controle aos supervisores de campo. Mas, o produto final visaria materializar o que seria percebido por motoristas e passageiros”.

2.7 Especificações e capacidade para construir rodovias

Segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a), “especificação” é “documento que define requisitos para qualidade”. Especificações para construir, manter ou reabilitar rodovias devem ser “documentos aliados” à qualidade de viagens.

A capacidade para construir, em inglês *constructability*, é obtida quando a eficiência na construção faz parte dos conceitos contidos nas especificações - (CONSTRUCTABILITY, 1986). O termo “capacidade para construir”, pode ser definido e interpretado de várias maneiras. A definição do “Departamento de Transportes do Estado de Washington” diz: “capacidade para construir é a propriedade de uma especificação na qual erros, omissões e prescrições especiais tenham sido minimizados, e permite elaborar um projeto de alta qualidade que possa ser licitado, construído e mantido” – (TRR, 1997).

O conceito aqui adotado para “capacidade para construir rodovias” é: “a capacidade de determinado meio tecnológico de construção, operação e manutenção de rodovias ter e usar especificações e processos que forneçam satisfatório nível para qualidade de viagem”.

Conceitos sobre capacidade para construir contribuem para a identificação de maneiras para o uso de conhecimentos sobre construção e inspeção mais efetivamente em todas as fases de um projeto, visando aperfeiçoar construção. A revisão sobre ordem de mudanças se tornou um procedimento aceitável e útil. Uma revisão pós-construção é útil para identificar problemas em projetos de forma que estes possam ser evitados no futuro. A integração entre projetos e obras ajuda a evitar a negligência sobre certos detalhes, e fornece uma consistência que melhora a eficiência e qualidade da obra.

Segundo GAMBATESE & MCMANUS – (TRR, 1997), “a necessidade em desenvolver projetos que possam ser licitados, construídos e mantidos deve ser maior hoje do que foi ontem. Por isso, muitos órgãos de transporte estão preocupados com a capacidade para construir, e com a qualidade dos documentos de projetos para rodovias”.

Segundo CHAMBERLIN (1995), “características de variáveis que definem a qualidade de pavimentos construídos ou reabilitados podem ser obtidas através de uso de controles especificados para materiais e características de qualidade de construção. Os limites para controle são definidos por estudos sobre a relação entre valores obtidos em medidas sobre variáveis características durante a construção e após uso da superfície de pavimentos para tráfego de veículos. Incluem-se procedimentos para coleta de amostras, testes, limites para mais tolerâncias das medidas, e critérios para aceitação”.

Mesmo se um projeto for muito eficiente, a construção pode não ser possível, o custo proibitivo, ou até mesmo impossível. Assim, se projetistas não têm oportunidade para conhecer o desenvolvimento da prática para a construção em campo, deveriam ser conscientes sobre os problemas relacionados à capacidade para construir.

Os engenheiros preferem lidar com números a palavras. Projetar coisas fáceis para construir é uma função da qualidade de especificações – que expressam as bases do processo para executar, e comunica ao “campo” as expectativas sobre o produto ou serviço. Especificações “pobres” podem causar atrasos, reconstrução, falta de clareza, de inovação e de flexibilidade. Os responsáveis pelos serviços de transporte e projetistas pagam um preço alto por especificações pobres - *AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS* - (ASCE, 1991).

Também, segundo a ASCE (1991), “a capacidade para construir, ou seja, a medida de facilidade com a qual uma instalação pode ser construída, é fortemente afetada pela qualidade de especificações técnicas”.

A troca de informações durante a execução de projetos é uma séria barreira para o sucesso de obras. Estima a ASCE (ASCE, 1991) que 22,1% de problemas sobre a capacidade para construir estão relacionados à troca ineficaz de informações sobre engenharia, planos ou especificações. Os dois aspectos principais são: disponibilidade e entendimento de informações. A disponibilidade de informações, um problema mais comum que

entendimento, está relacionado ao conteúdo e exatidão de informações. Já o entendimento de informações, está relacionado à clareza, formato e método de apresentação.

A capacidade para construir rodovia pode ser desafiada por várias razões, como exposto por HUGO et al (1989). Por exemplo: a tecnologia de construção de rodovias está mudando rápido, a força de trabalho é transiente e as condições locais podem variar muito. Os projetos são expostos a um exame público severo, envolvendo licitação competitiva aberta, separando assim as fases de planejamento e execução e impedindo a aproximação ao melhor caminho para construir. O tempo de obra é grande, e custos de construção são criticados. Como resultado, especificações que “apóiem” a capacidade para construir são elementos importantes para melhorar o desempenho de projetos.

A relação de problemas que ocorrem em especificações pode ser listada como propõe SMITH (1981):

- a) Complexidade do processo construtivo;
- b) Mudança em tecnologia, materiais, métodos, e equipamentos;
- c) Procedimentos de inspeção e teste difíceis para definir ou inadequados;
- d) Interpretação errada e falta de treinamento de inspetores;
- e) Especificações redundantes e volumosas; buscando diluir responsabilidade através da inclusão de critérios e normas desnecessários;
- f) Processos ruins de gerência;
- g) Falta de normas e padrões de terminologia; imprecisão;
- h) Planos para pagamento ruins que provoquem falta de revisões ou verificações;
- i) Erros humanos.

Segundo BOCKRATH (1986), “dentre as características desejáveis para boas especificações se incluem: adequação e exatidão técnica, estipulações definidas e claras, requerimentos justos, formato usável e correção legal”.

A Tabela 2 [Fonte (ASCE, 1991)] detalha a estrutura de atributos ou características de especificações que contribuem para a capacidade para construir. O principal conteúdo desta tabela é relacionado à eficácia de comunicação, conteúdo, funcionalidade, e praticidade de especificações.

Atributos relacionados à comunicação incluem disponibilidade e entendimento. Atributos relacionados ao conteúdo incluem relevância técnica, definição, exatidão, e consistência. Funcionalidade de especificações pode ser relacionada à adequação e quantidade de requerimentos.

A praticidade de especificações é relacionada à tolerância, flexibilidade do construtor, ou métodos para medir e pagar. Frases descritivas e ambos antônimos e sinônimos estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Contribuição de atributos de especificações para a capacidade para construir
[Fonte (ASCE, 1991)]

Atributo Desejado	Descrição	Má condição
Modo de comunicação		
Disponibilidade de informação	Informação disponível de fácil entendimento e leitura	Referências de especificações não incluídas ou comumente encontradas
Organização	Estruturada racional, e conteúdo eficaz	Falta de naturalidade, estrutura ou sequência de critérios não intuitiva e repetitiva
Escolha de palavra correta	Clara, comum, linguagem técnica incisiva sem generalizações; evitar problemas com frases ou palavras	Uso de termos desconhecidos; problemas para interpretação devido à escrita
Conteúdo de especificações		
Relevância e aplicabilidade técnica	Correta, apropriada, significativa, informação usável	Informação sem uso, testes ou métodos para medir ou pagar sem significância; palavras irrelevantes
Relevância e usabilidade	Tecnologia referenciada	Materiais, métodos ou equipamentos obsoletos
Definição e conteúdo	Definitivo, compreensivo, completo, rigoroso	Falta ou excesso de descrições
Exatidão	Informação ou dados técnicos corretos	Informação incorreta ou erro tipográfico
Consistência	Conteúdo compatível com outros documentos	Inconsistência de projetos, planos ou outras especificações
Funcionalidade de especificações		
Funcionalidade e adequação	Funcional e suficiente	Tecnicamente ruim; excesso de exigências
Praticidade de especificação		
Praticidade	Realista, razoável, executável, tolerâncias realistas, quantidades lícitas ou mensuráveis	Tolerâncias não estabelecidas, tolerâncias não realistas, métodos para medir ou pagar impraticáveis

Segundo BOCKRATH (1986), dentre as características de uma boa especificação estão: clareza, formato, compatibilidade legal e nível tecnológico. Esse autor expõe e detalha a discussão sobre o conjunto de características necessárias às especificações. NIELSEN (1981) relatou e discutiu um conjunto de dificuldades sobre as especificações e seu uso.

“A capacidade para construir pode melhorar quando se acumulem conhecimentos sobre construção e experiência para planejar, projetar, produzir, e controlar a operação em campo para obter os objetivos fixados por projetos e especificações” - (“CONSTRUCTABILITY”, 1986).

WEED (1998), afirmou que “os órgãos de transportes têm oferecido incentivos para quem exceder o nível de qualidade na construção, operação e manutenção de rodovias”. Essa é uma ação que deve ser discutida e analisada a fundo, e incluída no conteúdo de especificações.

HASS et al. (1994), página 66, afirmam que “dados sobre construção de pavimentos deveriam incluir informações sobre a qualidade de como foi construído e materiais usados. A variabilidade nos níveis para qualidade de construção provocará um comportamento ruim de pavimentos”. Assim, faz-se necessário incluir itens em especificações para controlar o nível mínimo para qualidade. Inclui-se, portanto, a necessidade por critérios e processos para a obtenção de índice que expresse o nível para qualidade de cada um dos itens a serem avaliados.

Também, HASS et al. (1994), comentam que “ações para construção convertem especificações em realidade física. O sucesso das obras em rodovias é obtido quando os objetivos fixados para as características de rodovias são atingidos e esta presta bom serviço”.

ZAGHLOUL et al – (TRR, 1998b), desenvolveram e apresentaram especificação cujo principal propósito é controlar a distribuição de irregularidades longitudinais iniciais de superfície de pavimento, levando a pavimentos “lisos” e conseqüente desempenho satisfatório em longo prazo.

Segundo DOBROWOLSKI & BRESSETTE – (TRR, 1998a), desde 1992, o *Departamento de Transportes da Califórnia* (CALTRANS) tem trabalhado para melhoria de qualidade de contrato para construção e principalmente do produto final fornecido para os usuários. Especificações do CALTRANS, segundo o TRR (1998a), levam ao controle de qualidade por parte de construtores e fornecem prêmios ou impõem “penalidades” baseadas em análises estatísticas de oito características de qualidade. Os objetivos da implementação destas especificações são melhorar a qualidade de construção, reduzir os custos de ciclo de vida da rodovia, passar as responsabilidades por controle de qualidade aos construtores, e reduzir conflitos.

Também, segundo DOBROWOLSKI & BRESSETTE – (TRR, 1998a), “as especificações para controle e garantia de qualidade foram escritas para serem menos prescritivas e mais claramente definir as responsabilidades de construtores e engenheiros. As responsabilidades por controle de qualidade foram atribuídas aos construtores através do requerimento de: um projeto de mistura da massa de concreto asfáltico preparado pelo construtor, um plano para o controle de qualidade, um gerente para controle de qualidade, inspeção, amostras e testes para controle de qualidade”.

3 Auditoria sobre qualidade

O substantivo “auditoria” tem dentre suas definições em dicionários da língua portuguesa: “exame analítico minucioso da contabilidade de uma empresa ou instituição”. Esse termo é usado com muitos outros entendimentos, mas, para clareza, o adotaremos para exprimir “auditoria de qualidade” como expressão da definição: “conjunto de ações e exames com critérios pré-fixados sobre processos, produtos ou serviços fornecidos por empresas, pessoas ou organizações para obter informações que caracterizem a adequação ao uso, do ponto de vista de clientes”.

O conceito exposto para auditoria é uma tentativa de contribuir para esclarecer o conteúdo de normas NBR ISO (ABNT, 1993a, 1993b, 1993c, 1993d, 1993e, 1993f, 1993g, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h). Ora por diante, o termo *auditoria* será usado para designar “*auditoria de qualidade*”.

Definido pela NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a), auditoria é “exame sistemático e independente para determinar se as atividades da qualidade e seus resultados estão em acordo com as disposições planejadas, se estas foram efetivamente implementadas com eficácia e se são adequadas à consecução de objetivos”. As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas fixam conceitos e sugestões para a condução de auditorias sobre processos para produzir ou fornecer bens e serviços.

A necessidade de “auditoria sobre qualidade” é um processo “natural”. Em determinados momentos da vida de organizações, há necessidade de verificar se, na prática, os processos estão fornecendo os produtos com as características que foram especificadas.

As auditorias podem ser de “rotina”, ou “provocadas” por mudanças em “sistema da qualidade” da organização, na qualidade do processo, produto ou serviço, ou pela necessidade de acompanhar uma ação corretiva.

Os pontos de vista para análise adotados em auditoria podem ser “externos” ou “internos” à organização. Os objetivos podem estar dentre:

- a) Estimar a contribuição para “conformidade” ou “não conformidade” aos requisitos especificados para produto ou serviço associados a componentes de “sistema da qualidade”;
- b) Contribuir para atingir objetivos sobre qualidade especificados e fornecer expressões para estimativa de medidas sobre a eficácia e eficiência de “sistema da qualidade”;
- c) Identificar itens e oportunidades para melhorar o “sistema da qualidade”;
- d) Identificar itens e oportunidades para melhorar a “conformidade de produtos” aos requisitos especificados;
- e) Facilitar o cadastro de itens sobre qualidade de subprodutos provenientes de fornecedores externos ao “sistema da qualidade” da organização auditada.

A necessidade por auditoria pode ser explicada por um ou mais dos seguintes itens:

- a) Avaliar fornecedor, quando se pretende firmar um contrato;
- b) Verificar se o “sistema da qualidade” na organização continua a atender os requisitos especificados, e se está sendo usado corretamente;
- c) Verificar, dentro em um contrato, se o “sistema da qualidade” do fornecedor continua a atender aos requisitos especificados, e se está em uso correto;
- d) Avaliar os recursos e processos para verificar a qualidade na organização frente a um conjunto de normas.

Dentre os objetivos de auditoria pode estar avaliar as necessidades por aperfeiçoamento ou ações corretivas. Não se deve confundir o conjunto de atividade da auditoria com “supervisão” ou inspeção para “controle de processo” ou “aceitação de produto”. Uma parcela importante das auditorias é verificar se supervisões e inspeções estão sendo executadas em acordo com especificações definidas e escritas.

O uso de auditoria interna a uma organização pode se confundir com verificar se o que ocorre na prática de uso de processos vem de encontro ao que deveria ser, e ações que fazem produtos ou serviços “descrevem” os procedimentos e especificações definidos e adotados para garantir o nível desejado para a qualidade.

As auditorias devem ser executadas por pessoal independente daquele que detém a responsabilidade direta pela atividade analisada. É vital que auditores conheçam a política de qualidade das empresas, para analisar o “sistema da qualidade” visando obter informações que caracterizem a adequação ao uso de produtos e serviços do ponto de vista de clientes.

“Auditoria sobre sistema da qualidade” pode verificar se a prática de uso de processos “vem de encontro” à necessidade por controles sobre o conjunto de ações indispensáveis para fazer com que o processo para execução de produtos e serviços seja eficiente e eficaz. Essa atividade pode contribuir para identificar, avaliar e documentar divergências entre o produzido e o especificado para as características de qualidade para produtos e serviços.

Há duas ações básicas:

- a) Comparar procedimentos escritos e documentados com a prática exercida;
- b) Obter informações que contribuam para maximizar a eficácia na gerência sobre “sistema da qualidade”.

Auditorias e ações para acompanhamento devem ser especificadas por escrito. Dentre os produtos de “auditoria sobre sistemas da qualidade” podem estar sugestões para ações sobre processos visando reduzir, eliminar e prevenir a ocorrência de “não conformidade de produto ou serviço”.

A auditoria pode contribuir para a visualização de deficiências e “não conformidade”, e para a melhoria do desempenho de organizações. A Tabela 3 resume informações sobre o controle de “sistemas da qualidade”, onde se resume: nomenclatura, finalidade e usos previstos para os conceitos emitidos por documentos previstos no “arcabouço” proposto pelas normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g).

O uso de conceitos sobre auditoria contidos em normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g), pode contribuir para orientar análises sobre processos, serviços e produtos, e identificar valores estimados para medidas sobre características de variáveis que definem níveis para qualidade do ponto de vista de usuários.

Tabela 3 – Nomenclatura, finalidade e usos para os conceitos emitidos por documentos previstos no “arcabouço” de normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g)

Documento	Uso	Conteúdo
NBR ISO 10011-1/1993d Diretrizes para auditoria de “sistemas da qualidade” – Parte 1: Auditoria	Especificação, planejamento, execução e documentação de auditorias sobre sistemas da qualidade	Diretrizes para verificação e implementação de elementos do “sistema da qualidade” e verificar a capacidade para atingir os objetivos fixados para a qualidade
NBR ISO 10011-2/1993e Diretrizes para auditoria de “sistemas da qualidade” – parte 2: Critérios para qualificação de auditores de sistema da qualidade	Seleção e treinamento de auditores sobre sistema da qualidade	Critérios para qualificação de auditores de “sistemas da qualidade”, orientação para educação, treinamento, e requisitos para classificação por experiência, atributos pessoais e capacidade de gestão necessária de auditores
NBR ISO 10011-3/1993f Diretrizes para auditoria de “sistemas da qualidade” – Parte 3: Gestão de programas de auditoria	Planejamento da gestão de programas para auditoria	Diretrizes básicas para controle de programas de auditoria de sistemas da qualidade, coerentes com outras partes da NBR ISO 10011
NBR ISO 10012-1/1993g Requisitos de “garantia da qualidade” para equipamento de medida – Parte 1: Sistema de comprovação metrológica para equipamento de medida	Quando a qualidade do produto ou do processo for função da capacidade de medir com exatidão. Especificar as características de equipamento para medida	Requisitos para “garantia da qualidade” de equipamentos para medida. Os requisitos são mais detalhados do que os expostos nas NBR ISO 9001, NBR ISO 9002 e NBR ISO 9003

A execução de auditoria pode iniciar-se pelo estudo de processos existentes e fixar prioridades entre as atividades a auditar. Os elementos de “sistema da qualidade” devem ser analisados e avaliados em períodos regulares, e prioridade compatível com estágio e importância da atividade a auditar.

O programa para controlar a execução de auditoria deve conter no mínimo:

- a) Planejamento e programa de atividades específicas e áreas a analisar;
- b) Indicação de pessoal qualificado para conduzir as auditorias;
- c) Procedimentos escritos para conduzir as atividades de obtenção de dados, registros e relatórios sobre as conclusões de auditoria, proposta de ações corretivas e previsão de tempo para correções de deficiências.

O “plano de auditoria” deve prever a análise de, no mínimo, os itens:

- a) Estrutura física, procedimentos administrativos, operacionais e do “sistema da qualidade”;
- b) Equipamentos, recursos humanos e materiais, áreas de trabalho, operações e processos;
- c) Características de produtos para estabelecer o grau de conformidade com as normas e especificações;
- d) Documentos, relatórios e manutenção de registros de ocorrências.

A coleta e a análise de dados para auditorias devem ser operações objetivas, disciplinadas e planejadas. Para melhor compreensão da técnica para auditoria consulte o fluxograma ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma para auditoria. Fonte: [ITC (1996), página 49]

A identificação de desvios em processos, suas causas e prevenção devem estar entre as metas fundamentais da análise de dados obtidos durante auditoria. Nem sempre, causas de erros são óbvias, mas devem ser buscadas. Inclui-se neste caso o estudo do potencial de erros humanos, que raramente são aleatórios, pois, com muita frequência, a causa é subjacente aos processos. Erros atribuídos a indivíduos ou clientes decorrem com grande frequência, e na verdade, de falhas em operações, procedimentos, ambientes e condições de trabalho, treinamento, instruções ou qualidade de recursos.

Dentre os produtos de auditoria, pode estar a sugestão de um conjunto de ações que contribuam para a “reflexão” sobre especificações e política da qualidade de organizações. Poucos adotam a regularidade em executar “auditorias sobre sistemas da qualidade”. Isso ocorre até que se entendam os conceitos contidos em documentos similares às normas NBR ISO séries 9000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g). O

produto de auditoria é mais útil onde existem procedimentos e especificações escritos, definidos e em uso.

Não se deve incluir dentre produtos de auditoria “decisões” sobre como diferenças podem ser corrigidas. Esse processo é isolado, para incentivar a identificação de causas de erros ou assemelhados nos processos. Pode ocorrer em determinada auditoria, a verificação de “não compatibilidade” entre prática e procedimentos escritos e “em uso”. Quando as ações da prática produzem melhores resultados que as escritas e documentadas, convém rediscutir o conjunto de processos contidos em documentos emitidos pelas organizações.

As conclusões de auditorias devem ser escritas e dadas a conhecer aos responsáveis pelo controle da área analisada. Os administradores devem ser orientados para adotar ações corretivas sobre deficiências existentes.

O relatório sobre resultados de auditoria deve conter pelo menos os seguintes itens:

- a) Tipos de “não conformidade” ou deficiências que ocorrem;
- b) Sugestões para ações corretivas e a definição dos “tempos hábeis” para implementação.

Na elaboração de relatório sobre resultados de auditoria e acompanhamento de correção de “não conformidade”, devem constar os itens:

- a) “Não conformidade” ou deficiências em produtos e serviços;
- b) Descrição de causas para “não conformidade”;
- c) Sugestão de ações;
- d) Sugestão de processos para garantia de eficiência e eficácia de correções.

As atividades para acompanhamento de implementações de sugestões contidas em relatório de auditoria devem verificar, e registrar as atividades, a eficiência e a eficácia de “ações corretivas”.

O uso de conclusões expressa em relatórios de auditoria é parte integrante de informações para orientar atividades para análise crítica por administradores de organizações.

As coletas de “evidências objetivas” podem ser efetuadas através de entrevistas, exame de documentos e observação de atividades e condições nas áreas de interesse. Os indícios de “não conformidade” devem ser anotados relevantes, mesmo quando não constem de lista para verificação, e devem ser examinados um a um. As informações obtidas através de entrevistas devem ser comprovadas com informações de outras fontes independentes, tais como, observação física, medidas e registros anteriores.

Para assegurar a otimização de resultados durante as atividades para auditoria, um auditor-líder pode fazer modificações nas atribuições de auditores e plano para atividades de auditoria, com aprovação do cliente e concordância do auditado. Caso os objetivos da auditoria pareçam ser inatingíveis, o auditor-líder deve informar as razões disto ao cliente e ao auditado.

As informações obtidas durante a auditoria devem ser documentadas. Depois de obter as informações sobre os processos e produtos, a equipe auditora deve registrar a “não conformidade”. A equipe auditora então deve certificar-se de que tudo está documentado de modo claro e conciso e comprovado por evidências.

A “não conformidade” deve ser identificada em relação aos requisitos especificados em normas ou documentos relacionados para orientação de atividades. O resultado deve ser reavaliado pelo auditor-líder em conjunto com representantes do auditado. As informações sobre “não conformidade” devem ser informadas à administração do auditado.

Para se relatar as observações sobre resultados de auditoria da qualidade à administração do auditado, no final da auditoria, antes de se preparar o relatório final, deve ocorrer uma *reunião de encerramento*. O auditor-líder deve expor as conclusões da equipe auditora sobre a eficácia do “sistema da

qualidade” do auditado para assegurar que as metas de qualidade sejam atingidas.

Um *relatório da auditoria* deve refletir fielmente o tom e o conteúdo das atividades e resultados da auditoria, e ser datado e assinado pelo auditor líder. Este deve conter, quando aplicáveis, os itens:

- a) Escopo e objetivos das atividades de auditoria;
- b) Detalhes do plano de auditoria, identificação dos membros da equipe auditora e representantes do auditado, datas de atividades para auditoria e identificação do setor onde foram colhidas as informações;
- c) Identificação de referências para atividades de auditoria;
- d) Observações sobre “não conformidade”;
- e) Avaliação da equipe auditora sobre a conformidade nos processos do auditado, de acordo com as normas para “sistema da qualidade” e documentos de referência;
- f) Capacidade de auditado atingir objetivos definidos para a qualidade;
- g) Lista para distribuição do relatório de auditoria.

O auditado é responsável por escolher e iniciar a “ação corretiva” para corrigir “não conformidade” ou sua causa. O auditor é responsável apenas pela identificação da “não conformidade” e sua causa.

A “ação corretiva” e a auditoria para avaliação devem estar completa no intervalo de tempo estipulado entre o auditado e a equipe auditora.

3.1 Auditoria sobre qualidade de viagens

Na tentativa para contribuir na busca por suprir a necessidade em se construir, manter ou reabilitar rodovias com características físicas que forneçam sensações de conforto e segurança a motoristas e passageiros durante viagens, o uso de conceitos das normas de auditoria sobre sistema da qualidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g), em auditorias sobre qualidade de viagem em rodovias pode ser uma sugestão de ação.

Segundo PADULA (1999), “conceitos sobre auditoria contidos nas Normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) podem ser usados para orientar análises e identificar diretrizes que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação de componentes de rodovias”.

A auditoria sobre qualidade de viagens pode possibilitar a identificação e priorização de itens e locais sobre rodovias que necessitam de intervenções. Este processo tem como característica a busca por melhoria contínua, visando “adequação ao uso” de produto ou serviço. Pois, uma das características de auditorias é a realimentação de sistema da qualidade por corrigir processos que possam ser “causadores” de “não conformidade”.

Para representar um “sucesso” dos construtores e operadores de rodovias, a rodovia deve:

- a) Possuir estado de características físicas que proporcionem sensações de conforto e segurança a motoristas e passageiros e forneçam proteção aos componentes da via;
- b) Estar em “conformidade” com normas e especificações para construção, manutenção e reabilitação;
- c) Atender a requisitos fixados pela Sociedade, como não contribuir para poluir e degradar o meio ambiente;
- d) Ter custos de operação e manutenção compatíveis. Ser mantida corretamente.

Estudar a rodovia como “organização” leva à necessidade de análises sobre características para a qualidade em todos os tópicos listados anteriormente. Segundo OGLESBY & HICKS (1982), “em construção de rodovias trabalham engenheiros supervisores, inspetores e agrimensores; suas funções são analisar se o projeto está sendo executado em acordo com os planos e especificações, manter registros, inclusive de alterações, e observar, para a contratante, se pagamentos estão sendo feitos apropriadamente”. Esse é o conjunto de indivíduos que pode fornecer parte da equipe de “auditores da qualidade de viagens em rodovias”.

Para controle sobre processos de ação para qualidade de viagens em rodovias, as normas emitidas pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBRs ISO séries 9000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g), expõem conceitos para padronização de “administração da qualidade em organizações”.

O conteúdo das normas NBRs ISO série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e e 1993f) especifica critérios, práticas e processos para gestão de “auditorias sobre sistema da qualidade”, e “treinamento de auditores”.

O conteúdo das NBRs ISO série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) “fornece as diretrizes para verificar a existência e implementação de elementos de “sistema da qualidade” e a capacidade deste atingir os objetivos de qualidade definidos. Sua natureza é genérica para aplicação ou adaptação a diferentes tipos de indústrias e organizações.

“Cada organização deve desenvolver seus próprios procedimentos específicos para a implementação destas diretrizes” – [NBR ISO 10011-1, ABNT, (1993d)]. Entretanto, o conjunto de “organizações” que administra qualidade de viagens em rodovias não tem administração única, contém indivíduos que possuem interesses conflitantes e que operam sobre variáveis que parecem não possuir ações diretas sobre os interesses dos que usam as vias.

Dentre as exigências contidas nas normas NBRs ISO série 9.000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c), um ingrediente é sugerido como necessário para assegurar que procedimentos em organizações “reflitam” a melhor prática disponível para garantir a satisfação de clientes, o uso de auditoria. Só verificando a compatibilidade entre prática e processos em uso, é que se pode certificar o que vem sendo maximizado em “consistência” e “repetibilidade”.

Organizações devem ter uma política da qualidade, definida segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) como: “intenções e diretrizes de uma organização, relativas à qualidade formalmente expressas por administradores”. Assim, um nível mínimo de “capacidade para fornecer sensações de conforto e segurança aos motoristas e passageiros que viajam pela rodovia” pode ser uma importante parcela da política para gerir o conjunto de organizações e indivíduos envolvidos com construção, operação e manutenção de rodovias – mas, esse conjunto tem elementos esparsos, dispersos, e até conflitantes ao expressar as diretrizes dessa “política”.

A estrutura, procedimentos, processos e recursos necessários para implementar a “gestão da qualidade”, o “sistema da qualidade”, aplicado ao controle e orientação de ações para que a superfície de via atenda ao conforto e segurança de viagens após obras para construção, manutenção ou reabilitação de pavimentos teriam dentre seus objetivos “tentar fazer com que o uso de conceitos contidos em especificações sobre projetos, planos e construção de vias levem a produtos que atendam a desejos e expectativas de motoristas, passageiros e técnicos”.

O “auditor” deve “ser pessoa qualificada para efetuar as atividades para obter e interpretar informações para auditoria sobre itens de qualidade, [NBR ISO 10011-1 (ABNT, 1993d)]”. Para rodovias, seriam os técnicos capazes de se envolver em decisões sobre investimentos sobre a via, mas estes devem ser orientados por informações sobre qualidade de viagem na opinião de motoristas e passageiros, que compõem outra parte da equipe de auditores.

O uso de informações provenientes de opiniões de motoristas e passageiros sobre nível para qualidade de viagem, ou seja, o uso de notas atribuídas por motoristas e passageiros sobre qualidade de viagem como parte de processo para auditoria é necessário por não conhecermos especificações que relatam estado de características físicas sobre componentes de rodovias adequadas para fornecer sensações de conforto e segurança a motoristas e passageiros. Assim, não temos meios para verificar conformidade de componentes de rodovias em relação a um documento, especificação. Entretanto, as notas poderiam ser usadas para a indicação de nível de satisfação com a viagem em cada segmento em análise, e assim, poderia ser possível identificar segmentos e componentes de vias que deveriam sofrer intervenção.

Este processo de análise poderia permitir a identificação e sugestão de itens e critérios que deveriam estar contidos em especificações para contribuir na busca contínua por obter rodovias que forneçam sensações de conforto e segurança a motoristas e passageiros. Também, a pesquisa bibliográfica sobre este tópico pode contribuir para esta identificação.

As normas da família NBR ISO, série 9.000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) são aplicáveis a todas as categorias de produtos. Incluem-se materiais e equipamentos, informações, materiais processados ou serviços – por isso poderiam ser aplicadas às atividades para exame sistemático e independente que visem verificar se construção, operação e manutenção de rodovias atendam a requisitos fixados por motoristas e passageiros para a qualidade de viagens.

Os conceitos adotados para controle sobre ações para construção, operação e manutenção de rodovias deveriam estar contidos em especificações dos órgãos responsáveis por construir, operar, e manter vias. Mas, variáveis que relacionariam o produto conforme ao que foi especificado podem não coincidir com o que especificam os que usam as vias porque os especificadores e os objetivos de especificação são diferentes.

Para construtores e operadores, os controles são físicos (resistência, rugosidade, geometria, etc.). Para os “que usam a via” são sensações de conforto e segurança. Para controlar a eficiência de operação de “sistemas da qualidade” de rodovias é necessário verificar se os processos levariam ao produto especificado pelos que usam as vias, além da adequação de equipamentos da rodovia do ponto de vista técnico. Isso equivale a dizer que os “sistemas da qualidade” de controle de rodovias devem ser analisados na sua essência, conteúdo, operação e conformidade.

Os que usam a via devem ter o direito, além da opção, de trafegar numa rodovia segura, confortável, e ao menor custo (economia de combustível, troca de peças, obras em rodovias, etc.).

Durante ou após obras para construção, manutenção e reabilitação de pavimento, órgãos de gerência de transportes (que ocupam a posição de contratantes), necessitam de informações que garantam compatibilidade entre obras e especificações pré-estabelecidas. A auditoria pode contribuir para identificar e obter tais informações, além de permitir a identificação de ações para atingir os objetivos fixados para serviço prestado pela rodovia.

Uma construtora de rodovias trabalha quatro categorias de produtos: materiais de construção, equipamentos para executar determinados serviços, informações como projetos e produto de processamento de materiais. Os critérios contidos nas normas NBR ISO 10011-1 (ABNT, 1993d), NBR ISO 10011-2 (ABNT, 1993e) e NBR ISO 10011-3 (ABNT, 1993f) fixam as diretrizes para executar atividades para auditoria sobre características de qualidade de viagens em rodovias.

Os requisitos para “sistema da qualidade” de rodovias coincidem com todas as categorias de produtos, mas a terminologia, os detalhes e ênfases dos sistemas para gestão podem ser diferentes. Clientes, ou seja, “os que usam rodovias” procurarão valores para a qualidade de viagem no serviço prestado ao tráfego de veículos pela superfície do pavimento. Mas, a rodovia em si é “produto” constituído por materiais, geometria, e processos para construção que têm características próprias e definidas.

Assim, a auditoria sobre qualidade de “serviço prestado pelas rodovias”, ou muito melhor, sobre qualidade de viagens por rodovia, pode ser um valioso artifício para orientar análises sobre vias. Pode-se, assim, identificar diretrizes e sugestões que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação de rodovias, e conseqüente melhoria de sensações de conforto e segurança em viagens.

Dentre os objetivos de auditoria pode estar avaliar as necessidades por aperfeiçoamento ou ações corretivas sobre “sistema da qualidade” e de controle dos serviços prestados pelas rodovias. Não se deve confundir esse conjunto de atividades com o controle da qualidade de serviços para construção, operação, ou manutenção de cada elemento constituinte da rodovia em si. A carência é por métodos para verificar se supervisão e inspeção são executadas conforme especificações definidas do ponto de vista de motoristas, passageiros e técnicos – o que leva a demanda por processos que consigam operar com as informações e juízos expressos pelos que usam a via.

Segundo PADULA (1999), a auditoria sobre qualidade com informações sobre o tráfego sobre pavimentos é apenas interno à “organização rodovia” e pode se confundir com verificar se o que ocorre na prática de construção ou manutenção vem de encontro ao que se supõe em termos apenas técnicos sem explicar especificações definidas pelas sensações de quem define as características para o nível de qualidade desejado.

A fixação de critérios para controle do atendimento pela rodovia de necessidades de qualidade para a viagem deve ser executada por pessoal independente daquele que detém a responsabilidade direta por construir ou manter. É vital que isso possa ser aplicado à política de qualidade para as rodovias, e fixação de processos para controle do “sistema da qualidade” que oriente e caracterize a adequação ao uso da via do ponto de vista de clientes de rodovias, além do ponto de vista técnico.

3.1.1 Conformidade de especificações e qualidade de viagens

“Auditoria é exame sistemático e independente para determinar se as atividades da qualidade e seus resultados *estão em acordo com as disposições planejadas*” - NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a), é um texto indicando que a auditoria usa como “instrumento” principal as “*disposições planejadas*”, ou seja, o conteúdo de especificações.

Mesmo quando especificações são documentos eficientes para conduzir processos à obtenção do produto desejado há a necessidade de critérios e métodos que verifiquem e avaliem a compatibilidade entre o que está sendo produzido e o que está especificado. Além disso, devem-se discutir critérios e métodos para verificar e avaliar se o nível desejado para qualidade de viagem na via é satisfeito.

Para que rodovias forneçam conforto e segurança a motoristas e passageiros, o estado de características físicas de seus componentes deve satisfazer necessidades e expectativas destes clientes da via. Motoristas e passageiros não se preocupam com tipos de materiais que foram usados na construção, método para construção, etc., mas têm sensações de conforto e segurança durante viagens.

Já os técnicos, administradores de concessionárias de rodovias, administradores de órgãos de transportes, e outros responsáveis por construir e manter vias devem lidar com custos e vida útil de componentes.

Aplicar auditoria sobre qualidade de viagem poderia ser um processo dividido em três fases:

- a) Fase 1: os auditores são motoristas e passageiros. Estes atribuiriam notas à qualidade de viagem em segmentos de *600m* (seiscentos metros) de comprimento cada um, conforme especificado em DNER (1978b). O número de segmentos e de avaliadores deve ser igual ou superior a 30 (trinta), para que os parâmetros estatísticos que caracterizam a distribuição normal de probabilidades possam ser usados para análise sobre dados.

- b) Fase 2: os auditores são técnicos. Estes levantam dados sobre o estado de características físicas de componentes de cada um dos segmentos em análise;
- c) Fase 3: os auditores são técnicos que visam:
 - c.1) Reunir e analisar dados sobre variáveis que descrevem componentes de segmentos de rodovias e qualidade de viagens. Estabelecer pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis a serem testados e analisados quanto à correlação e interdependência;
 - c.2) Testar e analisar hipóteses sobre existência e classificação de correlações entre os pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis estabelecidos para análise, usando análise canônica;
 - c.3) Interpretar e analisar os resultados, identificar e classificar ordem de influência de variáveis de um grupo sobre a correlação com variáveis do outro grupo;
 - c.4) Identificar variáveis que descrevem o estado de componentes de segmentos de rodovias que podem estar “não conforme” em fornecer, direta ou indiretamente, conforto e segurança em viagens.

A interpretação de resultados de auditoria é de extrema importância. A análise sobre o produto de auditoria deveria visar a identificação de ações corretivas para que intervenções sobre rodovias sejam eficientes em satisfazer necessidades e expectativas de técnicos e usuários sobre a rodovia.

Análises técnicas sobre produtos de auditoria poderiam fornecer a identificação e sugestão de tópicos sobre itens, processos e métodos que deveriam ser mais bem delineados em especificações, ou propostas de ações corretivas.

Técnicos responsáveis por decisões sobre rodovias decidiriam a prioridade de ações corretivas a partir de análises sobre o relatório de auditoria. A aplicação de ações corretivas implica em verificar a conformidade de especificações para construção, reabilitação ou manutenção de rodovias e sugerir delineamentos que possam contribuir para a eliminação ou diminuição de processos “causadores” de “não conformidade”.

A auditoria sobre qualidade de viagem em rodovias pode ser útil para aplicação de possíveis prêmios ou imposição de “penalidades” à empresa construtora a partir de análise sobre o nível para qualidade do produto ou serviço fornecido pela empresa contratada para construção, manutenção ou reabilitação de rodovias. Também, a auditoria pode contribuir para a identificação e priorização de itens e locais da via onde intervir.

O resultado de aplicação de auditoria sobre qualidade de viagem pode ser a realimentação do entendimento sobre recursos e processos para análise de qualidade. Isso é possível porque auditar permite identificar componentes de rodovias “não conforme” do ponto de vista de motoristas e passageiros.

A maneira com que a técnica para auditoria sobre qualidade é usada neste trabalho difere em alguns aspectos do usual, onde o auditor realiza análises sobre “conformidade” comparando especificações com produtos ou serviços. O procedimento aplicado neste trabalho para auditoria sobre qualidade de viagem possui como base fundamental opiniões de motoristas e passageiros sobre o nível para a qualidade de viagem. Assim, estas opiniões são usadas como “ponto chave” para a identificação de possível “não conformidade” sobre características físicas de componentes de segmentos de rodovias.

Há que se ressaltar que o procedimento acima exposto é o produto de aplicação direta do processo exposto no capítulo “2.1 Desenvolvimento de Normas”, um conjunto de conceitos para produção, ou modificação, de normas e especificações fixados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em consonância com procedimentos internacionais para o assunto.

4 Qualidade de viagens em rodovias

Os que viajam, ou embarcam bens, associam qualidade às suas sensações de conforto e segurança em viagens. A Tabela 4 resume os conceitos sobre o vocabulário adotado para exprimir itens de estudos sobre qualidade e suas definições segundo a norma NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a).

Tabela 4 – Conceitos e definições sobre qualidade segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a)

Conjuntos de termos	Significado
Qualidade	Total de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas. Adequação ao uso
Gestão da qualidade	Atividades da função gerencial que determinam a política da qualidade, os objetivos e as responsabilidades e os implementam por meios como planejamento da qualidade, controle da qualidade, garantia da qualidade e melhoria da qualidade dentro do sistema da qualidade
Sistema da qualidade	Estrutura, procedimentos, processos e recursos necessários para implementar a gestão da qualidade
Garantia da qualidade	Conjunto de atividades planejadas e sistemáticas, implementadas no sistema da qualidade e demonstradas como necessárias, para prover confiança adequada de que uma entidade atenderá os requisitos para a qualidade
Organizações	Companhias, corporações, firmas, empresas ou instituições, ou parte destas, públicas ou privadas, sociedades anônimas, limitadas, ou com outra forma estatutária que têm funções e estrutura administrativa próprias
Conformidade	Atendimento a requisitos especificados para produto ou serviço
Não conformidade	Não atendimento a um requisito especificado para produto ou serviço
Auditoria sobre sistema da qualidade	Exame sistemático e independente para determinar se as atividades da qualidade e seus resultados estão em acordo com as disposições planejadas, se estas foram efetivamente implementadas com eficácia e se são adequadas à consecução de objetivos

Pavimento é um conjunto de camadas apoiado sobre o subleito de rodovias. Os materiais para construção desse constituinte da via podem ser solos, betumes e agregados compactados. A escolha de materiais e os processos

para construção definem uma parcela das relações dentre as características que condicionam o nível para qualidade da viagem pela rodovia.

Nas rodovias, pavimento é a superfície para tráfego de veículos, mas tem dentre outras finalidades contribuir para que a estrutura da via suporte e transmita cargas estáticas e dinâmicas dos veículos que por ali trafegam. Revestimento é a camada mais próxima da superfície do pavimento. O contato entre os veículos e o pavimento se dá através dos pneus e a superfície superior do revestimento, é usualmente nomeada “superfície do pavimento”.

MARQUES (1999) relatou e resumiu conceitos contidos nas Normas NBR ISO, série 9.000 (ABNT, 1993a, 1993b, 1993c, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h), e por argumentação mostrou que elas podem ser usadas para estudos sobre qualidade de pavimentos. BOZZA (1996) mostrou que conceitos gerais sobre qualidade proveniente das indústrias podem ser usados para administração e controle de níveis para qualidade em obras e serviços para construção, operação e manutenção de rodovias.

“Estado” da superfície de pavimento (em inglês: *condition*) é a capacidade desse componente de rodovia prestar bons serviços ao movimento de veículos. Por abuso de linguagem, o jargão “*condição*” tem sido usado para substituir o conjunto de termos “estado de superfície de pavimentos”.

Com a terminologia para estudos sobre qualidade, os serviços prestados pela rodovia deveriam ser analisados sob o ponto de vista de “conformidade” do movimento de veículos, ou em relação aos requisitos fixados por motoristas e passageiros para sensações de conforto e segurança, porque isso reflete as opiniões da Sociedade sobre adequação ao uso de rodovias.

Na prática, a capacidade da superfície de pavimento atender expectativas por conforto e segurança dos que viajam ou embarcam bens ou pessoas é verificada pelas conseqüências de relações de medidas sobre variáveis físicas que caracterizem o “estado de pavimento”, entenda-se a aparência e a capacidade técnica para suportar e distribuir cargas aplicadas por veículos no jargão de técnicos que trabalham construindo ou mantendo rodovias.

Pavimentos devem “prestar serviços com qualidade” a usuários – isso poderia ser entendido como: contribuir para que motoristas e passageiros tenham sensações de conforto e segurança ao viajar. A qualidade de pavimentos deve ser orientada por informações que caracterizem a qualidade do movimento de veículos sob o ponto de vista de usuários.

A classificação da capacidade de pavimento prestar serviços ao movimento de veículos pode ser efetuada por entrevistas a motoristas e passageiros [DNER-PRO 07-78, DNER (1978b)], ou observação sobre a distribuição de medidas ou ocorrências de características físicas de superfície do pavimento que podem ser relacionadas às ocorrências de opiniões de motoristas e passageiros sobre o conforto de viagem (modelos ou medidas com uso de equipamentos específicos) [DNER-PRO 08-78, DNER (1978c)].

Ou seja, classificar serviços prestados ao movimento de veículos por segmentos de rodovias pode agregar conceitos e informações que admitam escalas de medida sobre variáveis que expressem distribuições de opiniões de motoristas e passageiros sobre a viagem pela rodovia. Mas, é fundamental lembrar que os resultados obtidos podem ser usados para orientar trabalhos técnicos específicos para tomada de decisões sobre interferências para construção, manutenção e reabilitação da estrutura de componentes da via.

Usando a terminologia sobre qualidade dever-se-ia dizer que: uma rodovia é “conforme” quando é eficiente ao atender a expectativa dos que a usam. Na linguagem de avaliação dos pavimentos, a variável que pode ser adotada para exprimir e explicar “qualidade de superfície de pavimento” é a “irregularidade”. A irregularidade pode ser medida através de métodos diretos e “equipamentos para medida de acelerações verticais”.

“Capacidade para servir” [CAREY & IRICK (1960), página 42; AASHO (1962), páginas 292 e 293], dita simplesmente “serventia” de pavimento, é “o potencial de uma seção de pavimento de servir ao tráfego de automóveis, caminhões e ônibus em velocidade” - definição válida para o presente, e não para o futuro, ou o passado.

Em português, o conceito acima é nomeado “serventia atual” [DNER-PRO 07-78, DNER (1978b), item “2 definições”]: é “a capacidade de um trecho específico de pavimentos de fornecer, na opinião de motoristas e passageiros, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego”. A “história” de alterações da serventia de um trecho de via se confunde com a variação da irregularidade de superfície ao longo do tempo.

“A classificação da capacidade de pavimento prestar serviços ao movimento de veículos pode ser efetuada por entrevistas a motoristas e passageiros” - [DNER-PRO 07-78, DNER (1978b)]. “Estimativa de capacidade para servir por um indivíduo”; “*individual present serviceability rating*” é estimativa independente, efetuada por uma pessoa, de capacidade de pavimento de servir ao tráfego em um trecho de rodovia, marcando um valor específico, em uma escala específica.

“Especificações sobre os serviços em pavimentos devem controlar o volume de irregularidades longitudinais na superfície do pavimento, levando a pavimentos “lisos” e conseqüente comportamento satisfatório em longo prazo” - (ZAGHLOUL et al, 1998) – esse é um item de controle para a qualidade de viagens em rodovias. Nosso diagnóstico sobre o uso de irregularidade e de todo o arcabouço da tradição de estudo indireto da qualidade de viagens através da qualidade de pavimentos pode ser resumido:

- a) O nível para adequação ao uso de componentes constituintes de rodovias para viagens seguras e confortáveis, ou seja, o “nível para qualidade de viagem”, deve ter relação direta às sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros ao trafegar e atribuir notas à qualidade de viagem em segmentos de rodovias;
- b) Apesar de possuir relação direta às distribuições de irregularidades longitudinais de superfície do pavimento, as opiniões de motoristas e passageiros sobre a qualidade de viagem podem ter relações com outras características físicas de rodovias que interferem em sensações de

conforto e segurança de motoristas e passageiros; e, também, variáveis que descrevem irregularidades longitudinais podem ter relações a outras variáveis, possíveis “contribuintes” para a ocorrência de defeitos que interferem em qualidade de viagens.

- c) Ou seja, a questão é: “quais variáveis descrevem características físicas de rodovias, e interferem em sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros ao atribuir nota à qualidade de viagem em segmento de via?”. A necessidade é por obter informações que contribuam para a identificação de “não conformidade” no sistema da qualidade de viagem;

Técnicas para auditorias sobre sistema da qualidade de viagem podem contribuir para identificação de componentes da estrutura de rodovias que necessitam de intervenção para que sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros sejam satisfeitas e, como consequência, pode possibilitar a identificação de processos dentro do sistema da qualidade que necessitam de mudanças. Sendo assim, o uso de equipamentos para medir o volume de irregularidades longitudinais pode não expressar sensações de conforto e segurança na viagem, mas o motorista ou passageiro ao atribuir nota sobre qualidade de viagem após trafegar em segmento de via, está, sim, avaliando qualidade de viagem.

Não somente a irregularidade longitudinal, mas todo o conjunto de componentes que constitui uma rodovia e suas características pode influenciar no nível para qualidade de viagem. O conhecimento técnico “orientado” pelo conhecimento e interpretação das sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros em viagens é de extrema importância.

Há todo um potencial associado ao desenvolvimento e estudo de novas aplicações da estatística à interpretação e uso de inferência para aplicar resultados de avaliação de qualidade de viagens e verificação de estado de características físicas de rodovias aos estudos sobre construção, manutenção, reabilitação e operação de vias.

4.1 Satisfação de cliente de rodovias

Segundo o TCPR (1999): “para órgãos de transporte, a satisfação de clientes é produto de confiança, ocupação do transporte, agregação de clientes, e imagem positiva. O transporte precisa usar métodos confiáveis e eficientes para identificar condicionantes da qualidade de serviço”. A Figura 4 ilustra metas, fases, e elementos das atividades para administração e gerência de nível de satisfação de clientes segundo TCPR (1999).

Figura 4 –Atividades para gerenciamento de satisfação de cliente - Fonte (TCPR, 1999)

O enfoque do manual TCPR (1999) contém processos para medir índices sobre satisfação e desenvolver ações para melhoria de desempenho de órgãos rodoviários. Estes são elementos chave para monitoração contínua de satisfação de cliente. Porém, antes disso, deve-se estudar relações entre a estrutura operacional do transporte e a capacidade de realimentação a partir de opiniões de clientes, que se tornam “orientadoras” de ações para melhoria de serviços.

As conseqüências de implantação de levantamentos sobre satisfação de cliente podem não orientar planos para melhoria de serviço. Isso só se daria quando se agir corretamente sobre relações entre dados de agora e suas relações com medidas de desempenhos anteriores. O atendimento às perspectivas de clientes deve ser também validado ou entendido para orientar ações corretivas de implementação viável e produtiva.

Como conseqüência, necessidades e expectativas de clientes devem ser eficazmente divulgadas. Este aperfeiçoamento nas comunicações deveria facilitar a realimentação de processos para identificar informações que contribuam para monitorar e melhorar serviços usando parâmetros fixados pelos clientes. A abordagem sobre diagnósticos para levantamentos sobre satisfação de cliente é essencial, complementando avaliações e fixação de prioridades para atributos de serviço.

Para qualificar satisfação de clientes podem-se usar relações entre medidas sobre variáveis obtidas por atribuição de juízos e levantamentos sobre opiniões. Produtos associados a estimativas de medidas sobre características de variáveis para descrição de impactos causados por ações sobre atributos de serviços podem identificar itens para interferir na satisfação e serem obtidos a partir de distribuições de juízos individuais.

Usam-se várias técnicas para análise de relações da qualidade de viagem. A Estatística, ciência da coleta, simplificação e descrição de dados, e também das inferências obtidas através da análise de dados e suas características pode ser muito útil. Dentre as técnicas da Estatística recomendáveis para orientar tais estudos, incluem-se:

- a) Análise de correlação: permite o estudo da existência e do grau de relacionamento entre medidas, ou contagens de duas, ou mais variáveis;
- b) Análise de regressão: permite o estudo de expressão numérica de relações entre medidas e contagens. Esta análise tem como resultado uma função matemática que descreveria esse relacionamento. A função de regressão pode ser usada para estimar, ou predizer, valores de uma

variável quando se conhecem ou se supõem conhecidos valores de outras variáveis;

- c) Análise fatorial: uma técnica estatística para detectar a participação de medidas sobre variáveis na estrutura de relações entre variáveis, e facilitar a redução do número de variáveis a excluir de um estudo de relações;
- d) Análise de correlação canônica: uma técnica que permite investigar relações entre dois grupos de variáveis;
- e) Análise discriminante: as verificações sobre quais variáveis participam das relações entre dois ou mais grupos de observações. Este processo seleciona qual variável ou quais variáveis explicam relações;
- f) Análise de agrupamento (*clustering*): uma técnica estatística para organizar dados em estruturas definidas, ou seja, executar um tipo de classificação científica.

4.2 Técnicos, estado de características físicas de rodovias e qualidade de viagens

A qualidade de características físicas de rodovias pode ser classificada com auxílio de análises e exames realizados por técnicos de construção, conservação e manutenção. Esses profissionais afirmam que suas ações são conformes com as opiniões de motoristas e passageiros quanto à qualidade de viagem. Admitindo o conjunto dos que constroem, operam, mantêm e usam as vias, podem-se adotar as hipóteses:

- a) Construtores, operadores, os que mantêm as vias, políticos e outros que decidem ações públicas, a Sociedade, etc., compõem o conjunto de organizações que administra ações sobre qualidade de rodovias;
- b) Os que usam as rodovias e seus serviços para as viagens são os principais clientes externos para os serviços fornecidos ao tráfego de veículos.

Os observadores sobre rodovias são clientes e técnicos ou administradores de organizações que prestam serviços para construir, manter, operar ou reabilitar estes equipamentos. Os principais clientes são “os que viajam ou encaminham bens pela via, ditos usuários de rodovias”. Na Tabela 5 listam-se os principais tipos de observadores sobre rodovias, suas expectativas ou necessidades.

Tabela 5 - Observadores sobre rodovias, suas expectativas ou necessidades

Observadores	Expectativas ou necessidades
Usuários	Segurança e conforto em viagens
Empregados de organizações envolvidas com rodovias	Reconhecimento, e satisfação na carreira e trabalho
Proprietários e empresários de organizações envolvidas com rodovias	Desempenho do investimento
Fornecedores de organizações envolvidas com rodovias	Continuidade da oportunidade de negócios
Sociedade	Administração responsável

Se, por hipótese a rodovia for uma “organização” cujo objetivo é “prestar serviços” com qualidade, poderíamos dizer que o “sucesso de negócios” seria atingido quando motoristas e passageiros satisfizerem-se com a qualidade de viagens. Mas, esta “organização” pode não atingir o “sucesso” caso não se tenha:

- a) Sinalização horizontal e vertical adequada;
- b) Ausência de defeitos no revestimento da superfície;
- c) Geometria e forma que contribuam para sensações de conforto e segurança;
- d) Equipamentos para drenar que impeçam o acúmulo de água e protejam contra erosões;
- e) Capacidade para suportar cargas de veículos e intempéries;
- f) Proteção adequada para evitar deslizamentos de taludes e ocorrência de interrupções do tráfego.

A auditoria pelo técnico pode orientar a escolha de ações corretivas ou construtivas conforme produtos esperados em especificações, ou relatos práticos que contêm a tradição de atividades que dão o sucesso ao atendimento ao tráfego de veículos. As características de rodovias listadas nos itens (a) até (f) podem ser verificadas quanto à sua “conformidade” por técnicos envolvidos com construção, manutenção e reabilitação de rodovias.

É necessário e de extrema importância o entendimento de relações entre cada um dos defeitos ou medidas sobre características físicas de rodovias sobre a qualidade de viagem. Há a observar, entretanto, que grande parte das vezes os “defeitos” são cadastrados por leigos que observam a superfície de pavimentos, aparência e forma dos equipamentos da via.

Identificando-se a ordem e o grau de influência de cada característica física sobre a qualidade de viagem é possível contribuir para aperfeiçoar especificações que contenham não somente itens sobre medidas de características físicas de rodovias adequadas para fornecer sensações de conforto e segurança para motoristas e passageiros, mas também itens que incentivem a busca contínua por melhoria de qualidade dos serviços ao tráfego de veículos.

Para orientar estudos é fundamental, portanto, conhecer respostas para a questão: “quais variáveis descrevem características físicas de rodovias, e interferem em sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros ao atribuir nota à qualidade de viagem em segmento de via?”.

A Tabela 6 ilustra uma tentativa de previsão de conseqüências de defeitos em rodovias sobre a qualidade de viagem ou durabilidade de equipamentos constituintes da rodovia.

Tabela 6- Consequências de tipos de defeitos em rodovias sobre qualidade de viagem

Tipos de defeitos	Consequências de defeitos sobre qualidade de viagem
Degrau entre pista e acostamento	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, a presença de degraus de grande dimensão pode contribuir para a ocorrência de acidentes
Afundamento de trilha de roda	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, durante chuvas dificultam a drenagem contribuindo para a ocorrência de acidentes e para a degradação acelerada do pavimento
Remendos no pavimento	Causam desconforto devido à aceleração vertical, possivelmente interferem diretamente na nota atribuída por motorista ou passageiro, e dificultam a drenagem contribuindo para a degradação acelerada do pavimento
Buracos no pavimento	Causam sensações de desconforto e insegurança a motoristas e passageiros, possivelmente interferindo diretamente na nota atribuída por estes, e causam acúmulo de água contribuindo para a degradação acelerada do pavimento
Exsudação do betume na capa	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, o atrito do pneu com a capa é diminuído significativamente, podendo contribuir para a ocorrência de acidentes, e o excesso de betume pode causar deformações permanentes
Desgaste da capa	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, pode aumentar a intensidade do ruído causado pelo atrito entre o pneu e a capa, além de dificultar o escoamento de água, interferindo no conforto e na segurança de motoristas e passageiros além de contribuir para a degradação acelerada do pavimento
Corrugação da capa	Causam sensações de desconforto e insegurança a motoristas e passageiros, possivelmente interferindo diretamente na nota atribuída por estes, e dificulta o escoamento de água contribuindo para a degradação acelerada do pavimento
Bombeamento de material	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, está diretamente ligado à possível ocorrência de buracos, acelerando a degradação do pavimento
Trincas	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, é parte do processo para degradação da capa, acarretando em buracos
Equipamentos inadequados para drenagem	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, está diretamente relacionado à segurança e conforto destes em viagens durante chuvas e à proteção dos componentes da rodovia
Capacidade do pavimento insuficiente para suporte de cargas	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, está diretamente ligado à durabilidade do pavimento, contribuindo para a degradação acelerada
Sinalização horizontal e vertical inadequada	Apesar de possivelmente não interferir na nota atribuída por motorista ou passageiro, está diretamente relacionada à segurança e conforto durante viagens em rodovias
Geometria da via sem harmonia	Interfere diretamente no conforto e na segurança de motoristas e passageiros, mas possivelmente nem sempre é sentido ou notado por estes

Ao estudar relações entre grupos de variáveis que descrevem o estado de componentes físicos da rodovia e qualidade de viagem, pode-se ter a oportunidade de identificar possíveis defeitos que causam direta ou indiretamente sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros.

Conhecer quais as variáveis descrevem características físicas de rodovias e determinam a qualidade de viagem usando técnicas para auditoria sobre qualidade pode contribuir para mais bem especificar e controlar componentes de rodovias, e aprimorar continuamente o serviço prestado pelas vias.

A auditoria pode contribuir para:

- a) Identificar e priorizar itens e locais da via que necessitem de intervenção; e delinear processos ou métodos em especificações que devem ser modificados;
- b) Atender à necessidade por identificar ações que possam contribuir para a busca contínua por melhoria de qualidade de viagem.

5 Análise de correlação canônica

Em dicionários da língua portuguesa, “relação”, na linguagem matemática, é “resultado da comparação entre duas quantidades comensuráveis”, e “correlação” é “interdependência entre variáveis matemáticas”.

Segundo HAIR et al (1998), “análise de correlação canônica é um modelo estatístico sobre múltiplas variáveis que facilita o estudo de inter-relações entre grupos de múltiplas variáveis dependentes e independentes. Enquanto regressão múltipla prevê uma única variável dependente a partir de um grupo de múltiplas variáveis independentes, correlação canônica prevê, simultaneamente, múltiplas variáveis dependentes a partir de múltiplas variáveis independentes”.

A análise de correlação canônica foi, até poucos anos atrás, uma técnica de estatística relativamente desconhecida. Assim como para todas as técnicas sobre múltiplas variáveis, a disponibilidade de programas para processamento de dados em computador tem facilitado o aumento de sua aplicação em problemas de pesquisa.

A análise canônica é particularmente útil em situações nas quais medidas múltiplas, como por exemplo, satisfação, compras, volumes de vendas, ou medidas métricas são disponíveis. Se as variáveis independentes forem de somente uma categoria, a análise sobre múltiplas variáveis de variância pode ser usada. Mas, e se as variáveis independentes são métricas? Correlação canônica é a resposta, permitindo o estudo de relações entre variáveis independentes métricas e múltiplas medidas dependentes.

Para melhor compreensão dos conceitos e terminologias usados, são relatados os principais termos e suas respectivas definições:

- a) Correlação canônica: medida da intensidade de todas as relações entre os compostos lineares (variáveis canônicas) para as variáveis independentes e dependentes. Representa a correlação entre duas variáveis canônicas;
- b) Função canônica: relação entre duas combinações lineares entre estatísticas que expressam a variância entre dois grupos de medidas sobre variáveis, denominadas variáveis canônicas. Cada função canônica tem duas variáveis canônicas, uma para o grupo de variáveis dependentes e uma para o grupo de variáveis independentes. A intensidade da relação é dada pela correlação canônica;
- c) Carga canônica (*canonical loading*): medida da correlação linear simples entre as variáveis independentes e suas respectivas variáveis canônicas. Estas podem ser interpretadas como fatores de cargas, e são conhecidas também como correlações entre estruturas canônicas ou fatores de estrutura;
- d) Raiz canônica (*canonical root*): o quadrado dos coeficientes de correlações canônicas, uma estimativa da parcela de variância compartilhada quando a combinação linear adotada exprime a máxima dependência entre as variáveis canônicas de variáveis dependentes e independentes, também conhecidos por autovalores.
A raiz canônica pode ser usada (quando associada à soma de todas as raízes canônicas) para fornecer a porcentagem de explicação do processo de relações entre os grupos de variáveis estudadas que os pares canônicos fornecem, dito “a parcela da variância extraída em cada grupo”;
- e) Variáveis canônicas: combinações lineares que representam a soma ponderada de parâmetros estatísticos que expressam duas ou mais variáveis, e podem ser definidas tanto para variáveis dependentes como

independentes. Também conhecidas como combinações lineares de variáveis;

- f) Índice de redundância: quantidade de variância na variável canônica (dependente ou independente) explicada pela outra variável canônica na função canônica.

A análise de correlação canônica é aceita como um modelo generalizado, base de muitas outras técnicas de estudo sobre múltiplas variáveis, porque pode ser útil em estudos de dados métricos e não métricos, e variáveis dependentes ou independentes.

A análise de correlação canônica impõe o menor número de restrições sobre os tipos de dados e relações que possam ser discutidas.

Pelo fato de outras técnicas imporem restrições rígidas aos dados, há a falsa impressão de que as informações obtidas a partir destas são de melhor qualidade e podem ser resumidas de maneira mais interpretável. Por esta razão, muitos vêm correlação canônica como uma última opção, que será usada somente após o insucesso no uso de outras. Mas, ao analisar em conjunto variáveis múltiplas dependentes e independentes, a correlação canônica é a técnica de estudos estatísticos sobre múltiplas variáveis mais apropriada e poderosa. O uso da correlação canônica tem aumentado em muitos campos de estudo, e é uma ferramenta útil para análise sobre múltiplas variáveis.

O estudo de relações entre dois conjuntos de observações sobre variáveis distintas, mas de caracterização de um mesmo sujeito, ou, de conjuntos distintos de observações sobre mesmas variáveis pode ter como técnica estatística mais adequada a “análise de correlação canônica” porque: COOLEY & LOHNES (1971), afirmam que a análise de correlação canônica é o mais generalizado dos processos estatísticos por ser o único que permite a verificação de relações entre conjuntos distintos de observações sobre variáveis, ou não.

COOLEY & LOHNES (1971), comentam que as técnicas associadas à análise de correlação canônica foram desenvolvidas por HOTELLING em

1936. Entretanto, somente em 1956 é que ANDERSON (1958) publicou um conjunto de aperfeiçoamentos ao exposto por HOTELLING, que, tornaram viável o uso das técnicas propostas por aquele autor clássico.

Para a verificação da existência de correlações entre conjuntos distintos de variáveis ou observações, a análise de correlação canônica pode ser confundida com a busca e interpretação dos maiores coeficientes de correlação entre combinações lineares das variáveis em estudo.

Similar à regressão, o objetivo da correlação canônica é quantificar a intensidade de relação, neste caso entre os dois grupos de variáveis (dependente e independente). Esta técnica corresponde à análise fatorial na criação de compostos de variáveis. Também lembra a análise discriminante na sua habilidade para determinar dimensões independentes para cada grupo de variável, nesta situação com o objetivo de produzir a correlação máxima entre as dimensões. Também, correlação canônica identifica a estrutura ou dimensão ótima de cada grupo de variável que maximize a relação entre grupos de variáveis independentes e dependentes.

Análise de correlação canônica lida com a associação entre compostos de variáveis múltiplas dependentes e independentes. Para isso, é desenvolvido um número de funções canônicas independentes que maximizam as correlações entre os compostos lineares, também conhecidas por variáveis canônicas, os quais são grupos de variáveis dependentes e independentes. Cada função canônica é na verdade baseada na correlação entre duas variáveis canônicas, uma variável para as variáveis dependentes e uma para as variáveis independentes.

Outra característica única da correlação canônica é que as variáveis são manuseadas para maximizar suas correlações. Além disso, a correlação não pára com a derivação de uma simples relação entre os grupos de variáveis. Ao contrário, várias funções canônicas (pares de variáveis canônicas) podem ser derivadas para outros estudos.

Segundo VESSONI (1998), “o princípio básico em uma correlação canônica é desenvolver uma combinação linear em cada um dos conjuntos de

variáveis tal que a correlação entre os dois conjuntos seja maximizada. Na correlação canônica não existe a distinção entre variável independente e dependente, existem somente dois conjuntos de variáveis em que se busca a máxima correlação entre ambos”.

Segundo HAIR et al (1998), a análise de correlação canônica é organizada em estágios, descritos a seguir:

- a) Objetivos da análise de correlação canônica: os dados apropriados para a análise de correlação canônica são dois grupos de variáveis. Estes grupos são um dependente e outro independente. Assim, a correlação canônica pode ter vários objetivos. Estes objetivos podem ser:
 - a.1) Determinar se dois grupos de variáveis (medidas feitas sobre o mesmo objeto) são independentes ou, conseqüentemente, determinar a magnitude das relações que podem existir entre os dois grupos;
 - a.2) Derivar um grupo de coeficientes para cada grupo de variáveis dependentes e independentes para que as combinações lineares de cada grupo sejam correlacionadas maximamente. Funções lineares adicionais que maximizam a correlação permanente são independentes de grupos anteriores de combinações lineares;
 - a.3) Explicar a natureza de quaisquer relações existentes entre os grupos de variáveis dependentes e independentes, pela medida da contribuição relativa de cada variável à função canônica (relações) que são extraídas.
- b) Planejamento para uma análise de correlação canônica: fatores importantes em correlação canônica são o tamanho da amostra e a necessidade de um número suficiente de observações por variável. Amostra pequena não representa bem a correlação, e poderá não mostrar qualquer relação significativa. Amostra muito grande pode não identificar a significância estatística na prática.

A classificação de grupos de variáveis, em dependente ou independente, é de pouca importância para a estimativa da função canônica, porque análise de correlação canônica pesa ambos os grupos de variáveis para maximizar a correlação, e não focaliza nenhuma ênfase particular sobre um dos grupos;

- c) Hipóteses na correlação canônica: duas hipóteses influenciam os resultados da correlação canônica - a primeira, o coeficiente de correlação entre duas variáveis quaisquer é estimado para relação linear. Se a relação é não linear, então uma ou ambas devem ser transformadas, se possível - a segunda, a correlação canônica é a relação linear entre as variáveis. Se as variáveis são não lineares, não ocorrerá correlação canônica;
- d) Derivação de funções canônicas e avaliação da adaptação: o primeiro passo da correlação canônica é derivar uma ou mais funções canônicas. Cada função consiste de um par de variáveis, uma representando as variáveis independentes e outra representando as variáveis dependentes. O máximo número de variáveis canônicas (funções) que podem ser extraídos dos grupos de variáveis é igual ao número de variáveis do menor grupo, independente ou dependente. Para se saber quais das funções devem ser interpretadas, deve-se analisar o nível de significância (p), que deve ser menor que 0,05 para ser significativa, a magnitude da relação (r_c , coeficiente de correlação canônica), e a redundância;
- e) Interpretação das variáveis canônicas: se a relação canônica é estatisticamente significativa e a magnitude da raiz canônica e do índice de redundância são aceitáveis, ainda há o que se interpretar dos resultados. Isso envolve examinar as funções canônicas para determinar a importância relativa de cada variável nas relações canônicas. Dois métodos são os mais usados para isso: coeficientes canônicos e fatores de estrutura.

5.1 Teoria sobre análise canônica

Chamar-se-á “par canônico” a cada par de combinações lineares, um em cada conjunto sob análise, obtidos simultaneamente durante as estimativas de parâmetros para a análise de correlação canônica.

Admitindo-se que a análise de correlação canônica deva ser efetuada sob dois conjuntos de N observações sobre, respectivamente, p e q variáveis tem-se que:

- a) Sendo X_1 a matriz que contém as observações sobre as primeiras p variáveis e X_2 , idem, sobre as seguintes q variáveis, então, orlando-se a matriz X_1 com as colunas da matriz X_2 obter-se-á a matriz das observações X que será utilizada durante a análise de correlação canônica.
- b) Se R é a matriz das relações em X poder-se-á partir a matriz R :

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix},$$

Onde,

R_{11} = matriz das relações em X_1 ;

R_{12} = matriz das relações entre as variáveis de X_1 e de X_2 ;

R_{22} = matriz das relações em X_2 ;

R_{21} = a matriz transposta de R_{12} = R_{12}' .

A teoria relatada em ANDERSON (1958), resume a análise de resultados de correlação canônica ao estudo dos autovalores e autovetores da matriz

$$R_{\pi} = \begin{bmatrix} R_{22}^{-1} & R_{21} & R_{11}^{-1} & R_{12} \end{bmatrix}$$

Onde,

R_{22}^{-1} é a matriz inversa de R_{22} , e,

R_{11}^{-1} é a matriz inversa de R_{11} .

Ou seja, ao estudo de soluções da equação característica da matriz $|R_{\pi} - \lambda_i| = 0$. Também, ANDERSON (1958), demonstrou que os coeficientes de correlações canônicos são as raízes quadradas dos autovalores de R_{π} , ou seja, r_{ci} é o coeficiente de correlação entre as combinações lineares que compõem o par canônico de ordem i : $r_{ci} = \sqrt{\lambda_i}$.

Os pares canônicos podem ser obtidos conforme as propostas de ANDERSON (1958):

- Substituindo-se o autovalor λ_i na matriz $|R - \lambda_i|$ pode-se definir a matriz V_i' cujos elementos são os co-fatores da primeira linha da matriz $|R - \lambda_i|$.
A matriz V_i' possuirá uma linha e M colunas;
- Transpondo-se a matriz V_i' obter-se-á a matriz V_i ;
- Estima-se $\theta = V_i' R_{22} V_i$;
- Se D_i é a matriz cujos elementos são os coeficientes da combinação linear representativa, no par canônico i , das variáveis à direita da matriz das observações X , $D_i = V \theta^{-1/2}$;
- Se C_i é a matriz cujos elementos são os coeficientes da combinação linear representativa, no par canônico i , das variáveis à esquerda da matriz de observações X , $C_i = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} R_{11}^{-1} R_{12} D_i$.

5.2 Interpretação de estudos sobre correlação canônica

Os autovalores podem ser interpretados como a parcela de variância que explica a correlação entre as variáveis canônicas. Os autovalores não expressam o quanto da variabilidade é explicado em cada um dos grupos. O número de autovalores coincide com a quantidade de raízes canônicas, ou seja, o número de variáveis no menor dos dois grupos. O valor numérico de autovalores é decrescente.

Os coeficientes de correlação canônica são a raiz quadrada de autovalores ($r_{ci} = \sqrt{\lambda_i}$) e podem ser interpretados como coeficientes de correlação. Sendo as correlações associadas às variáveis canônicas, estas são chamadas de correlações canônicas. Como os autovalores, as correlações entre variáveis canônicas extraídas sucessivamente são decrescentes. Entretanto, como índice para controle do grau de correlação canônica entre dois grupos de variáveis, é usual adotar o maior coeficiente de correlação, ou seja, referente ao primeiro autovalor. Mas, as outras variáveis canônicas também podem ser significativas e fornecer interpretações.

COOLEY & LOHNES (1971), sugeriram que a existência de correlações entre os conjuntos sob análise de correlação canônica, X_1 e X_2 pode ser verificada a partir de resultados de estudos expostos por BARTLET. Ali:

a) Propõe-se um teste para a hipótese:

$H_0 =$ “a variância extraída pelo par de funções canônicas é zero”;

b) Se definiu a estatística $\Lambda = \prod_{i=1}^n (1 - \lambda_i)$, onde, n é o menor número de variáveis nos conjuntos observados para controle de testes de hipótese sobre a existência de funções canônicas;

c) Mostrou-se que essa função pode ser transformada para

$\Lambda' = \prod_{i=j+1}^n (1 - \lambda_i)$, onde, $j = 1, 2, \dots, (n-1)$, que tem distribuição qui-

quadrado (χ^2) com $glc_2 = (p - j) - (q - j)$ graus de liberdade;

d) E, que a probabilidade de ocorrência de $\Lambda' = \prod_{i=j+1}^n (1 - \lambda_i)$ pode ser controlada por: $x^2_{estimado} = [N - 0,5(p + q) - 1,5] \log_e \Lambda'$.

O critério adotado para verificar a significância de componentes canônicos ao explicar correlação entre conjuntos X_1 e X_2 , ou, posteriormente alguns de seus subconjuntos, é aceita quando quaisquer das estimativas dos parâmetros de controle ($x^2_{estimado}$), com $glc = (p - j)(q - j)$, e j variando de 1 até $(n - 1)$, for maior que o valor do qui-quadrado da distribuição x^2_{glc} , com glc graus de liberdade, ou seja, $x^2_{glc} > x^2_{glc}(glc; confiança)$. Os limites de confiança entre 95 a 99% são os mais usados. Os valores de x^2_{glc} podem ser obtidos, por exemplo, tabela publicada por HARRIS (1975), página 297.

O teste de significância de correlações canônicas é, em princípio, simples e direto. As diferentes correlações canônicas são testadas, uma a uma, começando com a maior. Somente as raízes estatisticamente significativas devem ser usadas para subseqüentes estudos sobre pares canônicos. Na verdade, a natureza do teste de significância é um pouco diferente, primeiro avalia-se a significância de todas as raízes combinadas, depois das outras raízes, após a remoção da primeira, da segunda, etc.

Cada raiz canônica (λ_i) fornece um par de funções canônicas, que exprimem teoricamente as máximas correlações parciais entre as medidas ou contagens sobre os grupos analisados. A significância prática das funções canônicas, representada pelo valor das correlações canônicas ($r_{ci} = \sqrt{\lambda_i}$), é uma informação que orienta a escolha de funções que explicam relações.

Aos coeficientes de cada função canônica denominam-se “coeficientes canônicos”. Carece-se de guias para orientar a aceitação de coeficientes canônicos, associáveis a estudos sobre participação de variáveis na explicação de relações entre medidas ou contagens que possam ser úteis para explicar informações estatísticas decorrentes da existência dessas combinações lineares.

Adotaremos, para estudos sobre coeficientes canônicos, o exposto por HARRIS (1975): “os coeficientes canônicos são significativos quando forem maiores que 0,30”. Também, o autor comenta que os coeficientes canônicos só devem ser usados como parâmetros para verificação de significância da participação das variáveis canônicas nas relações entre os dois conjuntos sob análise.

Assim, quando os coeficientes canônicos associado à dada variável for significativo, esta variável participa da dimensão de relações entre os dois conjuntos estudados e correspondente ao par de funções canônicas discutido. Ou ainda, diz-se que a variável interfere ou participa das relações entre os dois conjuntos analisados.

Após a verificação do número de raízes canônicas significativas, a questão é como associar explicações a cada função canônica decorrente. Deve-se lembrar que cada raiz representa a soma de dois coeficientes canônicos, um para cada grupo de variáveis. Uma maneira para associar explicações a cada raiz canônica seria analisar o valor dos coeficientes canônicos na função associada a cada grupo. Quanto maior o coeficiente (em valor absoluto), maior é a contribuição da variável a ele associada.

Para facilitar comparações, os coeficientes canônicos são estandardizados, ou seja, transformados para variáveis z da distribuição normal, de média zero e desvio padrão um. Coeficientes canônicos explicam a correlação parcial entre variáveis e a respectiva raiz canônica. Em resumo, os coeficientes canônicos nos facilitam entender a composição de cada raiz canônica, ou seja, nos permitem entender como cada variável, em cada grupo, contribui para a função canônica.

Mas, coeficientes canônicos ainda continuam uma estrutura frágil para explicações. Outra maneira de fornecer informações associadas às raízes canônicas pode ser analisar as correlações entre as funções canônicas e as variáveis em cada um dos grupos (HARRIS, 1975, página 218). A lógica é que variáveis que têm forte participação em função canônica tem maior dependência com a mesma.

O que se faz é multiplicar a variância de cada variável por seu coeficiente na função canônica e corrigir dividindo pelo autovalor que definiu a função canônica (se s_i é a variância da variável i , i = ordem da variável observada, a_{ij} é o coeficiente à esquerda, b_{ij} à direita, j = ordem do par de funções canônicas, λ_j , o autovalor associado à função canônica, o coeficiente no fator obtido é $f_{ij} = a_{ij} \frac{s_i}{\lambda_j}$ ou $f_{ij} = b_{ij} \frac{s_i}{\lambda_j}$) – isso transforma a estrutura das funções canônicas numa estrutura de fatores similar e cujo tratamento pode ser o mesmo da análise fatorial, e os novos coeficientes podem ser chamados de “fatores da estrutura canônica”.

Na prática (HARRIS et al, 1998), fatores da estrutura canônica maiores que 0,30 são estatisticamente significativos. Quanto mais próximo a 1 for este fator, maior é sua significância.

O coeficiente de correlação canônica refere-se à correlação entre somas de coeficientes de dois grupos de variáveis. Isso não explica o quanto de variabilidade (variância) cada raiz canônica participa nas variáveis. Mas, pode-se inferir a parcela de variância extraída por uma raiz particular de cada grupo de variáveis analisando as cargas dos fatores canônicos. Deve-se lembrar que todos os fatores da estrutura canônica representam correlações entre variáveis canônicas e variáveis no respectivo grupo.

O quadrado das correlações canônicas reflete a parcela da variância associada a cada variável. Para cada raiz, pode-se obter a média de participação das variáveis que fornece um indicador de qual parcela da variância é explicada pela função canônica neste grupo de variáveis. Ou seja, estimar a parcela média de variância extraída por cada raiz canônica.

O quadrado do coeficiente de correlação canônica pode ser usado para estimar a parcela de variância compartilhada pelas variáveis canônicas em cada grupo. Se, o grupo à esquerda tem p variáveis, o grupo à direita tem q variáveis, r_c^2 é a correlação canônica ao quadrado, multiplicando esse valor pela parcela da variância extraída, obtém-se a estimativa chamada “redundância”, ou seja, quão superpostas são as variáveis dos grupos.

A redundância pode ser descrita:

$$\text{Redundancia}_{\text{esquerda}} = [\sum (\text{coeficientes}_{\text{esquerda}}^2) / p] * r_c^2$$

$$\text{Redundancia}_{\text{direita}} = [\sum (\text{coeficientes}_{\text{direita}}^2) / q] * r_c^2$$

Assim, pode-se estimar a redundância do primeiro grupo de variáveis (à esquerda), dado o segundo grupo (à direita). Como as raízes canônicas extraídas sucessivamente são independentes, somando redundâncias entre todas as raízes obtém-se o “índice de redundância” da estrutura de relações analisadas.

A redundância pode ser útil para avaliar a significância prática das raízes canônicas. Com amostras grandes, correlações canônicas próximas de $r_c = 0,30$ podem ser estatisticamente significativas. O quadrado deste coeficiente ($r_c^2 = 0,09$) usado na expressão da redundância indicaria que as raízes canônicas são responsáveis somente por um pouco de variabilidade nas variáveis. A avaliação “do que se compõe” a significância é subjetiva por natureza. Mas, para avaliar a participação de uma raiz canônica na variância (ou, nas variáveis), é importante a medida de redundância, ou seja, quanto de variabilidade em um grupo é explicado pelo outro.

6 Estudo de caso

O sujeito para estudo de caso adotado foi a qualidade de viagens em um conjunto de segmentos de rodovias vicinais - 72,3 quilômetros, nas ligações: Araraquara à Gavião Peixoto, Gavião Peixoto à Nova Paulicéia, Nova Paulicéia à Nova Europa, Nova Europa à entrada da ligação entre Gavião Peixoto com o segmento entre Nova Europa à Via Washington Luís. A Figura 5 é o mapa de segmentos.

Figura 5- Mapa das rodovias vicinais utilizadas para estudo de caso

As vias observadas têm duas faixas para tráfego, uma em cada sentido. Do ponto de vista dos que levantaram os dados e documentos que descreviam as características dessas rodovias:

- a) O “estado” dos pavimentos variou entre “ótimo” a “péssimo”;
- b) A idade dos segmentos variou de meses a 26 anos;
- c) A largura de faixa para tráfego variou entre 3,00m a 3,50m. Dos acostamentos variou entre 1 a 2m;
- d) O raio de curva horizontal variou entre 26 e 1250m;
- e) A declividade longitudinal variou entre 0,5 a 9,9%;
- f) As superelevações variaram entre 0,5% e 10%;
- g) A velocidade para projeto declarada é 60km/h.

O primeiro conjunto de dados estudado e analisado contém medidas e contagens sobre variáveis levantadas e estudadas por um grupo de pesquisadores da Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, PADULA (1999), FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000), e PALMA (2000). Cada um destes pesquisadores estudou diferentes itens sobre componentes de segmentos de rodovias e sua relação com a qualidade de viagens, expressa através de notas atribuídas por usuários treinados conforme sugerido em DNER (1978b).

Para amostragem, os segmentos de rodovia foram subdivididos em segmentos de comprimento de 600m. A amostra se constituiu de 37 (trinta e sete) exemplares, sorteados dentre o conjunto de segmentos obtido. O número de segmentos amostrados é maior que trinta – isso sugere que a distribuição de resultados sobre o conjunto de segmentos deveria ser explicada por uma distribuição de probabilidades do tipo “normal”. Esta amostra de trinta e sete segmentos é aleatória e heterogênea, ou seja, fornece nível para qualidade de viagem entre péssima, ruim, regular, boa e ótima na opinião dos avaliadores.

Na tentativa de ampliar o entendimento sobre o estado das características físicas dos segmentos de vias estudados, as Figura 6 até Figura 12 ilustram vários dos segmentos observados.

Figura 6 – Ilustração dos segmentos 11 e 12

Figura 7 – Ilustração dos segmentos 13 e 14

Figura 8 – Ilustração dos segmentos 16 e 21

Figura 9 – Ilustração dos segmentos 25 e 29

Figura 10 – Ilustração dos segmentos 33 e 36

Figura 11 – Ilustração dos segmentos 41 e 43

Figura 12 – Ilustração dos segmentos 46 e 47

Os dados aqui usados para o estudo de caso provêm, na sua maioria, de outros trabalhos, descritos a seguir:

- a) PADULA (1999) aplicou técnica para auditoria para controlar análise e obtenção de escalas de medidas sobre nível para qualidade de viagem. A técnica estatística usada foi sugerida por LIKERT (1932). Trinta e dois usuários foram treinados e viajaram, atribuindo notas a cada um dos segmentos. Foram conduzidos por veículo de passeio, que trafegou na velocidade máxima permitida na via (60km/h).

O trabalho possibilitou a classificação de qualidade de viagem nos segmentos a partir de distribuições de juízos emitidos por avaliadores treinados;

- b) FREITAS (2000) levantou dados e analisou estatisticamente a relação entre notas sobre qualidade de viagens e variáveis que descrevem o formato da seção transversal e elementos específicos para drenar água de rodovias.

Mostrou-se que o formato da seção transversal e os elementos específicos para drenar participam não só da condução e controle do fluxo de água, mas são percebidos na formação das sensações de conforto e segurança de viagem dos que usam as vias;

- c) VASCONCELOS (2000) levantou dados, e analisou, estatisticamente a relação entre notas sobre qualidade de viagem e variáveis que descrevem a velocidade de veículos e características do formato de seções transversais e longitudinais de rodovias.

Mostrou-se que distribuições de notas à qualidade de viagem em segmentos de rodovia fornecidas por avaliadores treinados classificam a harmonia da geometria da via, o grau de aceitação da forma da via na formação de sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros;

- d) PALMA (2000) levantou dados e analisou estatisticamente a relação entre distribuição de notas sobre qualidade de viagem e variáveis que descrevem formato da seção transversal e medidas sobre variáveis que classifiquem o estado ou funcionamento de equipamentos para drenar água de chuva de rodovias.

Mostrou-se que a distribuição de notas sobre qualidade de viagem, o formato da seção transversal e medidas sobre variáveis que classifiquem o estado ou funcionamento de equipamentos para drenar água superficial, podem classificar e identificar informações que contribuam na manutenção ou construção de componentes de vias.

Mostrou-se, também, que a classificação de variáveis cujas medidas qualifica relações entre movimento de água de chuva pela superfície das

vias, quando associada a medidas sobre o formato da seção transversal e de elementos específicos para drenar, participam não só da condução e controle do fluxo de água, como são percebidos pelos humanos e fornecem elementos que definem sensações de conforto e segurança dos que usam as vias.

Nas Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 estão resumidos os conjuntos de variáveis adotados por FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000), e PALMA (2000).

Tabela 7 –Variáveis que descrevem equipamentos para drenar e propriedades da seção transversal de rodovia - [Fonte: FREITAS (2000)]

Tipo de variável	Variável	Tipo de variável	Variável
Propriedades dos equipamentos para drenar	Existência de equipamentos para drenar	Declividades na seção transversal	Lateral à esquerda
	Estado de conservação		Acostamento à esquerda
	Estado do revestimento		Faixa de tráfego à esquerda
	Limpeza de equipamento		Faixa de tráfego à direita
	Capacidade		Acostamento à direita
	Existência de acúmulo de água		Lateral à direita
	Obstáculos	Larguras na seção transversal	Lateral à esquerda
	Erosão		Acostamento à esquerda
	Saídas		Faixa para tráfego à esquerda
	Presença de vegetação		Faixa para tráfego à direita
	Declividades ¹³⁰		Acostamento à direita
			Lateral à direita

**Tabela 8 –Variáveis que descrevem componentes da geometria da via
[Fonte: VASCONCELOS (2000)]**

Tipo de variável	Variável	Tipo de variável	Variável
Componentes da geometria de segmentos	Tipo (tangente, curva à direita ou curva à esquerda)	Larguras de componentes da geometria de segmentos	Lateral à esquerda
	Comprimento de tangente		Acostamento à esquerda
	Comprimento de curva à direita		Faixa para tráfego à esquerda
	Comprimento de curva à esquerda		Faixa de tráfego à direita
	Flecha de curva		Acostamento à direita
	Raio de curva		Lateral à direita
	Declividade longitudinal		
	Grau de curvatura de curvas		
	Curvatura de curvas		

Tabela 9 – Variáveis que descrevem equipamentos para drenar e movimento de água
[Fonte: PALMA (2000)]

Tipo de variável	Variável	
Para estimativas de vazão solicitante e infiltração	Áreas contribuintes para vazão em canal longitudinal	
		à esquerda do eixo à direita do eixo
	Coefficientes de escoamento superficial na seção transversal	
	Da lateral	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Do acostamento	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Da faixa de tráfego	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Coefficientes de escoamento superficial médios	
	Das áreas contribuintes para	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Vazões solicitantes de canais longitudinais	
	Das áreas contribuintes para	à esquerda do eixo à direita do eixo
Para estimativas de capacidade hidráulica de canais longitudinais e classificação de tipo de regime de fluxo	Declividade longitudinal de canais longitudinais	
		à esquerda do eixo à direita do eixo
	“n” de Manning da área de vazão de canal longitudinal	
		à esquerda do eixo à direita do eixo
	Capacidade de vazão de canal longitudinal	
		à esquerda do eixo à direita do eixo
	Energia específica de partículas de água	
	Em canais longitudinais	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Número de Froude	
	Em canais longitudinais	à esquerda do eixo à direita do eixo
	“n” de Manning na seção transversal	
	Da lateral	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Do acostamento	à esquerda do eixo à direita do eixo
	Da faixa de tráfego	à esquerda do eixo à direita do eixo
	“n” de Manning médio para componentes da seção transversal	
	Das contribuições a canais	à esquerda do eixo à direita do eixo

Dados adotados nesse trabalho que relatam medidas e contagens efetuadas sobre as variáveis descritas nas Tabela 7, Tabela 8, e Tabela 9 foram publicados em [(VASCONCELOS, 2000), páginas 27 a 30, e 33], [(FREITAS, 2000), páginas 36, 37, 41 e 42]; e [(PALMA, 2000), páginas 64 à 73]. No anexo I transcrevem-se parcelas do relato efetuado por aqueles autores.

Para obter distribuições de ocorrência e classificação dos defeitos em superfície de pavimentos usam-se métodos emitidos por órgãos que especificam a avaliação de vias, e dentre conteúdos de recomendações que orientam essa ação destacam-se:

- a) ES 128/83 (DNER, 1983a), que sugere segmentos de *100m* de comprimento em segmentos rodoviários de no mínimo *300m* e no máximo *20km* de comprimento;
- b) SHRP (1993), que sugere demarcações de segmentos com *152,50m* de comprimento, sendo feito demarcações em intervalos de *15,25m (50ft)* até se atingir os *152,50m (500ft)* do segmento, assim sendo, o segmento terá *10* demarcações de *15,25m (50ft)*;
- c) AUSTROADS (1987), que não sugere um tamanho específico de segmento para se fazer análises;
- d) PRO 008/94 (DNER, 1994), que sugere segmentos localizados a cada *20m* alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (*40 em 40m* em cada faixa de tráfego), para rodovias de pista simples. A amostra é demarcada *3m* antes e *3m* depois da estação. Ou, têm-se segmentos de *6m* de comprimento pela largura média de uma faixa de rolamento.

Para medir, e descrever uma parcela complementar de características de variáveis para descrever a superfície de pavimentos, durante os meses de janeiro a março de 2001 efetuaram-se diversas visitas aos segmentos amostrados: contaram-se, classificaram-se e mediram-se características e distribuições de defeitos de superfície nos 37 segmentos amostrados.

O que se adotou consta do manual SHRP (1993), que expõe definições e conceitos sobre os tipos, métodos e processos para medir, contar e classificar defeitos. Também se adotaram conceitos de AUSTROADS (1987), que relaciona nomes, sinônimos, definições, atributos e possíveis causas de defeitos. A Tabela 10 contém um resumo das variáveis que descrevem defeitos de superfície do pavimento adotadas.

Tabela 10 – Variáveis que descrevem defeitos de superfície do pavimento

Tipo de variável	Variável	Tipo de variável	Variável
Defeitos de superfície do pavimento	Degrau entre o acostamento e a faixa para tráfego	Defeitos de superfície do pavimento	Trincas longitudinais
	Afundamento de trilha de roda		Trincas transversais
	Remendo		Trincas por fadiga
	Buracos		Trincas em blocos
	Exsudação		Trincas de bordos
	Desgaste		Trincas longitudinais
	Bombeamento		

As Tabela 11 e Tabela 12 resumem as medidas e contagens sobre características de variáveis que descrevem defeitos de superfície de pavimentos.

Tabela 11 – Defeitos de superfície do pavimento nos segmentos estudados (parte 1)

Segmento	Degrau faixa de tráfego – acostamento (mm)	Afundamento de trilha de roda (mm)	Remendo (m²)	Buraco (m²)	Exsudação (m²)
11	35	5	357	5	0
12	100	0	328	0	0
13	75	15	725	15	0
14	0	5	1500	25	0
15	75	5	800	0	0
16	50	15	1695	0	0
17	95	5	90	0	0
18	0	8	475	0	0
19	0	5	200	0	0
20	0	0	150	0	0
21	25	0	1300	30	0
22	15	0	700	140	0
23	200	10	300	0	0
24	30	10	300	0	0
25	0	15	250	10	1050
26	100	10	1200	0	0
27	0	0	1300	10	0
28	0	5	0	0	0
29	0	0	0	0	300
30	0	3	0	0	0
31	0	0	0	0	1000
32	0	5	0	0	300
33	50	8	600	0	0
34	0	3	0	0	0
35	0	10	50	0	0
36	50	5	0	0	600
37	0	8	0	0	0
38	70	3	0	0	0
39	90	20	0	50	0
40	50	15	200	0	100
41	100	15	0	0	200
42	150	0	0	0	0
43	50	0	0	0	0
44	50	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0
46	40	0	0	0	0
47	40	0	0	0	0

Tabela 12 - Defeitos de superfície do pavimento nos segmentos estudados (parte 2)

Segmento	Desgaste (m ²)	Corrugação (m ²)	Trinca Longitudinal (m)	Trinca por fadiga (m ²)	Trinca em blocos (m ²)	Trincas de bordos (m)
11	100	0	0	150	0	600
12	1200	0	0	900	0	600
13	400	0	0	900	0	550
14	650	0	0	400	0	0
15	350	0	0	900	0	0
16	0	0	0	600	0	300
17	1300	0	50	0	0	600
18	400	0	0	900	0	150
19	0	0	0	600	0	600
20	1500	0	400	400	0	600
21	500	0	0	500	0	600
22	1500	0	0	500	0	0
23	300	0	0	1200	0	0
24	1500	0	0	1200	0	400
25	800	0	0	0	0	300
26	750	0	0	600	150	600
27	1000	0	0	500	0	600
28	0	100	0	0	0	0
29	1500	0	0	0	0	0
30	400	0	0	0	0	600
31	0	0	0	0	600	600
32	0	0	0	600	1000	600
33	0	0	525	0	500	600
34	0	0	0	0	1000	600
35	200	0	0	0	0	300
36	600	0	0	0	0	600
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0
39	300	0	0	600	0	0
40	0	0	0	100	0	400
41	0	0	0	1200	0	600
42	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	200
45	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	200

Segundo PADULA (1999), para expressar juízos sobre a qualidade de viagem pelos segmentos que constituíram as amostras foram treinados, conforme os critérios expressos em DNER (1978b) 32 (trinta e dois) avaliadores. Desses indivíduos, 21 (vinte e um) não possuíam experiência anterior em avaliação de pavimentos, e 11 (onze) eram especialistas em trabalhos sobre pavimentos, ou seja, tinham experiência anterior com assuntos ligados à qualidade de viagens.

O treinamento dos avaliadores constituiu-se em seminários para expor critérios e processos para avaliar, e onde se incluíram as informações sobre a viagem e a orientação para avaliação. Também, foram conduzidas avaliações para treinamento em dez segmentos, conforme previsto em DNER (1978b).

As notas foram obtidas com avaliadores viajando em um carro tipo passeio à velocidade de 60km/h. O início e o final do segmento a ser avaliado foi informado ao avaliador no instante adequado, e após trafegar pelo segmento, o veículo foi estacionado para a atribuição de juízos.

Os segmentos foram percorridos nos sentidos Araraquara para Nova Europa, passando por Gavião Peixoto e Nova Paulicéia, e depois de Nova Europa sentido Araraquara até o trevo que levou a Gavião Peixoto.

Para anotar as notas foram usadas fichas conforme ilustrado na Figura 13.

Se você viajasse durante 8 horas em rodovia igual ao segmento que percorremos, que nota você daria a sua viagem?					
Sua opinião sobre a viagem	Péssima	Ruim	Regular	Boa	Ótima
Nota	1	2	3	4	5
Você viajaria sem reclamar por uma rodovia igual ao segmento que percorremos?					
		Sim	Não	Não sei	
Número:		Data:		Segmento:	

Figura 13 - Ficha para anotação de notas e conceitos atribuídos aos segmentos observados

Em cada segmento, a amostra conteve 32 juízos emitidos pelos avaliadores; e, assim se obteve 1184 notas que representariam o universo de segmentos.

A Tabela 13 relata uma síntese da estatística descritiva das notas obtidas. Dados sobre qualidade de viagens adotados neste trabalho são publicados por PADULA (1999), nas páginas 57 a 61.

Tabela 13 – Respostas a questão: “se você viajasse durante 8 horas em rodovia igual ao segmento que percorremos, que nota você daria a sua viagem?” [Fonte (PADULA, 1999)]

Segmento	Notas dos avaliadores		Segmento	Notas dos avaliadores	
	Média	Desvio		Média	Desvio
11	2,38	0,55	30	2,06	0,67
12	1,97	0,65	31	2,81	1,06
13	1,91	0,73	32	2,88	0,91
14	1,72	0,77	33	3,22	0,87
15	2,00	0,88	34	3,50	0,72
16	1,28	0,52	35	3,59	0,91
17	2,75	0,72	36	3,63	0,75
18	2,84	0,68	37	3,75	0,80
19	3,22	0,75	38	3,28	0,89
20	2,78	0,87	39	4,03	0,74
21	2,59	0,80	40	4,09	0,73
22	2,59	0,76	41	3,56	0,84
23	3,41	0,87	42	4,09	0,69
24	1,41	0,56	43	4,31	0,74
25	2,72	0,73	44	4,06	0,80
26	2,25	0,76	45	3,97	0,74
27	2,13	0,71	46	3,91	0,89
28	2,16	0,81	47	3,91	0,59
29	3,00	0,80			

As Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16 resumem as notas atribuídas por cada um dos trinta e dois avaliadores à qualidade de viagem pelos segmentos.

Tabela 14 – Notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem nos segmentos [Fonte (PADULA, 1999)]

Avaliador	Segmento											
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3
2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
3	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	3
4	2	2	2	1	3	2	2	3	3	2	3	3
5	2	2	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3
6	3	2	2	1	1	1	2	3	4	3	2	2
7	3	2	2	2	2	1	4	4	3	2	3	3
8	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
9	3	2	3	3	3	2	4	4	4	4	3	3
10	2	2	2	2	1	1	3	3	4	3	2	3
11	3	3	2	2	3	1	3	3	3	2	2	3
12	2	2	1	1	2	1	3	3	2	2	1	3
13	2	2	1	1	1	1	2	2	3	2	2	2
14	2	2	2	3	3	1	4	4	4	4	4	4
15	2	1	2	1	1	1	3	2	3	2	3	1
16	2	3	1	1	3	1	3	4	4	3	3	3
17	3	2	2	1	1	1	3	3	4	4	2	3
18	2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	2
19	3	1	3	1	1	2	3	3	3	2	2	1
20	2	3	1	1	1	1	3	3	3	2	2	1
21	3	2	2	2	3	1	3	4	4	4	4	3
22	2	2	2	2	2	1	3	3	4	4	3	2
23	3	2	2	1	3	1	4	3	4	4	2	2
24	2	2	2	2	2	1	3	3	4	4	4	3
25	3	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4	4
26	2	1	1	2	1	1	2	2	3	3	3	2
27	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
28	2	2	1	2	2	1	3	3	4	3	2	3
29	3	3	3	2	2	1	3	3	3	3	3	3
30	3	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2
31	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2
32	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3

Tabela 15 - Notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem nos segmentos
[Fonte (PADULA, 1999)]

Avaliador	Segmento											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	2	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	3
2	1	1	3	2	1	2	3	2	2	1	2	3
3	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
4	3	1	3	3	3	1	2	2	1	1	3	2
5	4	1	4	3	3	3	4	2	3	3	2	4
6	4	2	2	1	2	2	3	1	3	2	2	3
7	4	1	3	2	2	2	2	2	3	2	4	4
8	3	2	3	3	2	3	4	3	3	3	4	3
9	4	2	3	2	2	2	3	2	2	3	4	4
10	4	1	3	3	1	3	4	1	2	3	3	4
11	4	1	3	2	2	2	2	1	1	2	2	3
12	4	1	3	2	1	1	3	1	2	3	3	4
13	3	1	2	2	2	1	3	3	2	3	2	3
14	4	2	3	3	2	2	4	2	4	3	5	5
15	3	1	3	2	2	2	3	2	3	3	3	4
16	4	2	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4
17	4	1	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4
18	3	1	3	2	1	2	3	2	5	4	4	3
19	3	1	3	3	3	2	3	1	3	4	3	4
20	2	1	1	3	3	3	4	2	3	4	3	4
21	4	2	3	3	3	3	4	2	4	4	4	4
22	4	2	3	2	2	3	4	3	4	3	4	4
23	4	1	3	2	2	3	3	3	4	3	4	4
24	4	2	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4
25	5	3	3	2	2	2	2	2	2	4	2	2
26	3	1	2	1	2	2	3	2	3	3	3	3
27	2	1	1	1	1	1	3	2	1	3	3	3
28	4	1	3	2	2	3	3	2	4	3	4	4
29	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	4
30	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	4	3
31	4	1	2	1	3	1	1	1	3	2	4	4
32	4	1	2	2	3	1	3	3	3	3	3	3

Tabela 16 - Notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem nos segmentos
[Fonte (PADULA, 1999)]

Avaliador	Segmento												
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
1	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	4	5
3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3
4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4
5	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3
6	3	3	3	4	4	3	4	3	5	3	3	4	5
7	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4
8	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	4
10	4	4	3	3	5	5	3	5	4	4	5	4	4
11	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3
12	2	3	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4
13	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	5	4
14	5	5	5	3	5	4	4	5	5	5	5	5	4
15	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4
16	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	4	4
17	4	4	4	3	4	5	4	5	5	4	5	4	4
18	3	3	3	4	2	3	3	4	5	4	4	3	5
19	4	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	2	3
20	3	3	3	2	3	2	1	2	2	2	3	1	3
21	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4
22	5	5	4	2	5	5	3	4	4	5	5	5	5
23	3	4	4	3	5	5	4	4	5	5	5	4	4
24	5	5	5	4	4	5	4	4	4	3	4	3	4
25	1	3	2	3	4	5	3	5	5	5	4	4	4
26	4	4	4	2	4	4	3	4	4	3	3	4	3
27	3	3	3	2	3	4	3	4	4	3	4	4	4
28	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
29	4	3	4	3	5	3	4	4	4	5	4	4	4
30	4	3	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	3
31	3	4	4	4	5	5	5	4	5	4	3	4	4
32	4	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4

A obtenção de escalas para classificação do nível para qualidade de viagem, do ponto de vista dos que usam a via, foi analisada por PADULA (1999), que sugeriu a técnica proposta por LIKERT (1932) para associar medidas a expressões de sensações emitidas por observadores a partir da estatística e particularmente da distribuição normal de probabilidades.

Os valores contidos na coluna “índice (LIKERT)” da Tabela 17, são índices que expressam a classificação de nível para qualidade de viagem nos segmentos estudados segundo PADULA (1999).

Tabela 17 –Escore z de escalas de notas e suas diferenças ao escore z do conjunto de segmentos
[Fonte (PADULA, 1999)]

Segmento	Escore z para o intervalo					Índice (LIKERT)
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	
11	-2,1416	-0,569	0,9317	0	0	2,0099
12	-1,3593	0,0445	1,3994	0	0	0,1464
13	-1,1371	0,1237	1,3206	0	0	-0,0762
14	-0,8446	0,3636	1,3994	0	0	-0,6874
15	-1,0107	-0,0001	0,9881	0	0	0,2537
16	-0,4268	1,1569	1,8725	0	0	-2,3716
17	-2,1416	-0,9651	0,3078	1,5719	0	1,458
18	0	-1,1103	0,2167	1,4831	0	-0,3585
19	0	-1,3997	-0,2859	0,9317	0	0,9849
20	-2,1416	-0,8016	0,232	1,2463	0	1,6959
21	-1,901	-0,682	0,4699	1,5719	0	0,7722
22	-1,7561	-0,7622	0,4624	1,7663	0	0,5206
23	-2,1416	-1,386	-0,5418	0,6128	2,1445	1,5431
24	-0,6064	0,9077	1,8725	0	0	-1,9428
25	-1,7561	-0,9946	0,2926	1,7663	0	0,9228
26	-1,5371	-0,2962	0,9077	1,8725	0	-0,7159
27	-1,4445	-0,1691	1,11	0	0	0,7346
28	-1,3593	-0,1628	0,9649	1,8725	0	-1,0843
29	-2,1416	-1,1571	-0,0411	1,1762	0	2,3946
30	-1,4445	-0,0875	1,2463	0	0	0,5167
31	-1,6394	-0,6963	0,1155	1,0892	2,1445	-0,7824
32	-1,7561	-0,9315	0,041	1,2463	0	1,6313
33	0	-1,2466	-0,2321	0,8014	2,1445	-1,2362
34	0	-1,6665	-0,6631	0,6128	2,1445	-0,1967
35	-2,1416	-1,5634	-0,7115	0,3882	1,6399	2,6194
36	0	-1,8728	-0,7519	0,4699	1,6399	0,7459
37	0	-1,7666	-0,8879	0,2566	1,5375	1,0914
38	0	-1,3997	-0,2473	0,762	1,7569	-0,6409
39	0	-1,8728	-1,3051	-0,0875	1,2803	2,2161
40	0	-1,8728	-1,386	-0,1763	1,2065	2,4596
41	-2,1416	-1,5634	-0,7622	0,4624	1,9023	2,3335
42	0	-1,8728	-1,472	-0,1843	1,2803	2,4798
43	0	-1,8728	-1,5634	-0,4863	0,8973	3,2562
44	0	-1,8728	-1,2289	-0,1238	1,1372	2,3193
45	0	0	-1,1765	0,041	1,2803	0,0862
46	-2,1416	-1,5634	-1,2087	-0,0468	1,4448	3,7467
47	0	0	-1,3209	0,1407	1,6399	-0,2287

6.1 Auditoria sobre qualidade de viagens

O número de variáveis que descrevem características físicas de rodovia, ente físico responsável por fornecer conforto e segurança em viagens, é grande. O principal objetivo de auditorias sobre a via pode ser analisar a contribuição de características de componentes da rodovia ao todo das sensações de conforto e segurança expresso pela distribuição de notas atribuídas à viagem, além da ação de variáveis isoladas.

Esse arcabouço pode fornecer a auditores dados e hipóteses sobre a dependência entre medidas sobre variáveis que descrevem a qualidade de viagem e características de medidas sobre variáveis físicas que descrevem os componentes da via. Assim, um programa de ações para auditoria sobre qualidade de viagem pode conter:

- a) Reunir, organizar e analisar dados sobre características de variáveis que descrevem componentes de segmentos de rodovias e também a qualidade de viagens. Identificar pares de medidas ou contagens simultâneas sobre esses grupos de variáveis cujo teste possa fornecer informações sobre correlação e interdependência que alimentem o processo de estudo sobre conformidade do comportamento de componentes da via que fornece o serviço para a qualidade de viagem;
- b) Testar e analisar hipóteses sobre existência e classificação de correlações entre os pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis escolhidos para análise. Esse suporte estatístico pode contribuir para o resumo e a simplificação de informações que ajudem auditores a interpretar resultados e identificar “não conformidade”;
- c) Interpretar e analisar resultados, identificar e classificar ordem de participação de variáveis na correlação com qualidade de viagem;
- d) Identificar características de variáveis que descrevem o estado de componentes de segmentos de rodovias e sua conformidade para fornecer, direta ou indiretamente, conforto e segurança em viagens.

6.1.1 Correlações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis

O conjunto de dados, adotado por PADULA (1999), FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000) e PALMA (2000), resumidos nas Tabela 13 até Tabela 17 e Anexo I descrevem características físicas de variáveis observadas nos segmentos estudados, que somados a dados levantados sobre variáveis que descrevem defeitos de superfície de pavimentos (Tabela 11 e Tabela 12), foram o suporte para auditoria sobre qualidade de viagem – convém comentar que o grupo de indivíduos que forneceu dados para a auditoria são também auditores, ou seja, avaliadores que atribuem notas à qualidade de viagem, também participam do grupo de auditores.

Durante a análise sobre o conjunto de dados pode-se testar hipóteses sobre existência e classificação de correlações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre um grupo de variáveis e a descrição da qualidade de viagem para identificar relações entre variáveis que descrevem componentes de rodovias e “não conformidade” ao fornecer, direta ou indiretamente, conforto e segurança a motoristas e passageiros.

Para testar e analisar hipóteses sobre existência e classificação de correlações canônicas entre pares de notas e medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis usaram-se parâmetros estimados em processamento de dados com suporte do programa para computador STATISTICA 99 (MATHSOFT, 1999). Testes de hipótese para controle de resultados de análise canônica podem fornecer o suporte a auditorias sobre qualidade de viagem no estudo de caso.

O número de amostras (37 segmentos de rodovias) limitou em trinta e cinco o número de variáveis a serem estudadas a cada vez. Ou seja, a soma entre o número de variáveis do grupo que descreve qualidade de viagem e o número de variáveis do grupo que descreve características físicas dos segmentos não pode ser maior que trinta e sete menos dois (trinta e cinco). Isso provoca a necessidade de se adotar um processo para manuseio das variáveis sob observação – o que se descreve a seguir:

- a) Foram escolhidas para teste seis hipóteses sobre existência e classificação de correlações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis e qualidade de viagem;
- b) E, como é hábito (HARRIS et al, 1998), nos estudos sobre correlação canônica, os testes de hipóteses foram realizados somente sobre parâmetros da primeira raiz canônica (Tabela 19);
- c) As tentativas de processamento de dados que antecederam a escolha de variáveis esbarram-se em restrições provenientes dos limites matemáticos do manuseio do volume de variáveis (35). A resposta obtida era “matrizes mal condicionadas”, ou seja, condições de contorno ruins ao processamento de dados. Foi a tentativa e o erro quem forneceram a capacidade de escolhermos características de variáveis e qualidade de viagem a processar (Tabela 18);
- d) O produto de nossas tentativas poderia não levar a erros, mas impor “vícios de pesquisadores” – isso levou-nos a optar pela aleatoriedade obtida pelo sorteio entre os conjuntos de notas fornecidas por avaliadores à qualidade de viagem (resultados na primeira coluna da Tabela 18);
- e) Porém, adotar uma só parcela das notas poderia não expressar todo o conjunto de notas fornecidas. Optamos por incluir a média das notas e o índice de classificação de escalas para expressar qualidade de viagens conforme PADULA (1999) - índice de classificação “LIKERT”.

Testaram-se hipóteses sobre existência e classificação de correlações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos analisados e grupo de variáveis que descrevem qualidade de viagem. As variáveis contidas em cada uma das seis hipóteses testadas são relatadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Grupos de variáveis e hipóteses de existência e classificação de correlação canônica

Descrição de qualidade de viagem nos segmentos	Descrição de características físicas dos segmentos
Notas atribuídas pelos avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 31 e 32, média das notas, e índice de classificação "LIKERT"	Estado de equipamentos para drenar: acúmulo de água, obstáculos, presença de erosão, saídas, presença de vegetação, declividade, existência de equipamento, estado de conservação, revestimento, limpeza de equipamento, capacidade de vazão
Notas atribuídas pelos avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31 e 32, média das notas, e índice de classificação "LIKERT"	Drenagem: declividade transversal da lateral à esquerda, declividade transversal do acostamento à esquerda, declividade transversal da faixa para tráfego à esquerda, declividade transversal da faixa para tráfego à direita, declividade transversal do acostamento à direita, declividade transversal da lateral à direita, "c" médio à esquerda, "c" médio à direita, vazão solicitante à esquerda, vazão solicitante à direita
Notas atribuídas pelos avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31 e 32, média das notas, e índice de classificação "LIKERT"	Canais para drenar: "n" de Manning no canal à esquerda, capacidade de vazão no canal à esquerda, energia de fluxo no canal à esquerda, número de Froude no canal à esquerda, "n" de Manning no canal à direita, capacidade de vazão no canal à direita, energia de fluxo no canal à direita, número de Froude no canal à direita
Notas atribuídas pelos avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31 e 32, média das notas, e índice de classificação "LIKERT"	Geometria dos segmentos: largura da lateral à esquerda, largura do acostamento à esquerda, largura da faixa para tráfego à direita, largura do acostamento à direita, largura da lateral à direita, declividade longitudinal, grau de curvatura médio, máximo grau de curvatura, curvatura média, máxima curvatura
Notas atribuídas pelos avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 31 e 32, média das notas, e índice de classificação "LIKERT"	Defeitos de superfície do pavimento: degrau entre faixa para tráfego e acostamento, afundamento de trilha de roda, existência de remendos, buraco, exsudação, desgaste, corrugação, trincas longitudinais e transversais, trinca por fadiga, trinca em blocos, trinca de bordo
Notas atribuídas pelos avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 17, 19, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31 e 32, média das notas, e índice de classificação "LIKERT"	Dois variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores: existência de equipamentos para drenar, capacidade de equipamentos para drenar, declividade transversal do acostamento à direita, largura do acostamento à esquerda, largura do acostamento à direita, vazão solicitante à direita, número de Froude no canal à esquerda, "n" de Manning no canal à direita, curvatura média, existência de remendos, degrau entre faixa para tráfego e acostamento

A Tabela 19 resume os testes de hipóteses sobre existência e classificação de correlação canônica entre os pares de grupos de variáveis relatados na Tabela 18.

Tabela 19 – Existência e classificação de correlações canônicas ao grupo de variáveis que descreve qualidade de viagem

Grupo de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos	Existência de correlação canônica	Teste de hipótese: critério adotado para verificar a significância de componentes canônicos, segundo HARRIS (1975), com χ^2 obtido na tabela A3, à página 297
Estado de equipamentos para drenar: acúmulo de água, obstáculos, presença de erosão, saídas, presença de vegetação, declividade, existência de equipamento, estado de conservação, revestimento, limpeza de equipamento, capacidade de equipamentos para drenar	$r_{\text{canônico}} = 0,989 > 0,30$, logo existe a correlação canônica com as variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Número de graus de liberdade= 264 $\chi^2_{\text{estimado}} = 307,99 > \chi^2(264; 0,99) = 283,00$ Com probabilidade de não ocorrer $p = 0,033$. Ou seja, deve-se aceitar a hipótese de que o primeiro par canônico é significativo para explicar relações entre os conjuntos de variáveis analisados
Drenagem: declividade transversal da lateral à esquerda, declividade transversal do acostamento à esquerda, declividade transversal da faixa para tráfego à esquerda, declividade transversal da faixa para tráfego à direita, declividade transversal do acostamento à direita, declividade transversal da lateral à direita, "c" médio à esquerda, "c" médio à direita, vazão solicitante à esquerda, vazão solicitante à direita	$r_{\text{canônico}} = 0,996 > 0,30$, logo existe a correlação canônica com as variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Número de graus de liberdade= 250 $\chi^2_{\text{estimado}} = 353,94 > \chi^2(250; 0,99) = 305,00$ Com probabilidade de não ocorrer $p = 0,00002$ Ou seja, deve-se aceitar a hipótese de que o primeiro par canônico é significativo para explicar relações entre os conjuntos de variáveis analisados
Canais para drenar: "n" de Manning no canal à esquerda, capacidade de vazão no canal à esquerda, energia de fluxo no canal à esquerda, número de Froude no canal à esquerda, "n" de Manning no canal à direita, capacidade de vazão no canal à direita, energia de fluxo no canal à esquerda, número de Froude no canal à direita	$r_{\text{canônico}} = 0,984 > 0,30$, logo existe a correlação canônica com as variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Número de graus de liberdade= 200 $\chi^2_{\text{estimado}} = 228,90 > \chi^2(200; 0,95) = 226,99$ Com probabilidade de não ocorrer $p = 0,049$. Ou seja, deve-se aceitar a hipótese de que o primeiro par canônico é significativo para explicar relações entre os conjuntos de variáveis analisados
Geometria dos segmentos: largura da lateral à esquerda, largura do acostamento à esquerda, largura da faixa para tráfego à direita, largura do acostamento à direita, largura da lateral à direita, declividade longitudinal, grau de curvatura médio, máximo grau de curvatura, curvatura média, máxima curvatura	$r_{\text{canônico}} = 0,998 > 0,30$, logo existe a correlação canônica com as variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Número de graus de liberdade= 250 $\chi^2_{\text{estimado}} = 362,42 > \chi^2(250; 0,99) = 305,00$ Com probabilidade de não ocorrer $p = 0,000$. Ou seja, deve-se aceitar a hipótese de que o primeiro par canônico é significativo para explicar relações entre os conjuntos de variáveis analisados
Defeitos de superfície do pavimento: degrau entre faixa para tráfego e acostamento, afundamento de trilha de roda, existência de remendos, buraco, exsudação, desgaste, corrugação, trincas longitudinais e transversais, trinca por fadiga, trinca em blocos, trinca de bordo	$r_{\text{canônico}} = 0,997 > 0,30$, logo existe a correlação canônica com as variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Número de graus de liberdade= 264 $\chi^2_{\text{estimado}} = 329,19 > \chi^2(264; 0,99) = 283,00$ Com probabilidade de não ocorrer $p = 0,045$. Ou seja, deve-se aceitar a hipótese de que o primeiro par canônico é significativo para explicar relações entre os conjuntos de variáveis analisados
Dois variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores: existência de equipamentos para drenar, capacidade de equipamentos para drenar, declividade transversal do acostamento à direita, largura do acostamento à esquerda, largura do acostamento à direita, vazão solicitante à direita, número de Froude no canal à esquerda, "n" de Manning no canal à direita, curvatura média, existência de remendos, degrau entre faixa para tráfego e acostamento	$r_{\text{canônico}} = 0,997 > 0,30$, logo existe a correlação canônica com as variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Número de graus de liberdade= 264 $\chi^2_{\text{estimado}} = 396,24 > \chi^2(264; 0,99) = 283,00$ Com probabilidade de não ocorrer $p = 0,000$. Ou seja, deve-se aceitar a hipótese de que o primeiro par canônico é significativo para explicar relações entre os conjuntos de variáveis analisados

A Tabela 20 resume os valores estimados para variância extraída e redundância em cada uma das hipóteses testadas sobre existência e classificação de correlação canônica.

Tabela 20 – Variâncias extraídas e redundâncias

Grupo de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos		Grupo de variáveis que descrevem qualidade de viagem	Grupo de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos
Estado de equipamentos para drenar: acúmulo de água, obstáculos, presença de erosão, saídas, presença de vegetação, declividade, existência de equipamento, estado de conservação, revestimento, limpeza de equipamento, capacidade	Número de variáveis	24,000	11,000
	Variância extraída	72,0517%	100,000%
	Redundância	57,1204%	65,3504%
Drenagem: declividade transversal da lateral à esquerda, declividade transversal do acostamento à esquerda, declividade transversal da faixa para tráfego à esquerda, declividade transversal da faixa para tráfego à direita, declividade transversal do acostamento à direita, declividade transversal da lateral à direita, "c" médio à esquerda, "c" médio à direita, vazão solicitante à esquerda, vazão solicitante à direita	Número de variáveis	25,000	10,000
	Variância extraída	70,1679%	100,000%
	Redundância	63,0068%	75,2676%
Canais para drenar: "n" de Manning no canal à esquerda, capacidade de vazão no canal à esquerda, energia de fluxo no canal à esquerda, número de Froude no canal à esquerda, "n" de Manning no canal à direita, capacidade de vazão no canal à direita, energia de fluxo no canal à esquerda, número de Froude no canal à direita	Número de variáveis	25,000	8,000
	Variância extraída	53,3738%	100,000%
	Redundância	34,5235%	67,3628%
Geometria dos segmentos: largura da lateral à esquerda, largura do acostamento à esquerda, largura da faixa para tráfego à direita, largura do acostamento à direita, largura da lateral à direita, declividade longitudinal, grau de curvatura médio, máximo grau de curvatura, curvatura média, máxima curvatura	Número de variáveis	25,000	10,000
	Variância extraída	76,4574%	100,000%
	Redundância	55,8485%	78,2908%
Defeitos de superfície do pavimento: degrau entre faixa para tráfego e acostamento, afundamento de trilha de roda, existência de remendos, buraco, exsudação, desgaste, corrugação, trincas longitudinais e transversais, trinca por fadiga, trinca em blocos, trinca de bordo	Número de variáveis	24,000	11,000
	Variância extraída	77,4790%	100,000%
	Redundância	66,6694%	65,0092%
Dois variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores: existência de equipamentos para drenar, capacidade de equipamentos para drenar, declividade transversal do acostamento à direita, largura do acostamento à esquerda, largura do acostamento à direita, vazão solicitante à direita, número de Froude no canal à esquerda, "n" de Manning no canal à direita, curvatura média, existência de remendos, degrau entre faixa para tráfego e acostamento	Número de variáveis	24,000	11,000
	Variância extraída	79,4644%	100,000%
	Redundância	68,9520%	75,6673%

Assim, pode-se sugerir (Tabela 20): os índices de redundância indicam que uma explicação mínima de 34% (e máxima de 68%) para as variáveis que descrevem qualidade de viagem são redundantes às variâncias que descrevem características físicas dos segmentos.

Ou seja, as sensações de conforto e segurança que exprimiriam a qualidade do uso da rodovia pelos motoristas e passageiros (no conjunto) coincidiriam no espaço das relações entre os dois grupos de variáveis observados – convém frisar, que um deles expressa a qualidade de viagens por notas emitidas pelos avaliadores.

Também, podemos sugerir (Tabela 20): os índices de redundância indicam que uma explicação mínima de 65% (e máxima de 78%) para as variáveis que descrevem características físicas dos segmentos são redundantes às variâncias que descrevem qualidade de viagem.

Ou seja, as medidas ou contagens sobre características físicas de variáveis que exprimiriam a qualidade do uso da rodovia pelos motoristas e passageiros (no conjunto) coincidiriam com as variáveis que exprimem a qualidade de viagem no espaço das relações entre os dois grupos de variáveis observados – convém frisar que a descrição de variáveis físicas dos segmentos observados é uma expressão do estado e consequência de especificações sobre a rodovia.

A Tabela 21 resume a ordenação de coeficientes e fatores da estrutura canônicos para as variáveis sobre classificação de estado de equipamentos para drenar em relação às variáveis que descrevem qualidade de viagem nos segmentos observados.

Tabela 21 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem estado de equipamentos para drenar com variáveis que descrevem qualidade de viagem

Variáveis	Coefficiente canônico	Fatores de estrutura
Existência de equipamentos para drenar	0,419529	0,632316
Capacidade de equipamentos para drenar	0,701822	0,558855
Saídas de equipamentos para drenar	0,071452	0,534174
Declividade de equipamentos para drenar	0,218781	0,518956
Revestimento de equipamentos para drenar	-0,101455	0,483017
Presença de erosão	0,370159	0,377470
Acúmulo de água	0,048395	0,169265
Estado de conservação dos equipamentos para drenar	-0,585136	-0,150006
Obstáculos	-0,244056	-0,138730
Limpeza de equipamentos para drenar	0,048240	-0,133607
Presença de vegetação nos equipamentos para drenar	-0,217579	0,107063

= coeficientes e fatores significativos (maiores que 0,3)

Analisando os resultados expostos na Tabela 21 pode-se concluir que dentre as características que descrevem estado de equipamentos para drenar há seis variáveis com fator de estrutura significativo para explicar as relações a qualidade de viagem. E, a observação dos coeficientes canônicos sugere mais uma variável a essa lista – “estado de conservação dos equipamentos para drenar”.

A Tabela 22 resume a ordenação de coeficientes e fatores da estrutura canônicos para as variáveis que descrevem a drenagem (declividade, coeficiente de escoamento e vazão solicitante) em relação às variáveis que descrevem qualidade de viagem nos segmentos observados.

Tabela 22– Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem a drenagem com variáveis que descrevem qualidade de viagem

Variáveis	Coefficiente canônico	Fatores de estrutura
Declividade transversal do acostamento à direita	-0,31117	-0,443506
Vazão solicitante à direita	0,03359	0,415757
Declividade transversal do acostamento à esquerda	-0,27374	-0,383998
Declividade transversal da lateral à direita	-0,14693	-0,350435
Vazão solicitante à esquerda	0,18195	0,324208
Declividade transversal da lateral à esquerda	-0,11174	-0,268220
Declividade transversal da faixa para tráfego à direita	-0,13047	-0,222915
“c” médio à direita	0,15974	0,071797
Declividade transversal da faixa para tráfego à esquerda	-0,38393	-0,056293
“c” médio à esquerda	-0,53208	0,012814

= coeficientes e fatores significativos (maiores que 0,3)

Analisando os resultados expostos na Tabela 22 pode-se concluir que dentre as variáveis que descrevem a drenagem há cinco variáveis com fator de estrutura significativo para explicar as relações a qualidade de viagem. E, a observação dos coeficientes canônicos sugere mais duas variáveis a lista.

A Tabela 23 resume a ordenação de coeficientes e fatores da estrutura canônicos para as variáveis que descrevem características dos canais para drenar que incluem coeficientes de rugosidade “*n*”, energias, números de *Froude* e capacidades de vazão em relação às variáveis que descrevem qualidade de viagem nos segmentos observados.

Tabela 23 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem características dos canais para drenar com variáveis que descrevem qualidade de viagem

Variáveis	Coefficiente canônico	Fatores de estrutura
“n” de Manning no canal à direita	0,56874	0,583373
Número de <i>Froude</i> no canal à esquerda	0,65517	0,447071
Número de <i>Froude</i> no canal à direita	0,02910	0,318613
Energia de fluxo no canal à direita	0,83621	0,261870
Capacidade de vazão no canal à direita	-0,44556	0,228381
“n” de Manning no canal à esquerda	-0,09576	-0,152349
Energia de fluxo no canal à esquerda	-0,68238	-0,137543
Capacidade de vazão no canal à esquerda	0,16293	-0,055170

= coeficientes e fatores significativos (maiores que 0,3)

Analizando os resultados expostos na Tabela 23 pode-se concluir que dentre as variáveis que descrevem características dos canais para drenar há três variáveis com fator de estrutura significativo para explicar as relações a qualidade de viagem. E, a observação dos coeficientes canônicos sugere mais três variáveis a essa lista.

A Tabela 24 resume a ordenação de coeficientes e fatores da estrutura canônicos para as variáveis que descrevem a geometria dos segmentos que incluem larguras transversais, declividades longitudinais e curvaturas horizontais em relação às variáveis que descrevem qualidade de viagem nos segmentos observados.

Tabela 24 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem a geometria com variáveis que descrevem qualidade de viagem

Variáveis	Coeficiente canônico	Fatores de estrutura
Curvatura média	0,316742	0,544295
Largura do acostamento à direita	-0,564170	-0,476695
Largura da faixa para tráfego à direita	-0,224851	-0,434112
Grau curvatura máximo	-0,794080	0,400100
Largura do acostamento à esquerda	-0,048844	-0,357136
Declividade longitudinal	-0,457027	-0,214120
Máxima curvatura	0,341570	0,203908
Largura da lateral à esquerda	-0,039647	-0,160055
Largura da lateral à direita	0,552763	0,110279
Máximo grau de curvatura	-0,220490	0,080679

= coeficientes e fatores significativos (maiores que 0,3)

Analizando os resultados expostos na Tabela 24 pode-se concluir que dentre as variáveis que descrevem a geometria há cinco variáveis com fator de estrutura significativo para explicar as relações a qualidade de viagem. E, a observação dos coeficientes canônicos sugere mais três variáveis a essa lista.

A Tabela 25 resume a ordenação de coeficientes e fatores da estrutura canônicos para as variáveis que descrevem defeitos de superfície do pavimento em relação às variáveis que descrevem qualidade de viagem nos segmentos observados.

Tabela 25 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de variáveis que descrevem defeitos na superfície do pavimento com variáveis que descrevem qualidade de viagem

Variáveis	Coeficiente canônico	Fatores de estrutura
Degrau entre faixa para tráfego e acostamento	0,783528	0,656039
Existência de remendos	-0,327701	-0,515767
Desgaste	-0,252748	-0,415462
Trinca por fadiga	-0,352277	-0,299212
Trinca de bordo	-0,161532	-0,250571
Trinca longitudinal e transversal	0,295304	0,207524
Buraco	0,075408	-0,190063
Corrugação	-0,132768	-0,118324
Trinca em blocos	0,041675	0,038650
Afundamento de trilha de roda	0,006110	0,033615
Exsudação	0,095542	0,016688

= coeficientes e fatores significativos (maiores que 0,3)

Analisando os resultados expostos na Tabela 25 pode-se concluir que dentre as variáveis que descrevem defeitos de superfície do pavimento há três variáveis com fator de estrutura significativo para explicar as relações a qualidade de viagem. E, a observação dos coeficientes canônicos sugere mais uma variável a essa lista – as trincas por fadiga.

A Tabela 26 resume a ordenação de coeficientes e fatores da estrutura canônicos para duas variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores em relação às variáveis que descrevem qualidade de viagem nos segmentos observados.

Tabela 26 – Participação nas variáveis canônicas (ou nas relações) de duas variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores com a qualidade de viagem

Variáveis	Coefficiente canônico	Fatores de estrutura
Largura do acostamento à direita	-0,394600	-0,682270
Vazão solicitante à direita	0,465749	0,459615
Capacidade de equipamentos para drenar	0,549650	0,422114
Declividade transversal do acostamento à esquerda	-0,349129	-0,277992
"n" de Manning no canal à direita	0,099099	0,268642
Degrau entre faixa para tráfego e acostamento	-0,333291	-0,237746
Existência de equipamento para drenar	-0,454707	0,159802
Largura do acostamento à direita	0,219513	0,154085
Curvatura média	0,316537	0,135127
Número de Froude no canal à esquerda	0,295618	0,123342
Existência de remendos	0,592784	0,069815

= coeficientes e fatores significativos (maiores que 0,3)

Analisando os resultados expostos na Tabela 26 pode-se concluir que dentre o grupo das duas variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores há três variáveis com fator de estrutura significativo, e os coeficientes canônicos nos sugerem mais cinco variáveis para explicar as relações entre as descrições de estado de variáveis físicas sobre a rodovia e a qualidade de viagem.

A Tabela 27 resume o conjunto de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos observados com as quais as variáveis que descrevem a qualidade de viagem têm dependência significativa.

Tabela 27 – Variáveis com as quais a qualidade de viagem tem dependência significativa

Variáveis que descrevem a qualidade de viagem	Conjunto de características físicas	Variáveis que poderiam explicar a qualidade de viagem, sugeridas por estudos sobre os coeficientes canônicos	Variáveis que explicam a qualidade de viagem, sugeridas por estudos sobre os fatores de estrutura
Notas atribuídas por avaliadores, média das notas e “índice de classificação (LIKERT)”	Estado de equipamentos para drenar	existência, capacidade de vazão, presença de erosão, e estado de conservação de equipamentos para drenar	existência, capacidade de vazão, saídas, declividade, presença de erosão, e revestimento de equipamentos para drenar
	Drenagem	declividade transversal do acostamento à direita, declividade transversal da faixa para tráfego à esquerda, e “c” médio à esquerda	declividade transversal do acostamento à direita, vazão solicitante à direita, declividade transversal do acostamento à esquerda, declividade transversal da lateral à direita, e vazão solicitante à esquerda
	Canais para drenar	coeficiente de rugosidade “n” de Manning no canal à direita, número de Froude do canal à esquerda, energia do canal à direita, capacidade do canal à direita, e energia do canal à esquerda	coeficiente de rugosidade “n” de Manning no canal à direita, número de Froude do canal à esquerda, e número de Froude do canal à direita
	Geometria	curvatura horizontal média, largura do acostamento à direita, grau de curvatura máximo, declividade longitudinal, máxima curvatura, e largura da lateral à direita	curvatura horizontal média, largura do acostamento à direita, largura da faixa para tráfego à direita, grau de curvatura máximo, e largura do acostamento à esquerda
	Defeitos de superfície do pavimento	degrau entre faixa para tráfego e acostamento, existência de remendos, e trinca por fadiga	degrau entre faixa para tráfego e acostamento, existência de remendos, e desgaste
	Duas variáveis mais significativas em cada um dos testes anteriores	largura do acostamento à direita, vazão solicitante à direita, capacidade dos equipamentos para drenar, declividade transversal do acostamento à esquerda, degrau entre faixa para tráfego e acostamento, existência de equipamento para drenar, curvatura média, e existência de remendos	largura do acostamento à direita, vazão solicitante à direita, e capacidade dos equipamentos para drenar

6.2 Conclusões parciais

Adotando os dados listados na Tabela 27, um “auditor sobre qualidade de viagens por rodovias” poderia sugerir que as variáveis ali listadas são quem deveriam participar prioritariamente dos processos de estudos e análises que poderiam orientar a melhoria de especificações para provocar um mais bem estruturado processo para intervenções sobre a via analisada.

O relatório do auditor poderia fornecer as informações obtidas pelo processamento de dados e aplicação da análise canônica, mas as recomendações apenas indicariam:

- a) O conjunto de variáveis que descrevem características físicas da rodovia “Tabela 27” pode ser uma fonte de preocupações sobre a conformidade entre as variáveis que descrevem a qualidade de viagens;
- b) Admitindo a hipótese de que no processo para construção foram adotadas especificações para orientar as obras, tais documentos deveriam ser analisados para identificar aperfeiçoamentos técnicos cujas conseqüências poderiam ser benéficas ao serviço prestado pela via;
- c) O critério de medida sobre qualidade de viagem através de notas atribuídas por avaliadores contribui para identificar relações entre características físicas da via e as sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros;
- d) Análises técnicas sobre esse produto de auditoria sobre qualidade de viagem podem fornecer sugestões de tópicos sobre especificações de componentes de rodovias que poderiam ser usados para verificar conformidade de documentos usados como “guias” de ações para construir ou intervir na via.

Orientariam itens e métodos que deveriam ser mais bem delineados em especificações para que sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros sejam satisfeitas e equipamentos de rodovias sejam protegidos.

Também, um auditor poderia fazer constar de seu relatório a ordenação das redundâncias obtidas por análise de correlação canônica. Retirada a parcela correspondente ao grupo de variáveis formado por “duas variáveis mais significativas em cada um dos testes”, a Tabela 28 relataria a ordenação das redundâncias obtidas, em ordem decrescente de valores para o grupo de variáveis que descrevem as características físicas dos segmentos observados.

Tabela 28 – Ordenação de redundâncias

Grupo de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos	Grupo de variáveis que descrevem qualidade de viagem	Grupo de variáveis que descrevem características físicas dos segmentos
Geometria dos segmentos:	55,8485%	78,2908%
Drenagem:	63,0068%	75,2676%
Canais para drenar:	34,5235%	67,3628%
Estado de equipamentos para drenar:	57,1204%	65,3504%
Defeitos de superfície do pavimento:	66,6694%	65,0092%

Observando o exposto na Tabela 28 pode-se concluir que o grupo de variáveis (dentre os aqui estudados) que mais determina as sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros é a “geometria de segmentos”. Posteriormente, e antes dos “defeitos de superfície do pavimento” estão grupos de variáveis que incluem características do controle de fluxo de água na via.

Também, os “fatores de estrutura” poderiam constar ordenados em relatório de auditoria. A Tabela 29 resume características de variáveis cujos fatores de estrutura foram estimados maiores que 0,30, ou seja significativos.

Tabela 29 – Ordenação de fatores de estrutura

Variáveis	Fatores de estrutura
Largura do acostamento à direita	-0,682270
Degrau entre faixa para tráfego e acostamento	0,656039
Existência de equipamentos para drenar	0,632316
“n” de <i>Manning</i> no canal à direita	0,583373
Capacidade de equipamentos para drenar	0,558855
Curvatura média	0,544295
Saídas de equipamentos para drenar	0,534174
Declividade de equipamentos para drenar	0,518956
Existência de remendo	-0,515767
Revestimento de equipamentos para drenar	0,483017
Vazão solicitante à direita	0,459615
Número de <i>Froude</i> no canal à esquerda	0,447071
Declividade transversal do acostamento à direita	-0,443506
Largura da faixa para tráfego à direita	-0,434112
Desgaste da superfície do pavimento	-0,415462
Grau curvatura máximo	0,400100
Declividade transversal do acostamento à esquerda	-0,383998
Presença de erosão	0,377470
Largura do acostamento à esquerda	-0,357136
Declividade transversal da lateral à direita	-0,350435
Vazão solicitante à esquerda	0,324208
Número de <i>Froude</i> no canal à direita	0,318613

Observando exposto na Tabela 29 poder-se-ia concluir que, para os segmentos estudados, a principal sugestão para melhoria de qualidade decorrente da observação dos segmentos desse estudo de caso é “alargar o acostamento direito da via” porque essa é a “medida” que mais participa das relações entre características físicas e qualidade de viagens.

Na seqüência de raciocínio:

- O “degrau entre acostamento e faixa para tráfego” seria a próxima sugestão de interferência;
- As três próximas variáveis se referem à drenagem;
- A sexta variável se refere aos raios de curva;
- Apenas na nona posição se encontram os “remendos na superfície do pavimento”.

Também, os “coeficientes canônicos” poderiam constar ordenados em relatório de auditoria. A Tabela 30 resume características de variáveis cujos coeficientes canônicos são maiores que 0,30, ou seja, significativos.

Tabela 30 – Ordenação de coeficientes canônicos

Variáveis	Coefficiente canônico
Energia de fluxo no canal à direita	0,83621
Grau curvatura máximo	-0,794080
Degrau entre faixa para tráfego e acostamento	0,783528
Capacidade de equipamentos para drenar	0,701822
Energia de fluxo no canal à esquerda	-0,68238
Número de <i>Froude</i> no canal à esquerda	0,65517
Existência de remendos	0,592784
Estado de conservação dos equipamentos para drenar	-0,585136
“n” de <i>Manning</i> no canal à direita	0,56874
Largura do acostamento à direita	-0,564170
Largura da lateral à direita	0,552763
“c” médio à esquerda	-0,53208
Vazão solicitante à direita	0,465749
Declividade longitudinal	-0,457027
Existência de equipamento para drenar	-0,454707
Capacidade de vazão no canal à direita	-0,44556
Declividade transversal da faixa para tráfego à esquerda	-0,38393
Presença de erosão	0,370159
Trinca por fadiga	-0,352277
Declividade transversal do acostamento à esquerda	-0,349129
Máxima curvatura	0,341570
Curvatura média	0,316742
Declividade transversal do acostamento à direita	-0,31117

Observando o exposto na Tabela 30:

- A primeira, e da terceira à sexta, são variáveis que participam das relações com a qualidade de viagens referentes à drenagem;
- A segunda, refere-se a raios de curvas na via;
- Os remendos da superfície são a sétima variável na ordem de participação nas relações com a qualidade de viagens.

7 Conclusões e sugestões

7.1 Conclusões

O uso de conceitos sobre auditoria de qualidade de viagem, análise de correlação canônica, notas atribuídas por avaliadores e dados sobre variáveis que descrevem características físicas de segmentos de rodovias se mostraram eficientes para contribuir na busca por identificar “caminhos” para satisfazer sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros.

O conhecimento de opiniões de usuários sobre a qualidade de viagem, integrado ao conhecimento técnico através do auxílio da análise de correlação canônica é um procedimento que se mostrou eficiente para contribuir ao estudo da conformidade de componentes de rodovias.

A habilidade para orientar decisões a partir do produto de processamento de informações sobre qualidade de viagens e estado de componentes de vias cresce quando se usar o conjunto de métodos e processos aqui sugeridos. O fracasso ao usar essas informações pode dificultar o desenvolvimento tecnológico e aumentar o desperdício de recursos.

Mas, auditar a qualidade de viagens por rodovias pode sugerir listas de variáveis e esclarecer a prioridade de ações em processos de estudos e análises que poderiam orientar a melhoria de especificações para provocar um mais bem estruturado processo para intervenções sobre a via.

As ações de técnicos devem produzir intervenções físicas e operacionais eficazes e eficientes para o aprimoramento do nível para qualidade de viagens em rodovias, ou seja, compatíveis com as distribuições de opiniões sobre nível para qualidade de viagens que emitem os que usam as vias.

Clientes de rodovias devem ter o direito de expressar suas necessidades e expectativas sobre a viagem. E, expressões sobre necessidades e expectativas de clientes podem ser usadas por técnicos para que rodovias sejam construídas, mantidas e reabilitadas eficazmente.

O estudo de inter-relações entre pares de medidas ou contagens simultâneas sobre grupos de variáveis que descrevem o estado de componentes físicos da rodovia e qualidade de viagem fornece a oportunidade para orientar o estudo sobre a conformidade de componentes de vias às sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros.

Especificações sobre construção, manutenção ou reabilitação de componentes de rodovias são documentos que devem expressar estado de características físicas desejáveis sob o ponto de vista não somente técnico, mas também sob o ponto de vista de motoristas e passageiros. Para contribuir para o nível de qualidade de viagens, estes documentos devem conter itens, critérios e métodos que contribuam para a obtenção e busca contínua por rodovias cujas características físicas satisfaçam necessidades e expectativas de motoristas e passageiros.

A integração, entre notas emitidas por avaliadores sobre qualidade de viagem por segmentos de rodovias e dados sobre estado de características físicas de componentes de rodovias pode ser um produto de aplicação da análise de correlação canônica que orienta a identificação de participação de variáveis que descrevem as características físicas de rodovias na conformidade entre especificações para construção ou controle de componentes da via e suas conseqüências.

A “análise de correlação canônica” mostrou-se eficiente e eficaz ao fornecer informações para interpretação e conhecimento de inter-relações existentes entre estado de componentes físicos da via e sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros. Foi possível classificar “graus” de participação de características físicas da via no nível para qualidade de viagem.

A classificação de variáveis através da ordenação de índices de redundância produziu a informação de que a geometria da via e a drenagem são as principais sugestões de interferências na via para melhoria da qualidade de viagens. Defeitos na superfície de pavimentos podem não ser a interferência mais produtiva para melhoria de qualidade de viagens no caso estudado.

A classificação de variáveis obtida através da ordenação de coeficientes canônicos ou fatores de estrutura indicou que, no caso estudado, geometria da via e correção, ou manutenção de drenagem são as maiores determinantes da formação da opinião sobre qualidade de viagens.

7.2 Sugestões

O detalhamento e ampliação da discussão sobre uso de técnicas de estatística e técnicas para auditoria a estudos e análises sobre qualidade de viagens em rodovias é uma sugestão que sempre vai constar de todo e qualquer trabalho que discuta a qualidade de viagens.

Entretanto, a mais simples das sugestões é ampliar o número de segmentos observados com os procedimentos aqui expostos. Quanto maior o número de segmentos que forneçam os dados, maior volume de variáveis que se poderá processar simultaneamente. E, melhor classificação poder-se-á obter para orientar as intervenções nas especificações para construção, operação e manutenção de rodovias.

Acrescentar ao conjunto de variáveis adotado a irregularidade longitudinal do pavimento pode também contribuir para uma melhoria nas explicações sobre a formação de sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros. Entretanto, há a considerar que a obtenção de dados sobre essa variável exige o uso de equipamentos caros ou investimento em mão de obra que podem ser vultosos.

Também, para aplicações e busca de explicações específicas, a análise de correlação canônica pode ser útil para estudo entre relações de variáveis que definem o comportamento de componentes da via, por exemplo, características da drenagem e defeitos nos pavimentos, etc.

8 Bibliografia

- AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (1985). *“Proposed AASHTO guide for design of pavement structures”*. NCHRP Report 20-7/24. Washington.
- AASHO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS (1962). *“The AASHO Road Test. Report 5: pavement research”*. Special report 61E. Washington, D.C.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1970). *“NB-0 Guia para Elaboração e Apresentação de Normas Técnicas”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1990). *“NBR 6822 Elaboração de Normas Técnicas”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1995). *“Diretiva Parte 3”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993a). *“NBR ISO 9000-4 Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 4: Guia para gestão do programa de dependabilidade”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993b). *“NBR ISO 9004-2 Gestão da qualidade e elementos do “sistema da qualidade” –Diretrizes para serviços”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993c). *“NBR ISO 9004-4 Gestão da qualidade e elementos do “sistema da qualidade” – Diretrizes para melhoria da qualidade”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993d). *“NBR ISO 10011-1 Diretrizes para auditoria de sistemas da qualidade –Auditoria”*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993e). *“NBR ISO 10011-2 Diretrizes para auditoria de sistemas da qualidade –Critérios para qualificação de auditores de sistema da qualidade”*. Rio de Janeiro.

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993f). “*NBR ISO 10011-3 Diretrizes para auditoria de sistemas da qualidade –Gestão de programas de auditores*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993g). “*NBR ISO 10012-1 Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição –Sistema de comprovação metrológica de equipamento de medição*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994a). “*NBR ISO 8402 Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade – Terminologia*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994b). “*NBR ISO 9000-1 Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 1: Diretrizes para seleção e uso*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994c). “*NBR ISO 9000-2 Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 2: Diretrizes gerais para aplicação das NBR 9001, NBR 9002, NBR 9003*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994d). “*NBR ISO 9001 Sistemas da qualidade – Modelo de garantia da qualidade em projeto/desenvolvimento, produção, instalação, e assistência técnica*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994e). “*NBR ISO 9002 Sistemas da qualidade – Modelo de garantia da qualidade em produção e instalação*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994f). “*NBR ISO 9003 Sistemas da qualidade – Modelo de garantia da qualidade em inspeção e ensaios finais*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994g). “*NBR ISO 9004-1 Gestão da qualidade e elementos do “sistema da qualidade” – Diretrizes*”. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994h). “*NBR ISO 9004-3 Gestão da qualidade e elementos do “sistema da qualidade” –Diretrizes para materiais processados*”. Rio de Janeiro.
- AL-OMARI, B.; DARTER, M.I. (1994). “*Relationships between international roughness index and present serviceability rating*”. Transportation Research Record, n. 1435, p. 130-136.
- ANDERSON, T. W. (1958). “*Introduction to multivariate statistical analysis*”. J. Wiley.
- ASCE - JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT (1991). “*Improving Highway Specifications for Constructibility*”. By CONNOR, J.T.; HUGO, F.; MEMBERS, ASCE, and STAMM, E.M. Edição 117(2), pg. 242-258, Jun.

- BARROW, W. J. (1993). *"Does Total Quality Management Equal Organizational Learning?"*. America Society of Quality Control, Milwaukee – WI, v. 26 número 7.
- BOCKRATH, J.T. (1986). *"Dunham and Young's contracts, specifications, and law for engineers"*. 4th Ed., McGraw-Hill Publishing Co., New York, N.Y.
- CAREY, W.N. & IRICK, P. R. (1960). *"The pavement serviceability performance concept"*. Bulletin 250, Highway Research Board, Washington, DC.
- CAREY, W.N. & SHOOK, J.F. (1966). *"The Need for Change in Construction Control Procedures"*. *Proceedings, National Conference on Statistical Quality Control Methodology in Highway and Airfield Construction*. Charlottesville, VA.
- CHAMBERLIN, W. P. (1995). *"Performance-Related Specifications for Highway Construction and Rehabilitation"*. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- CHAMBERLIN, W. P. (1968). *"Report on Workshop Sessions for Portland Cement Concrete"*. *Proceedings, Statistical Quality Assurance Workshop, Federal Highway Administration*. Washington, D.C.
- CHASE, W. & BOWN, F. (1992). *"General Statistics"*. 2.ed. New York, John Wiley e Sons, Inc.
- "CONSTRUCTABILITY: A PRIMER" (1986). *Publication 3-1, Constr. Industry Inst., Univ. of Texas at Austin, Austin, Tex.*
- COOLEY, W. W.; ES, P. R. (1971). *"Multivariate data analysis"*. J. Wiley, New York.
- CSI - CONSTRUCTION SPECIFICATIONS INSTITUTE (1985). *"Manual of practice"*. Washington, D.C.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978a). DNER-TER 01/78. *"Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – terminologia"*. Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978b). DNER-PRO 07/78. *"Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos"*. Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978c). DNER-PRO 08/78. *"Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos"*. Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1983). DNER-ES 128/83. *"Levantamento da condição da superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos a nível de rede"*. Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1986). DNER-ES 173/86. *"Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta"*. Rio de Janeiro.

- FREITAS, R.R. (2000). *“Seção transversal de rodovias vicinais, qualidade de viagens e comportamento de pavimentos”*. São Carlos. 61p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FWA, T.F.; GAN, K.T. (1989). *“Bus-ride panel rating of pavement serviceability”*. *Journal of Transportation Engineering*, n. 115(2), p. 171-191.
- GEIPOT - EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE (2001). www.geipot.gov.br
- HAIR, J. F. Jr. et al (1998). *“Multivariate data analysis”*. Prentice-Hall. New Jersey.
- HAIR, J. F. Jr. et al (1979). *“Multivariate data analysis”*. Petroleum Publishing Company.
- HARRIS, R. J. (1975). *“A primer of multivariate analysis”*. Academic Press.
- HALSTEAD, W.J. (1993). NCHRP Synthesis 187: *“Rapid Test Methods for Asphalt concrete and Portland Cement Concrete”*. Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press. Washington, D.C.
- HASS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994). *“Modern Pavement Management”*. Malabar, Florida.
- HRB - HIGHWAY RESEARCH BOARD (1961). *“The Pavement Serviceability – Performance Concept”*. Special Report 61E, *“The AASHO Road Test”*, Report 5, Pavement Research. HIGHWAY RESEARCH BOARD.
- HUDSON, W.R. (1991). *“Are pavements built for the user?”* ASTM Standardization News. V. 19, n. 22, p. 42-51. Feb.
- HUGO, F. et al (1989). *“Highway Construct Ability Guide”*. Ctr. For Transp. Res., Univ. of Texas at Austin, Austin, Tex.
- ITC - INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/WTO (1996). *“Applying ISO 9000 Quality Management Systems”*. Geneva.
- JELLINGER, T. C. (1981). *“Construction Contract Documents and Specifications”*. Addison - Wesley, Reading, Mass.
- LIKERT, R. (1932). *“A technique for the measurement of attitudes”*. Arch. of Psych, n. 140.
- LUNDY, J. R. (2001). *“Acceptance Procedures For Dense-Graded Mixes”*. Oregon State University. Corvallis.
- MARQUES, C.S.A.. (1999) *“Normas NBR ISO 9000 e qualidade de pavimentos”*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.
- MELO, R.A. de (1998) *“Avaliadores, Notas e Qualidade de Pavimentos”*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos USP. São Carlos.

- MDOT - MICHIGAN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (2001). www.worldbank.org/html/fpd/transport/roads/rpl_docs/mdotcust.pdf
- MICROSOFT (1999). "EXCEL 2000". Programa para processamento de dados em computador.
- MITRULIS, L. M. (1990). "A Normalização e a ABNT".
- MORGAN, C.T. (1950). "Fundamental Statistics in Psychology and Education". McGraw-Hill Publications in Psychology, Second Edition, New York.
- NCHRP - NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (1997). "Highway Maintenance Quality Assurance". Washington, D.C. n. 8.
- NCHRP- NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (1976). "Synthesis 38: Statistically Oriented End-Result Specifications". Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press. Washington, D.C.
- NIELSEN, M. J., and NIELSEN, K. R. (1981). "Risks and liabilities of specifications". Reducing risk and liability through better specifications and inspection. ASCE, New York, N. Y., 4 – 21.
- OGLESBY, C.H.; HICKS, R.G. (1982). "Highway Engineering". New York.
- PADULA, Flávio Renato de Góes (1999). "Qualidade de pavimentos e auditoria". São Carlos, 1999, 73p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PALMA, Josiane (2000). "Da avaliação de equipamentos para drenar à qualidade de viagens por rodovias". São Carlos, 2000, 90p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SMITH, R. J. (1981). "Improving Interpretation of Specifications". Reducing Risk and Liability Through Better Specifications and Inspection. ASCE, New York, N. Y., 30- 43.
- STATISTICA, (1995). Statistica. StatSoft, volume III.
- TCRP - TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (1998). "A Handbook: Integrating Market Research into Transit Management". Washington, D.C.- report 37.
- TCRP - TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (1999). "A Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality". Washington, D.C.- report 47.
- TOFFLER, A. (1994). O choque do Futuro. Editora Record.
- TRB - TRANSPORTATION RESEARCH E-CIRCULAR (2000). "Urban Street Symposium Conference Proceedings". Washington, D.C. - n. E-C019.
- TRB - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (1991). "Innovative Contracting Practices". Washington, D.C. n. 386.

- TRR – *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD* (1997). “*Construction Flexible Pavements, Bridges, Quality, and Management*”. Washington. D.C. n. 1575.
- TRR – *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD* (1998a). “*Development of Quality Control/Quality Assurance Specifications by Using Statistical Quality Assurance for Asphalt Concrete Pavements in California*”. Washington. D.C. n. 1632.
- TRR – *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD* (1998b). “*End-Result Specifications for Warranted Asphalt Pavements*”. Washington. D.C. n. 1632.
- VASCONCELOS, R.E. (2000). “*Harmonia na geometria, seção transversal, perfil longitudinal e velocidades em rodovias*”. São Carlos. 66p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- VESSONI, F. (1998). “*Correlação Canônica*”. São Paulo, SP. Íntegra Tecnologia.
- WEED, R. M. (1998). “*A Rational Method for Relating As-Built Quality to Pavement Performance and Value*”. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- ZAGHLOUL, S. et al (1998). “*End-Result Specifications for Warranted Asphalt Pavements*”. Transportation Research Board, Washington, D.C.

ANEXO I – Dados relatados por FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000), e PALMA (2000)

I.1 Variáveis que descrevem a geometria dos segmentos

As Tabela AI 1 e Tabela AI 2 resumem resultados de classificação sobre tipo de componente e de medidas sobre comprimentos, flechas, estimativa de raios e declividades longitudinais nas amostras observadas. Convenção: no sentido Araraquara para Gavião Peixoto e Gavião Peixoto para Nova Europa, os declives têm sinal negativo e os aclives têm sinal positivo.

Tabela AI 1 – Tipo de componente da geometria e resultados de medida (parte 1)**[Fonte (VASCONCELOS, 2000)]**

Segmento	Tipo de componente	Comprimento (m)	Flecha (m)	Raio estimado (m)	Declividade longitudinal média (%)
11	Tangente	600			6,0
12	Curva à esquerda	200	0,40	250	7,0
	Tangente	400			
	Tangente	150			
13	Curva à direita	300	0,28	357	2,8
	Tangente	150			
14	Tangente	600			4,0
15	Tangente	600			-2,0
	Curva à direita	200	0,56	179	
16	Tangente	250			7,1
	Curva à esquerda	150	0,72	139	
17	Tangente	600			3,9
	Curva à esquerda	60	0,20	500	
18	Tangente	330			7,0
	Curva à direita	160	0,40	250	
	Tangente	50			
	Tangente	200			
19	Curva à esquerda	200	0,32	313	-6,0
	Tangente	200			
	Tangente	200			
20	Curva à direita	150	0,20	500	-4,0
	Tangente	250			
	Tangente	200			
21	Curva à esquerda	150	0,16	625	9,9
	Tangente	350			
	Curva à direita	150	0,43	233	
22	Tangente	50			6,0
	Curva à direita	500	0,08	1250	
23	Tangente	600			5,8
24	Curva à direita	300	0,36	278	6,7
	Curva à esquerda	300	0,44	227	
	Tangente	250			
25	Curva à direita	100	0,40	250	5,0
	Tangente	250			
	Tangente	100			
26	Curva à esquerda	150	0,52	192	-6,0
	Tangente	150			
	Curva à direita	100	0,48	208	
	Tangente	100			
	Tangente	50			
27	Curva à direita	100	0,52	192	5,0
	Tangente	100			

Tabela AI 2 – Tipo de componente da geometria e resultados de medida (parte 2)**[Fonte (VASCONCELOS, 2000)]**

Segmento	Tipo de componente	Comprimento (m)	Flecha (m)	Raio estimado (m)	Declividade longitudinal média (%)
27	Curva à direita	300	0,32	313	
	Tangente	50			
28	Curva à direita	60	2,53	42	1,5
	Tangente	540			
29	Tangente	50			
	Curva à direita	100	0,60	167	6,1
	Tangente	450			
30	Tangente	50			
	Curva à esquerda	100	0,60	167	
	tangente	250			-6,2
	Curva à direita	150	0,48	208	
	Tangente	50			
31	Tangente	50			
	Curva à esquerda	60	2,76	39	-7,9
	Tangente	490			
32	Tangente	50			
	Curva à direita	40	4,60	26	6,0
	Tangente	510			
33	Tangente	200			
	Curva à esquerda	250	0,40	250	3,2
	Tangente	200			
34	Tangente	200			
	Curva à esquerda	250	0,24	417	3,0
	Tangente	150			
35	Tangente	100			
	Curva à direita	400	0,20	500	2,1
	Tangente	100			
36	Tangente	100			
	Curva à esquerda	350	0,20	500	3,0
	Tangente	150			
37	Tangente	600			-2,5
38	Tangente	600			3,0
39	Tangente	600			-2,5
40	Tangente	600			3,5
41	Tangente	600			-5,5
42	Tangente	600			3,0
43	Tangente	600			1,0
44	Tangente	600			-2,0
45	Tangente	200			
	Curva à direita	200	0,20	500	2,5
	Tangente	200			
46	tangente	600			2,0
47	Tangente	50			
	Curva à esquerda	400	0,24	417	-2,2
	Tangente	150			

As Tabela AI 3 e Tabela AI 4 resumem dados estimados sobre curvaturas e graus de curvatura nas amostras observadas.

Tabela AI 3 – Curvaturas e graus de curvatura nas amostras observadas (parte 1)

[Fonte (VASCONCELOS, 2000)]

Segmento	Classificação	Grau de curvatura em curvas isoladas	Curvatura em curvas isoladas	Grau de curvatura médio	Maior grau de curvatura	Curva tura média	Maior curvatura
11	Tangente			0	0	0	0
12	Curva à esquerda Tangente	4,5837	0,0040	1,5278	4,5837	0,0013	0,0040
13	Tangente Curva à direita Tangente	3,2099	0,0028	1,6049	3,2099	0,0014	0,0028
14	Tangente			0	0	0	0
15	Tangente			0	0	0	0
16	Curva à direita Tangente Curva à esquerda	5,725 8,2440	0,0056 0,0072	4,1949	8,2440	0,0037	0,0072
17	Tangente			0	0	0	0
18	Curva à esquerda Tangente Curva à direita Tangente	2,6780 4,5837	0,0020 0,0040	1,4515	4,5837	0,0013	0,0040
19	Tangente Curva à esquerda Tangente	3,6610	0,0032	1,2203	3,6610	0,0011	0,0032
20	Tangente Curva à direita Tangente	2,2918	0,0020	0,5730	2,2918	0,0005	0,0020
21	Tangente Curva à esquerda Tangente	1,8335	0,0016	0,4583	1,8335	0,0004	0,0016
22	Curva à direita Tangente Curva à direita	4,9181 0,9167	0,0043 0,0008	1,8407	4,9181	0,0016	0,0043
23	Tangente			0	0	0	0
24	Curva à direita Curva à esquerda	3,8167 5,0481	0,0008 0,0044	4,5850	5,0481	0,0040	0,0044
25	Tangente Curva à direita Tangente	4,5837	0,0044	0,7639	4,5837	0,0007	0,0044
26	Tangente Curva à esquerda Tangente Curva à direita Tangente	5,9683 5,5092	0,0040 0,0052	2,4103	5,9683	0,0021	0,0052

Tabela AI 4 – Curvaturas e graus de curvatura nas amostras observadas (parte 2)**[Fonte (VASCONCELOS, 2000)]**

Segmento	Classificação	Grau de curvatura (isolados)	Curvatura em curvas isoladas	Grau de curvatura médio	Maior grau de curvatura	Curvatura média	Maior curvatura
27	Tangente						
	Curva à direita	5,9683	0,0048				
	Tangente			2,4103	5,9683	0,0025	0,052
	Curva à direita	3,8166	0,0052				
28	Tangente						
	Curva à direita	27,2838	0,0032	2,8252	27,2838	0,0024	0,0032
29	Tangente						
	Curva à direita	6,8618	0,0238	2,7283	6,8618	0,0010	0,0238
	Tangente						
30	Tangente						
	Curva à esquerda	6,8618	0,0060				
	tangente			1,1436	6,8618	0,0022	0,0060
	Curva à direita	5,5048	0,0048				
31	Tangente						
	Curva à esquerda	29,3826	0,0060	2,5209	29,3826	0,0026	0,0060
32	Tangente						
	Curva à direita	44,0739	0,0048	2,9382	44,0739	0,0026	0,0048
33	Tangente						
	Curva à esquerda	4,5837	0,0256	2,7135	4,5837	0,0017	0,0256
34	Tangente						
	Curva à esquerda	2,7480	0,0384	1,1450	2,7480	0,0010	0,0384
35	Tangente						
	Curva à direita	2,2918	0,0040	1,5279	2,2918	0,0013	0,0040
36	Tangente						
	Curva à esquerda	2,2918	0,0024	1,3369	2,2918	0,0012	0,0024
37	Tangente			0	0	0	0
38	Tangente			0	0	0	0
39	Tangente			0	0	0	0
40	Tangente			0	0	0	0
41	Tangente			0	0	0	0
42	Tangente			0	0	0	0
43	Tangente			0	0	0	0
44	Tangente			0	0	0	0
45	Tangente						
	Curva à direita	2,2918	0,0020	0,7639	2,2918	0,0007	0,0020
46	Tangente						
	tangente			0	0	0	0
47	Tangente						
	Curva à esquerda	2,7480	0,0020		2,7480	0,0016	0,0020
	Tangente						

As Tabela AI 5 e Tabela AI 6 resumem os resultados de medidas de declividades e larguras de elementos da seção transversal nas amostras observadas.

Tabela AI 5 – Médias de declividades nas amostras observadas
(convenção: sinal positivo, superfície acima do plano horizontal, partindo do eixo da via)
[Fonte (FREITAS, 2000)]

Segmento	Lateral à esquerda	Acostamento à esquerda	Faixa para tráfego à esquerda	Faixa para tráfego à direita	Acostamento à direita	Lateral à direita
11	12,144	-1,736	-1,700	-1,233	-4,792	9,465
12	10,555	-2,144	-3,230	1,829	3,234	6,849
13	-13,681	-5,000	1,875	-2,967	0	34,690
14	-2,185	0,613	-1,217	-1,000	4,276	9,634
15	17,658	0	-0,792	-0,967	-0,531	9,001
16	38,724	0	3,000	-4,316	-3,500	21,578
17	17,463	-4,525	-2,308	-2,000	0	36,000
18	27,424	-9,650	-5,332	4,750	-5,602	19,812
19	28,406	-6,500	3,946	-4,185	-4,095	6,770
20	16,000	-5,695	-0,733	-0,700	-4,916	35,270
21	27,050	-4,000	-2,058	1,208	-8,865	11,856
22	6,865	-3,500	0,067	-3,433	-7,000	18,198
23	17,674	2,774	-0,425	-0,500	2,027	16,131
24	27,424	-9,650	-5,332	4,750	-5,602	19,812
25	6,410	-1,100	2,808	-4,617	-2,611	18,332
26	6,565	2,658	-1,338	0,707	-4,472	6,480
27	5,102	3,082	1,169	-2,407	-0,697	22,407
28	0	0	0	-2,617	0	0
29	7,351	-4,529	3,095	-3,933	-4,242	27,725
30	1,200	-0,212	-1,455	-0,614	-5,679	42,000
31	4,701	-3,500	-2,142	1,825	-2,880	-4,410
32	-3,283	-3,828	0,758	-2,242	-3,259	0
33	0	-3,975	-3,550	1,117	-3,983	0
34	-12,140	-2,842	-3,442	0,425	-4,316	-5,500
35	5,000	-4,523	-0,217	-0,658	-4,500	-9,224
36	14,570	-4,081	-1,483	1,483	-4,232	-11,367
37	16,000	-5,747	-1,925	0,767	-6,691	-11,547
38	-24,679	-5,758	-0,692	-1,525	-6,978	-9,534
39	20,075	-5,711	-2,167	-1,850	-7,500	-4,490
40	4,811	-5,567	-1,750	-1,500	-4,708	19,858
41	44,327	-5,632	-1,700	-1,683	-5,905	19,000
42	-26,005	-6,650	-2,025	-1,550	-6,263	18,022
43	3,522	-5,033	-1,550	-1,183	-7,333	4,735
44	22,361	-6,033	-1,450	-2,617	-5,427	8,204
45	-12,850	-4,778	1,150	-2,600	-5,072	-9,043
46	7,387	-4,457	-2,875	1,500	-5,394	-1,333
47	-12,272	-4,951	-2,833	0,933	-6,293	-7,735

Tabela AI 6 – Médias de larguras nas amostras observadas (metros)
[Fonte (FREITAS, 2000)]

Segmento	Lateral à esquerda	Acostamento à esquerda	Faixa para tráfego à esquerda	Faixa para tráfego à direita	Acostamento à direita	Lateral à direita
11	3,627	1,342	3,000	3,000	1,762	2,982
12	8,423	0,965	3,000	3,000	1,953	5,377
13	4,170	0,567	3,000	3,000	0,000	5,235
14	3,340	1,860	3,500	3,500	1,263	4,100
15	5,172	0,000	3,500	3,500	1,965	4,750
16	3,683	0,000	3,000	3,000	0,433	4,300
17	4,000	2,000	3,000	3,000	0,000	1,167
18	3,650	1,260	3,000	3,000	0,772	2,275
19	2,873	0,450	3,000	3,000	1,705	2,615
20	0,967	1,967	3,000	3,000	1,533	2,967
21	2,663	0,510	3,000	3,000	1,272	3,585
22	2,467	0,600	3,000	3,000	0,600	3,227
23	4,187	1,973	3,000	3,000	1,912	3,395
24	3,627	0,960	3,500	3,500	0,880	3,380
25	3,268	1,667	3,500	3,500	1,410	4,298
26	0,460	1,600	3,500	3,500	1,817	0,625
27	1,758	1,260	3,117	3,117	1,560	3,037
28	0,000	0,000	3,500	3,500	0,000	0,000
29	4,717	1,900	3,500	3,500	1,918	4,148
30	3,983	1,957	3,000	3,000	2,067	1,950
31	2,242	1,830	3,000	3,000	1,962	2,925
32	1,697	1,397	3,500	3,500	1,627	0,000
33	0,000	1,870	3,500	3,500	2,000	0,000
34	2,150	1,817	3,500	3,500	1,858	0,850
35	1,150	1,545	3,500	3,500	0,690	4,058
36	3,590	1,730	3,500	3,500	1,903	3,500
37	4,381	1,910	3,500	3,500	2,110	1,810
38	8,833	2,000	3,400	3,400	1,972	19,333
39	3,317	1,965	3,400	3,400	1,967	18,633
40	3,842	2,000	3,400	3,400	2,000	17,267
41	7,533	1,913	3,400	3,400	1,903	9,767
42	3,142	1,938	3,400	3,400	1,867	9,033
43	4,467	2,000	3,500	3,500	2,000	5,167
44	3,748	2,000	3,500	3,500	2,000	3,192
45	5,857	1,957	3,500	3,500	1,903	4,600
46	9,250	1,958	3,500	3,500	1,883	9,500
47	10,800	1,907	3,500	3,500	1,913	5,400

I.2 Variáveis que descrevem a drenagem nos segmentos

A Tabela AI 7 contém um resumo sobre os critérios e intervalos para atribuição de notas a equipamentos para drenar adotados.

Tabela AI 7 - Critérios para atribuição de notas a estado de equipamentos para drenar
[Fonte: FREITAS (2000)]

Variável	Conceito		
	3	2	1
Existem equipamentos para drenar?	Sim	Parcial	Não
Estado de conservação de canais	Bom	Médio	Ruim
Revestimento de canais	Bom	Médio	Ruim
Limpeza de canais	Boa	Média	Ruim
Capacidade de vazão de canais	Adequada	Com restrição	Pequena
Acúmulo de água	Não	Pouco	Muito
Obstáculos	Nenhum	Poucos	Muitos
Presença de erosão	Nenhuma	Pouca	Muita
Saídas	Boas	Com restrição	Ruins
Presença de vegetação	Nenhuma	Pouca	Muita
Declividades	Adequadas	Com restrição	Ruins

Nos segmentos analisados, os equipamentos para drenar vias foram observados em campo por cinco técnicos, que não discutiram entre si os resultados. Adotou-se como classificação do estado dos equipamentos para drenar o conceito que mais ocorreu entre as informações fornecidas.

As Tabela AI 8 e Tabela AI 9 resumem a classificação de estado de equipamentos para drenar, obtidas aplicando-se os conceitos da Tabela AI 7.

Tabela AI 8 – Resumo de classificação de estado de equipamentos para drenar (parte 1)

[Fonte: FREITAS (2000)]

Segmento	Existem equipamentos para drenar?	Estado de conservação	Revestimento	Limpeza de equipamentos	Capacidade
11	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	2
13	2	1	1	1	3
14	3	2	3	1	3
15	1	1	1	1	2
16	3	1	1	1	3
17	1	3	1	3	3
18	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1
21	3	3	3	1	3
22	1	1	1	1	1
23	1	3	1	3	1
24	3	2	3	3	3
25	1	3	1	3	2
26	1	2	1	3	3
27	3	2	3	3	3
28	1	2	1	3	3
29	1	1	1	3	1
30	1	1	2	3	3
31	1	3	1	3	3
32	1	1	1	3	1
33	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1
35	1	2	1	2	1
36	1	2	2	3	3
37	1	2	1	2	2
38	1	1	1	1	3
39	3	3	3	2	3
40	1	3	1	2	3
41	1	2	1	3	3
42	1	3	1	3	3
43	1	3	1	3	3
44	1	1	1	1	1
45	1	3	1	3	3
46	1	3	1	3	3
47	1	3	1	2	3

Tabela AI 9 – Resumo de classificação de estado de equipamentos para drenar (parte 2)**[Fonte: FREITAS (2000)]**

Segmento	Acúmulo de água	Obstáculos	Presença de erosão	Saídas	Presença de vegetação	Declividades
11	3	3	2	2	1	1
12	3	3	3	1	3	2
13	3	3	2	2	2	2
14	3	3	3	3	3	2
15	1	3	1	2	1	2
16	1	1	1	3	1	3
17	3	3	3	3	3	3
18	1	1	3	1	3	3
19	1	1	3	1	3	3
20	3	3	1	2	1	2
21	3	3	3	3	3	3
22	3	3	3	2	1	3
23	3	3	3	1	3	3
24	3	3	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3	3
26	3	3	3	3	3	3
27	3	3	3	3	3	3
28	3	3	3	3	2	3
29	3	3	2	3	2	3
30	3	3	2	3	2	3
31	3	3	3	3	2	3
32	3	3	2	1	3	1
33	3	3	3	3	1	3
34	1	3	3	3	1	2
35	1	3	1	1	1	2
36	3	3	3	3	3	3
37	2	2	2	1	3	2
38	3	3	3	3	3	3
39	3	3	3	3	3	3
40	3	3	3	3	3	3
41	3	3	1	3	1	2
42	3	3	1	3	3	2
43	1	3	1	2	3	2
44	1	1	1	1	1	1
45	3	3	3	3	3	3
46	3	3	3	3	3	3
47	3	3	2	3	2	3

Os coeficientes de escoamento médios das áreas que contribuem para o escoamento transversal de água por toda seção da via, à esquerda ou à direita, são estimados por PALMA (2000). “Numa bacia com diversos tipos de superfície, o coeficiente de escoamento superficial é a média ponderada entre os diversos tipos de coeficientes que a compõem, tendo como pesos, as áreas em que cada um deles ocorre”. A Tabela AI 10 resume as estimativas obtidas.

Tabela AI 10 – Coeficientes de escoamento médios nos segmentos observados

[Fonte (PALMA, 2000)]

Segmento	“c” médio à esquerda	“c” médio à direita	Segmento	“c” médio à esquerda	“c” médio à direita
11	0,613	0,639	30	0,568	0,614
12	0,561	0,000	31	0,698	0,400
13	0,500	0,707	32	0,400	0,806
14	0,580	0,579	33	0,795	0,400
15	0,521	0,503	34	0,755	0,600
16	0,000	0,625	35	0,645	0,578
17	0,633	0,788	36	0,641	0,435
18	0,610	0,425	37	0,625	0,454
19	0,400	0,641	38	0,395	0,687
20	0,701	0,486	39	0,640	0,551
21	0,691	0,500	40	0,632	0,554
22	0,439	0,656	41	0,489	0,461
23	0,666	0,672	42	0,683	0,608
24	0,642	0,500	43	0,661	0,631
25	0,400	0,565	44	0,651	0,721
26	0,655	0,400	45	0,400	0,607
27	0,000	0,615	46	0,614	0,433
28	0,000	0,900	47	0,597	0,452
29	0,400	0,714			

PALMA (2000), estimou e adotou o período de retorno de chuva (T) em $T = 10$ anos; e, a duração da chuva, igual ao tempo de concentração de bacias teóricas e genéricas com as condições mínimas para estimativa de (t_c) em $t_c = 10$ minutos, valores adotados conforme a tradição entre os que projetam rodovias. Convém observar que o valor adotado para o período de retorno corresponde a obras onde há pequeno risco quando a capacidade de vazão for superada nas solicitações pela intensidade de chuva.

Assim, a *intensidade de chuva estimada* por PALMA (2000), foi:

$$i(mm/min) = \frac{12,92T^{0,188}}{(t+10)^{0,745}} = \frac{12,92(10)^{0,188}}{(10+10)^{0,745}} \cong 128mm/h$$

Com as informações sobre as áreas estimadas de contribuição à vazão na seção extrema dos canais longitudinais e coeficientes de escoamento médios nos segmentos observados, PALMA (2000) estimou *vazões solicitantes* de canais longitudinais. A Tabela AI 11 contém resumo das estimativas efetuadas.

Tabela AI 11 – Vazões solicitantes da seção extrema de canais longitudinais para drenar
[Fonte (PALMA, 2000)]

Segmento	Á esquerda (m³/s)	Á direita (m³/s)	Segmento	Á esquerda (m³/s)	Á direita (m³/s)
11	0,104	0,106	30	0,108	0,092
12	0,272	0,000	31	0,150	0,042
13	0,051	0,169	32	0,026	0,148
14	0,108	0,109	33	0,150	0,017
15	0,096	0,110	34	0,177	0,035
16	0,000	0,192	35	0,085	0,102
17	0,122	0,070	36	0,168	0,050
18	0,142	0,028	37	0,177	0,038
19	0,028	0,141	38	0,120	0,362
20	0,089	0,109	39	0,119	0,282
21	0,135	0,052	40	0,125	0,268
22	0,029	0,138	41	0,134	0,148
23	0,130	0,119	42	0,124	0,185
24	0,159	0,045	43	0,141	0,144
25	0,042	0,153	44	0,128	0,134
26	0,127	0,021	45	0,067	0,175
27	0,000	0,182	46	0,239	0,105
28	0,000	0,134	47	0,251	0,071
29	0,056	0,199			

Para estimar *capacidade hidráulica* e as condições de fluxo pelos canais longitudinais solicitados com a vazão estimada, usaram-se dados sobre declividades longitudinais do eixo de segmentos estudados, coeficientes de rugosidade de “Manning” avaliados em campo e as hipóteses sobre contribuição à seção de vazão de área correspondente aos seiscentos metros de comprimento de cada segmento. PALMA (2000), processou os dados usando o programa para computador FLOWMASTER (HAESTAD, 1999). As Tabela AI 12 e Tabela AI 13 resumem os resultados obtidos.

Tabela AI 12 – Capacidade e características de fluxo nos canais longitudinais de segmentos, lado à esquerda da via, observador no sentido Araraquara Gavião Peixoto [Fonte (PALMA, 2000)]

Segmento	“n” de Manning	Capacidade hidráulica (m ³ /s)	Energia (m)	Número de Froude
11	0,100	0,059	0,020	0,350
12	0,100	0,102	0,020	0,400
13	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,017	0,053	0,010	1,080
16	0,000	0,000	0,000	0,000
17	0,100	0,270	0,050	0,330
18	0,100	1,361	0,100	0,510
19	0,120	0,495	0,070	0,370
20	0,018	2,390	0,110	1,950
21	0,117	0,272	0,040	0,450
22	0,025	1,036	0,060	1,580
23	0,015	0,034	0,010	1,830
24	0,120	1,109	0,100	0,410
25	0,120	0,022	0,010	0,250
26	0,019	0,226	0,020	1,820
27	0,000	0,000	0,000	0,000
28	0,000	0,000	0,000	0,000
29	0,120	0,361	0,050	0,350
30	0,120	0,002	0,002	0,210
31	0,120	0,289	0,040	0,380
32	0,000	0,000	0,000	0,000
33	0,000	0,000	0,000	0,000
34	0,000	0,000	0,000	0,000
35	0,110	0,273	0,050	0,220
36	0,104	0,195	0,040	0,280
37	0,105	0,332	0,060	0,270
38	0,000	0,000	0,000	0,000
39	0,013	8,037	0,330	2,380
40	0,032	1,924	0,070	1,020
41	0,103	0,398	0,060	0,400
42	0,000	0,000	0,000	0,000
43	0,032	0,996	0,050	0,550
44	0,022	1,424	0,080	1,140
45	0,000	0,000	0,000	0,000
46	0,026	0,906	0,050	0,900
47	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela AI 13 – Capacidade e características de fluxo nos canais longitudinais, lado à direita da via, observador no sentido Araraquara Gavião Peixoto [Fonte (PALMA, 2000)]

Segmento	“n” de Manning	Capacidade hidráulica (m³/s)	Energia (m)	Número de Froude
11	0,020	18,036	0,730	2,210
12	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,015	0,646	0,050	1,750
14	0,029	0,068	0,010	0,920
15	0,120	0,004	0,010	0,140
16	0,013	46,844	1,400	4,370
17	0,022	0,268	0,030	1,350
18	0,105	0,501	0,060	0,440
19	0,126	0,287	0,040	0,330
20	0,018	1,569	0,090	1,900
21	0,013	55,315	1,900	5,160
22	0,056	1,364	0,080	0,800
23	0,015	0,045	0,010	1,880
24	0,013	13,157	0,650	3,890
25	0,120	0,092	0,030	0,290
26	0,120	0,367	0,050	0,350
27	0,024	0,047	0,010	1,180
28	0,000	0,000	0,000	0,000
29	0,100	0,276	0,040	0,410
30	0,120	0,371	0,060	0,360
31	0,000	0,000	0,000	0,000
32	0,000	0,000	0,000	0,000
33	0,000	0,000	0,000	0,000
34	0,000	0,000	0,000	0,000
35	0,000	0,000	0,000	0,000
36	0,000	0,000	0,000	0,000
37	0,000	0,000	0,000	0,000
38	0,000	0,000	0,000	0,000
39	0,000	0,000	0,000	0,000
40	0,040	0,664	0,050	0,790
41	0,110	0,470	0,060	0,380
42	0,047	0,933	0,070	0,670
43	0,100	0,618	0,070	0,180
44	0,018	1,917	0,080	1,370
45	0,000	0,000	0,000	0,000
46	0,000	0,000	0,000	0,000
47	0,000	0,000	0,000	0,000