

DETERMINAÇÃO DE INDICADORES DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS CALÇADAS

N. Rutz, E. Merino e C. Santos

RESUMO

O estudo e interpretação de determinados conjuntos de dados envolve muitas vezes a análise de um grande número de variáveis, constituindo-se em um trabalho difícil e demorado. O emprego de métodos multivariados, como a Análise de Componentes Principais (ACP), destaca-se como uma ferramenta bastante útil quando o número de variáveis é grande. A ACP destina-se à análise de dados quantitativos e este trabalho se propôs a descrever e avaliar o uso de uma análise quantitativa em conjunto com dados qualitativos. Teve por objetivo determinar os principais indicadores de caracterização física das calçadas na opinião de especialistas no assunto, e analisar a ordem de importância destas variáveis, de acordo com a percepção dos usuários. O estudo de caso limitar-se-á na área central de Foz do Iguaçu, cidade de porte médio localizada no sul do Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Amâncio (2005) a interação continua entre pessoas e formas construídas é um aspecto fundamental dos espaços urbanos. Fisicamente, o espaço público é, sobretudo, o lugar, as praças, vias públicas, qualquer tipo de espaço, onde não haja obstáculos à possibilidade de acesso e participação de qualquer pessoa. O transporte não-motorizado, como atividade meio, é um requisito para o desenvolvimento das funções urbanas, afetando atividades diárias dos cidadãos e assegurando a necessária articulação entre produção, consumo, moradia, trabalho, educação e lazer.

A calçada como parte da infra-estrutura para mobilidade das pessoas é importante à vida urbana por sua função de garantir segurança e conforto à circulação das pessoas. A pé ou de carro, o cidadão precisa de calçadas melhores e mais seguras. No entanto, na grande maioria das cidades brasileiras, as calçadas, quando existem, se encontram em situações precárias, trazendo desconforto e insegurança aos pedestres em geral.

Muitos dos percursos de pessoas de baixa renda que não dispõem de automóveis são feitos a pé e, em geral, recebem pouca prioridade no planejamento convencional de transporte, orientado com mais frequência para as movimentações dos veículos do que dos indivíduos. Uma das principais características da forma urbana relacionada à realização de viagens a pé é a qualidade do ambiente para pedestres. A existência de calçadas e a qualidade das mesmas (nos aspectos de segurança, seguridade, conforto, conectividade e estética) podem incentivar a opção dos indivíduos em realizar suas viagens a pé.

O objetivo deste trabalho é determinar os principais indicadores de caracterização física das calçadas na opinião de técnicos especialistas no assunto, e analisar a ordem de importância dos fatores de caracterização das calçadas de acordo com a percepção dos usuários. E aplicar uma metodologia que permita a redução da dimensionalidade de um conjunto de fatores qualitativos e quantitativos, utilizando como ferramenta a análise de componentes principais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As calçadas são indispensáveis à vida urbana por sua função de garantir segurança e conforto à circulação das pessoas. A integração que elas proporcionam é fundamental para o relacionamento de todas as atividades dentro da cidade. Por isso, a análise de sua qualidade deve atender às necessidades dos vários usuários, desde pessoas fisicamente aptas, até pessoas com dificuldades de locomoção, que usam cadeiras de rodas ou outras formas de assistência à mobilidade (Siebert e Lorenzini, 1998; Santos, 2002; Aguiar, 2003; Orlandi, 2003; Melo, 2005; Carvalho, 2006; Lunaro, 2006).

Associa-se o início da modernidade urbana para as cidades ocidentais, ocorrida no século XIX, à expulsão dos pedestres dos espaços públicos das vias de comunicação terrestre, pelos veículos de transporte. A ocupação decorrente das laterais das ruas, pelo ato de caminhar a pé, levou à necessidade generalizada de construção de calçadas e passeios públicos em todas as cidades ditas modernas. No Brasil, nas cidades coloniais, essa atividade coube, muitas vezes, ao Estado, tendo resultado em magníficas obras, muitas delas ainda existentes nas cidades coloniais preservadas, executadas por *“pedramistas e calceteiros”*.

2.1 Características do deslocamento a pé

Compreender o significado do termo “pedestre”, e reconhecer que as pessoas caminham com diferentes propósitos, é importante para o planejamento de áreas urbanas. Caminhar é uma das atividades fundamentais do ser humano (Zegras, 2004) e, basicamente, está disponível a partir do segundo ano de vida até a morte (Gold, 2004). Com o objetivo de poupar energia muscular e de dispor de maior conforto, especialmente em percursos longos, o homem criou e desenvolveu diferentes tipos de veículos e de sistemas de tração (Daros, 2000). Gold (2004) complementa, afirmando que esta evolução acarretou na incompatibilidade entre o tráfego de pessoas caminhando e veículos, especialmente os motorizados, em função das diferenças de tamanho, peso, velocidade e a fragilidade relativa do corpo humano, comparado com os materiais utilizados na construção de veículos.

Pedestres são considerados os usuários mais vulneráveis do sistema de transportes e requerem atenção especial no planejamento e no gerenciamento do tráfego, particularmente do ponto de vista da segurança da circulação (Handy, 2002). Ferreira e Sanches (2001) descrevem o deslocamento a pé como sendo um dos mais importantes modos de transporte urbano. É o modo mais utilizado para percorrer pequenas distâncias e serve como complemento de viagens realizadas por outros modos de transporte. Rodrigues e Joo (2004) comentam que as técnicas de planejamento urbano aplicadas atualmente visam ampliar a malha viária, desconsiderando as conseqüências dessas intervenções à locomoção do pedestre, bem como a sua percepção do espaço construído. Os estudos sobre comportamento desenvolvidos por Handy (2002) permitiram agrupar atitudes que geram

tendências de comportamento dos pedestres e relacioná-las com os objetivos da caminhada, suscetibilidade a estímulos externos e expectativas ambientais, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Fatores relacionados, decorrentes de atitudes adotadas por pedestres.

Atitude (dimensão)	Objetivos	Característica do comportamento	Suscetibilidade a estímulos externos	Expectativas ambientais
Pressa (Circulação ponto-a-ponto)	Sair de um ponto a outro e chegar o mais rápido possível	Andar acelerado; Pouco ou nenhuma cortesia com as pessoas com quem divide o espaço;	Pouca percepção no entorno; Percebe apenas os elementos a sua frente.	Caminho livre de obstáculos; Piso regular; Ambiente previsível, sem elementos surpresa.
Isolamento (Introspecção)	Refletir e dedicar atenção a si próprio.	Olhar fixo à frente. Olhar desatento; Andar lento; Atitude reflexiva.	Desconexão com o ambiente.	Decréscimo da importância do ambiente de acordo com a capacidade de concentração do indivíduo; Lugares calmos, com pouco movimento.
Interação (Convivência)	Encontrar pessoas e socializar-se	Demonstra intimidade com o ambiente; Olhar amistoso;	Aberto aos estímulos do ambiente, percebendo objetos e pessoas.	Concentração de pessoas, possibilidade de contatos e surpresas.
Exercício (Condicionamento Físico/Recepção)	Exercitar-se e relaxar	Pára para conversar. Marcha rápida ou corrida; Olhar predominantemente voltado para frente.	Aberto aos estímulos do ambiente, percebendo objetos e pessoas.	Espaço agradável, arejado, bem iluminado e arborizado;
Alerta (Reconhecimento)	Conhecer ou reconhecer o ambiente	Olhar atento sem um foco definido (ver tudo).	Aberto ao que acontece a sua volta; Nada escapa à sua atenção.	Boa pavimentação. Busca de elementos referenciais; Possibilidade de memorizar ambiente.

Fonte: Adaptado de MAGALHÃES *et al.* (2004)

2.2 Variáveis relacionadas à qualidade dos espaços para pedestres

De acordo com Malatesta (2007), uma avaliação instintiva faz com que o corpo reaja das mais várias formas, desde a mudança do ritmo da passada para mais ou para menos, até o afloramento de sensações internas que vão desde a descontração, passando pelo desconforto e podendo chegar ao pânico. Essas reações definem se um local será mais ou menos atrativo ao fluxo a pé, e serão responsáveis também pela ocorrência de reações que podem gerar até atropelamentos. Atentos a esses aspectos, os planejadores desenvolveram parâmetros que associam padrões de comportamento às características apresentadas pelos espaços de caminhada, surgindo assim o conceito de Nível de Serviço (Siebert e Lorenzini, 1998). Na verdade, o conceito de Nível de Serviço foi desenvolvido primeiramente como conceito técnico numérico adaptado da Engenharia de Tráfego definindo a capacidade do espaço de circulação e o fluxo veicular máximo que seria comportado com conforto e eficácia nesse espaço. No caso do movimento humano, os conceitos foram adaptados para se dimensionar ou aferir o dimensionamento de áreas de circulação (calçadas, praças,

corredores, escadas, rampas) e de áreas de aglomeração (plataformas, paradas) a partir de parâmetros numéricos de área (metro) e usuários (número de pedestres / unidade de tempo).

Entretanto as características do movimento a pé, que são resultados de aspectos comportamentais, fazem com que as metodologias que se baseiam somente em parâmetros numéricos mostrem-se insuficientes para qualificar adequada e integralmente áreas de caminhada e espera para pedestres. Desta forma houve a necessidade de se buscar valores associados a aspectos subjetivos não dimensionáveis numericamente, mas igualmente importantes por definirem reações e conforto, à graduação da atratividade urbana oferecida por esses espaços. Surgiram assim as metodologias qualitativas, baseadas em aspectos de desenho urbano ambiental dos espaços de caminhada e espera, cujas características foram elencadas e classificadas de forma a se estabelecer uma graduação de aspectos a princípio não mensuráveis, mas classificáveis de acordo com a conveniência em relação à qualidade do estar e do caminhar. Vários trabalhos procuram identificar quais as características que tornam o ambiente mais agradável para os pedestres (Fruin, 1970; Bradshaw, 1993; Khisty, 1994; Sarkar, 1995; Dixon, 1996; Ferreira e Sanches, 2001).

Alguns trabalhos encontrados na literatura brasileira, como em Aguiar (2003), Carvalho (2006), Keppe Jr. (2007) e Malatesta (2007) apresentam uma revisão de índices de avaliação do ambiente destinado aos pedestres considerando os fatores que contribuem para medir a qualidade desses espaços. Algumas destas metodologias de avaliação do nível de serviço são realizadas apenas por técnicos, não considerando a opinião do usuário. Um exemplo de metodologia é a desenvolvida por Fruin (1971), que propõe um nível de serviço baseado em dados quantitativos e qualitativos para avaliar os espaços destinados aos pedestres. Já na metodologia de Dixon (1996), os indicadores usados para avaliação do espaço para pedestres e ciclistas foram: a existência, continuidade e largura das calçadas, os conflitos de pedestres com veículos, as amenidades existentes nas calçadas, o nível de serviço para veículos nas vias, o estado de conservação das calçadas e a existência de medidas de moderação de tráfego.

3 ESTUDO DE CASO

Foz do Iguaçu é uma cidade do oeste do Estado do Paraná destacando-se no sul do Brasil como destino de grande número de turistas. Na realização do estudo de caso foram realizadas entrevistas com usuários na área central da cidade, compreendendo o perímetro delimitado pelas Avenidas Paraná, Republica Argentina, Juscelino Kubitschek e Jorge Schimelpfeng, conforme ilustrado na Figura 1.



Fig.1 Localização da área de estudo

A escolha da área central da cidade deveu-se ao fato de que o TTU - Terminal de Transporte Urbano Coletivo e os principais estabelecimentos comerciais estarem situados dentro desse perímetro, além do que os principais eixos de ligação entre Argentina e Paraguai cruzam essa área.

3.1 Coleta de dados dos técnicos

Para coleta dos dados dos técnicos utilizaram-se duas fases de questionários encaminhados via internet através da página do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Paraná CREA-PR. Foram encaminhadas um total de 20.672 mensagens eletrônicas para profissionais registrados no Conselho, que têm a prerrogativa de exercer profissionalmente atividades relativas ao espaço urbano, e definidos na categoria de Arquitetos, Engenheiros Ambientais, Engenheiros Civis e Geógrafos (ver Tabela 2).

Tabela 2 Categoria profissional dos técnicos

Qual a sua profissão?		
Categoria	Contagem	Porcentagem
Arquiteto	319	35,96%
Engenheiro Ambiental	35	3,95%
Engenheiro Civil	483	54,45%
Geógrafo	20	2,25%
Outros	29	3,27%
Total	887	100,00%

Tomando como base o trabalho desenvolvido por Ferreira e Sanches (2001) e Keppe Jr. (2007) foram utilizados como referência os seguintes conceitos:

- Aspectos do ambiente: referem-se às condições do meio ambiente, encontradas e percebidas pelos usuários durante a circulação pelos espaços públicos;
- Aspectos de segurança: referem-se à possibilidade de ocorrência de conflito entre veículos e usuários e ao risco de acidentes e ferimentos a que ficam expostos durante a circulação pelas calçadas;
- Aspectos de conforto: referem-se ao grau de dificuldade relacionado à existência ou não de obstáculos que impeçam ou dificultem o movimento e o uso das calçadas e dos espaços públicos.

Efetivamente a pesquisa com os técnicos foi dividida em duas fases. Na primeira parte os profissionais escolheram o fator de maior importância no deslocamento dos pedestres, e na sequência, as principais variáveis de caracterização desses fatores. Os valores obtidos desta segunda fase totalizaram 381 respostas válidas com 42,95% de taxa de retorno de respostas. Os resultados finais da pesquisa de opinião dos técnicos sobre o grau de impacto negativo sobre o deslocamento dos pedestres em relação às variáveis elencadas de caracterização dos aspectos de conforto, segurança e ambiental das calçadas estão relacionados conforme as Tabelas 3, 4 e 5:

Tabela 3 Total de respostas sobre o impacto das variáveis do aspecto conforto

Variáveis / Indicadores	Grau de impacto negativo do indicador				
	Quase nulo	Pequeno	Moderado	Forte	Muito forte
	1	2	3	4	5
Largura disponível para uso	3	8	73	178	119
Degraus ao longo das calçadas	3	11	51	135	181
Conexão entre calçadas e ruas (através de rampas)	49	88	121	87	36
Inclinação transversal da calçada	4	32	114	164	67
Altura livre disponível sobre a calçada (vegetação ou obtáculos)	9	44	110	172	46

Tabela 4 Total de respostas sobre o impacto das variáveis do aspecto segurança

Variáveis / Indicadores	Grau de impacto negativo do indicador				
	Quase nulo	Pequeno	Moderado	Forte	Muito forte
	1	2	3	4	5
Tipo de material utilizado no piso (derrapantes, rugosos, etc.)	0	9	57	140	175
Faixa de travessia de pedestres nos cruzamentos das ruas	2	33	112	132	102
Estado de conservação do piso	0	8	27	161	185
Semáforos com tempo para pedestres nos cruzamentos	6	23	114	126	112
Veículos estacionados sobre as calçadas	8	18	44	110	201

Tabela 5 Total de respostas sobre o impacto das variáveis de aspectos ambientais

Variáveis / indicadores	Grau de impacto negativo do indicador				
	Quase nulo	Pequeno	Moderado	Forte	Muito forte
	1	2	3	4	5
Arborização (vegetação) ao longo da calçada	6	38	121	143	73
Má disposição do mobiliário urbano sobre as calçadas (orelhões, caixa de correio, hidrantes, etc.)	9	27	75	158	112
Limpeza das calçadas	3	49	117	141	71
Adequação de iluminação	4	37	91	165	84
Obras sobre as calçadas	2	12	43	139	185

3.2 Coleta de dados dos pedestres

Os parâmetros adotados para a pesquisa de opinião com os usuários foram tomados da pesquisa final com os técnicos, que escolheram de uma lista de fatores que poderiam influenciar na qualidade dos deslocamentos nas calçadas, considerando os aspectos de conforto, segurança e aspectos ambientais. Para a coleta de dados necessários à pesquisa foram realizadas entrevistas diretas através de aplicação de questionários, a um grupo de pedestres selecionados aleatoriamente. O entrevistado classificou, em ordem de importância, 5 atributos de caracterização do aspecto conforto, segurança e ambiental. Para facilitar a compreensão por parte dos entrevistados, foram elaboradas questões relacionadas a cada um dos atributos estudados, utilizando-se nas planilhas a técnica do “jogo de faces”. A classificação, seguindo a Escala de Likert, foi feita através da atribuição de conceitos variando de 1 (muito insatisfeito) a 5 (muito satisfeito) a cada uma das variáveis de caracterização dos aspectos de conforto, segurança e ambiente das calçadas.

Os resultados obtidos da aplicação da pesquisa, contou com o processamento de 561 questionários válidos de um total de 600 questionários disponibilizados. A pesquisa com os pedestres foi efetivada com os parâmetros definidos pelos técnicos, relativos aos aspectos de conforto, segurança e ambiental. Primeiramente foi perguntado aos pedestres qual o fator de maior importância para seus deslocamentos. Também houve a preponderância dos aspectos de conforto e segurança em relação ao aspecto ambiental, conforme Tabela 6.

Tabela 6 Principal fator de importância no deslocamento de pedestres

Em sua opinião, qual o fator de maior importância para os pedestres?		
Fator	Contagem	Porcentagem
CONFORTO: refere-se ao grau de dificuldade relacionado à existência ou não de obstáculos que impeçam ou atrapalhem o movimento e o uso das calçadas pelos pedestres.	218	38,79%
SEGURANÇA: refere-se à possibilidade de ocorrência de conflitos entre veículos e pedestres, aos riscos de acidentes e ferimentos a que os pedestres ficam expostos durante a circulação pelas calçadas.	327	58,48%
AMBIENTAL: refere-se às condições do ambiente encontradas e sentidas pelos pedestres durante a circulação pelas calçadas.	16	2,73%

Os resultados da pesquisa de opinião dos usuários sobre o grau de importância das variáveis de caracterização dos aspectos de conforto, segurança e ambiental das calçadas estão relacionados abaixo. As Tabelas 7, 8 e 9 apresentam os resultados totais dos dados levantados na pesquisa de opinião.

Tabela 7 Total de respostas sobre a importância das variáveis do aspecto conforto

Variáveis / Indicadores	Número de respostas por grau de importância				
	Muito insatisfeito	insatisfeito	indiferente	satisfeito	Muito satisfeito
	1	2	3	4	5
Largura disponível para uso	101	129	105	129	85
Degraus ao longo das calçadas	84	142	120	118	85
Conexão entre calçadas e ruas (através de rampas)	94	138	115	116	86
Inclinação transversal da calçada	95	118	144	111	81
Altura livre disponível sobre a calçada (vegetação ou obstáculos que diminuem a altura livre)	87	102	131	142	87

Tabela 8 Total de respostas sobre a importância das variáveis do aspecto segurança

Variáveis / Indicadores	Número de respostas por grau de importância				
	Muito insatisfeito	insatisfeito	indiferente	satisfeito	Muito satisfeito
	1	2	3	4	5
Tipo de material utilizado no piso (derrapantes, rugosos, etc.)	111	139	112	105	82
Faixa de travessia de pedestres nos cruzamentos das ruas	97	122	103	145	82
Estado de conservação do piso	116	135	102	108	88
Semáforos com tempo para pedestres nos cruzamentos	100	136	95	134	84
Veículos estacionados sobre as calçadas	99	129	118	111	92

Tabela 9 Total de respostas sobre a importância das variáveis de aspecto ambiental

Variáveis / indicadores	Número de respostas por grau de importância				
	Muito insatisfeito	insatisfeito	indiferente	satisfeito	Muito satisfeito
	1	2	3	4	5
Arborização ao longo da calçada	102	150	107	109	81
Má disposição do mobiliário urbano sobre as calçadas (orelhões, banca de jornal, etc.)	118	135	101	106	89
Limpeza das calçadas	102	121	98	137	91
Adequação de iluminação	102	138	97	120	92
Obras sobre as calçadas	132	141	99	91	86

4 APLICAÇÕES DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais (ACP) é executada em uma matriz de n observações para p variáveis. O objetivo é procurar variáveis novas, chamadas componentes principais que estão de certo modo baseadas em combinações lineares das variáveis originais e que respondem pela maioria da variância destas variáveis originais. Como o objetivo desta pesquisa é o de aplicar as técnicas multivariadas a um conjunto de variáveis categóricas ordinais, consideraram-se unicamente as afirmações cujas respostas foram tomadas através da escala do tipo Likert. Os dados analisados foram os levantados pela pesquisa dos pedestres e como variáveis ativas consideraram-se blocos distribuídos em três fatores: conforto, segurança e aspectos ambientais. Cada fator foi dividido em 5 (cinco) variáveis, perfazendo 15 itens conforme a tabela a seguir:

Tabela 10 Denominação das variáveis em estudo

CONFORTO	
A	Largura disponível para uso
B	Degraus ao longo das calçadas
C	Conexão entre calçadas e ruas (através de rampas)
D	Inclinação transversal da calçada
E	Altura livre disponível sobre a calçada (vegetação ou obstáculos que diminuem a altura livre)
SEGURANÇA	
F	Tipo de material utilizado no piso (derrapantes, rugosos, etc.)
G	Faixa de travessia de pedestres nos cruzamentos das ruas
H	Estado de conservação do piso
I	Semáforos com tempo para pedestres nos cruzamentos
J	Veículos estacionados sobre as calçadas
ASPECTOS AMBIENTAIS	
K	Arborização (vegetação) ao longo da calçada
L	Má disposição do mobiliário urbano sobre as calçadas (orelhões, banca de jornal, etc.)
M	Limpeza das calçadas
N	Adequação de iluminação
O	Obras sobre as calçadas

Para aplicação da ACP aos dados originais da escala, foi utilizado o software de estatística “SXL”. Foram analisadas 15 (quinze) variáveis na ACP, utilizando-se o escalonamento original da coleta de dados dos usuários, ou seja, atribuição de 5 para muito insatisfeito com os aspectos das calçadas, 4 satisfeito, 3 indiferente, 2 insatisfeito e 1 para muito

insatisfeito. Em uma análise fatorial exploratória, em que o objetivo é justamente definir o número de fatores subjacentes, um critério útil e freqüentemente utilizado é identificar os fatores cujas dimensões economizam o espaço de representação da variabilidade dos dados. Essa é uma interpretação para o sentido de se utilizar um número de autovalores maiores que 1. Estes autovalores são encontrados pela decomposição espectral da matriz de correlações. Na análise da ACP o número suficiente para explicar o conjunto original dos dados, foram os primeiros 5 (cinco) componentes, pois estes explicam 73,695% (mais de 70%) da variância total. Os autovalores relacionados com a variância estão listados conforme a Tabela 11.

Tabela 11 Variância explicada - Autovalores

Componentes principais	Autovalor	% da Variância	% acumulada da Variância
PC 1	3,063	20,420	20,420
PC 2	2,700	18,001	38,421
PC 3	2,067	13,778	52,198
PC 4	1,751	11,675	63,873
PC 5	1,473	9,822	73,695
PC 6	0,934	6,225	79,919
PC 7	0,743	4,953	84,873
PC 8	0,583	3,888	88,761
PC 9	0,467	3,113	91,875
PC 10	0,391	2,607	94,482
PC 11	0,283	1,889	96,371
PC 12	0,270	1,798	98,169
PC 13	0,156	1,041	99,210
PC 14	0,087	0,579	99,790
PC 15	0,032	0,210	100,00

O gráfico conhecido como *Scree Plot* (gráfico de encosta) é também uma ferramenta útil para a escolha da quantidade de fatores, fornecendo um critério alternativo para a escolha de autovalores maiores que 1. O *scree plot* apresenta os autovalores em ordem decrescente, plotados contra o número dos componentes respectivos em uma análise de componentes principais. O critério típico associado ao uso do *scree plot* para determinar a quantidade de fatores é considerar o número de autovalores à esquerda do “ponto de cotovelo”, isto é, o ponto em que ocorre uma forte mudança da inclinação da linha que une as representações dos autovalores. A utilização do número de autovalores à esquerda do “cotovelo” é justificada pela forte redução da variância absorvida e pelo início de um bloco de dimensões entre as quais o resíduo se divide de maneira mais ou menos homogênea.

Ao analisar o *scree plot* (Figura 2) verificou-se que um número satisfatório a ser utilizado foi de 6 (seis) componentes principais. Comparando-se a Tabela 11 com o *scree plot*, nota-se que não há grande diferença entre as proporções de variância total explicada (79,919%), e neste caso adotaram-se então os 5 (cinco) primeiros componentes como os principais. Em um modelo com um fator comum, calculado com variáveis padronizadas, as cargas

fatoriais indicam o “peso” com que o fator entra no computo de cada variável e também a correlação entre o fator e o respectivo item. A proporção da variância total explicada pelo fator pode ser calculada pela soma das cargas fatoriais.

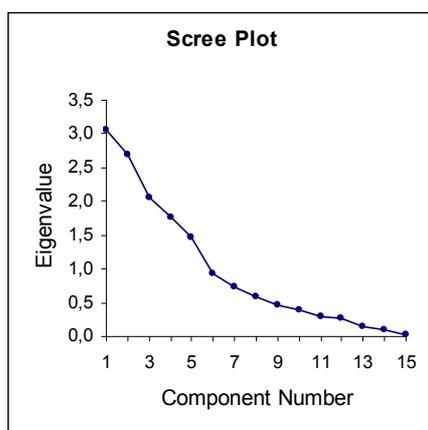


Fig. 2 Gráfico variável x autovalor

Estabelecendo um vetor coluna definido pela soma algébrica dos valores alocados na linha respectiva a cada respondente da matriz de coeficientes “A”, obtivemos o somatório final dos coeficientes, cujo valor foi de 252,0167. Dividindo-se esse valor pelo número total de respondentes (561), estabeleceu-se um coeficiente de valor igual a 0,44923. O índice geral de avaliação é obtido pelo produto do coeficiente pelo valor máximo estipulado pela escala de Likert, ou seja, a nota 5, estabelecendo para a avaliação das calçadas na área central da cidade de Foz do Iguaçu um valor equivalente a 2,246138. Pela Tabela 12 é possível comparar a nota final com as médias individuais de cada variável, concluindo que a avaliação final confere com os valores percebidos pelos usuários.

Tabela 12 Estatística descritiva da amostra

Descriptive Statistics				
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	N
A	2,814617	1,047719	0,044235	561
B	2,286988	0,770894	0,032547	561
C	2,204991	1,056803	0,044618	561
D	2,777184	0,917243	0,038726	561
E	2,85205	1,162448	0,049079	561
F	2,547237	1,183969	0,049987	561
G	2,336898	1,250233	0,052785	561
H	1,907308	0,97576	0,041197	561
I	2,764706	1,018526	0,043002	561
J	1,964349	0,953646	0,040263	561
K	2,827094	1,32303	0,055858	561
L	2,297683	1,117464	0,047179	561
M	2,242424	1,110848	0,0469	561
N	2,103387	1,116439	0,047136	561
O	2,648841	1,080527	0,04562	561

5 CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho foi de descrever uma metodologia que permite a redução da dimensionalidade de um conjunto de dados provenientes de variáveis não quantitativas, utilizando componentes principais. Na análise dos dados, conforme a teoria estipula os autovetores maiores que 1, na caso os 5 primeiros acumulam cerca de 70% da variância.

Quanto a nota final obtida para avaliação das calçadas (aproximadamente 2,25), está de acordo com as médias individuais obtidas para cada variável analisada e com erro padronizado menor que 5%.

Uma outra aplicação importante da análise de componentes principais é seu uso para obtenção de variáveis independentes. No caso analisando a matriz de correlações de todas as variáveis o cruzamento dos itens “degraus ao longo das calçadas”, “Limpeza das calçadas”, “Altura disponível”, “faixa de travessia” e “obras sobre as calçadas” apresentaram coeficiente de correlação maior que 0,5. Isto explica que é possível estabelecer-se um modelo considerando estes fatores como componentes principais (autovalores maiores que 1, e que no estudo de caso foi de 5 fatores) como as variáveis com alta correlação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, F. O. (2003) **Qualidade dos Espaços Urbanos Destinados aos Pedestres**. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Amâncio, M. A. (2005) **Relacionamento entre a Forma Urbana e as Viagens a Pé**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Aranha, F.; Zambaldi, F. (2008) **Análise Fatorial em Administração**. São Paulo: Cengage.

Bradshaw, C. (1993) **Creating and Using a Rating System for Neighborhood Walkability**. Ottawa: 1993. Disponível em <http://www.flora.org/chris>; acessado em 18 de maio de 2007.

Carvalho, M. V. G. S. (2006) **Um Modelo para Dimensionamento de Calçadas Considerando o Nível de Satisfação do Pedestre**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

CTB – Código de Trânsito Brasileiro: Legislação Complementar. Brasília: Departamento Nacional de Trânsito, 2005.

Daros, E. J. (2000) **O Pedestre**. ABRASPE - Associação Brasileira de Pedestres. São Paulo.

Dixon, L. B. (1996) **Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems**. Transportation Research Record, n°1538, p. 1-9, 1996.

Ferreira, M. A. G.; Sanches, S. P. (2001) **Índices de qualidade das calçadas – IQC**. Revista dos Transportes Públicos n° 91 (pg.50 a 58) – ANTP.

Fruin, J. J. (1970) **Designing for Pedestrians: a level-of-service concept**. New York: Polytechnic Institut of Brooklin.

Gold, P. (2004) **Qualidade de Calçadas no Município de São Paulo**. Relatório Final. São Paulo: novembro.

Handy, S. (2002) **How the Built Environment Affects Physical Activity: views from urban planning**. American Journal of Preventive Medicine, p. 64-73.

Ingram, G. (1998) **Patterns of Metropolitan Development: what have we learned?** Urban Studies, vol. 35, n° 35, p. 1019-1035.

Jones, S. R. (1981) **Accessibility Measures: a literature review**. Transport and Road Research Laboratory. London, UK.

Keppe Jr., C. L. G. (2007) **Formulação de um Indicador de Acessibilidade das Calçadas e Travessias**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

Khisty, C. J. (1994) **Evaluation of Pedestrian Facilities: beyond the level-of-service concept**. Transportation Research Record, n°1438, p.45-50.

Lunaro, A. (2006) **Avaliação dos Espaços Urbanos segundo a Percepção das Pessoas Idosas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Melo, F. B. (2005) **Proposição de Medidas Favorecedoras à Acessibilidade e Mobilidade de Pedestres em Áreas Urbanas. Estudo de Caso: o centro de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará.

Orlandi, S. C. (2003) **Percepção do Portador de Deficiência Física com Relação à Qualidade das Espaços de Circulação Urbana**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Rodrigues, D. A.; Joo, J. (2004) **The Relationship Between Non-motorized Mode Choice and the Local Physical Environment**. Transportation Research Part D 9, p. 151-173.

Santos, L.M. (2002) **Desenvolvimento Metodológico para Valoração de defeitos em Calçadas**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia. Brasília: Universidade de Brasília.

Sarkar, S. (1995) **Evaluation of Safety for Pedestrian at Macro and Microlevels in Urban Areas**. Transportation Research Record, vol. 1502, p. 105-118.

Siebert, C.; Lorenzini, L. (1998) **Caminhabilidade: uma proposta de aferição científica**. Dynamics-FURB. Vol. 6, n° 23, p. 89, abril/julho.

Zegras, P. (2004) **The Influence of Land Use o Travel Behavior: empirical evidence from Santiago-Chile**. TRB 2004 Annual Meeting.