

Delineamentos de Experimentos em Ensaios Fatoriais Utilizados em Preferência Declarada: Uma Aplicação em Benchmarking

Experimental Designs in Factorial Testing Used on Declared Preference: A Benchmarking Application

Osmar Ambrosio de Souza

Departamento de Matemática / UNICENTRO

Doutor em Engenharia de Produção, UFSC

osmar@unicentro.br

Resumo: Análise nos delineamentos experimentais em ensaios fatoriais, utilizados em preferência declarada, otimizados pela formação do conjunto de escolha baseado nos arranjos ortogonais de Taguchi e técnicas de blocos incompletos balanceados. Desenvolvimento do processo de estimação dos parâmetros da função logit multinomial que leva em consideração a probabilidade condicional da escolha efetuada no conjunto de escolha formado pela divisão do conjunto de alternativas (modelo LMPC – Logit Multinomial com probabilidade condicional). Implementação de técnicas de análise dos dados amostrados: dimensionamento da amostra e verificação da convergência dos parâmetros; tratamentos dos dados identificados como discrepantes; e transformação dos dados para correção da heterocedasticidade regular intra-alternativa. Aplicação da metodologia na construção de uma função utilidade das variáveis latentes que os clientes mais levam em consideradas na escolha do supermercado para as compras mensais, benchmarking, e determinação dos coeficientes de atratividade dos supermercados baseados na integração dos dados de preferência declarada com dados de preferência revelada.

Palavras-chave: Ensaios Fatoriais; Logit Multinomial; Preferência Declarada; Benchmarking.

Abstract: Analysis in the experimental design in factorials tests, used in stated preference, with optimum formation of the set choice based upon Taguchi's

orthogonal arrangements and techniques of balanced incomplete blocks. Development of the process of the multinomial logit function parameters' estimation that takes into consideration the conditional probability of the choice made in the set choice formed by the division of the alternatives set (LMPC model – Logit Multinomial with conditional probability). Implementation of techniques for sampled data analysis: sample measurement and parameters' convergence verification; treatments of the data identified as outliers; and data transformation for inter-alternative regular heterocedasticity correction . Methodology application for the construction of a usefulness function of the latent variables that are much considered by the customers in the choice of the supermarket for their monthly purchases, benchmarking, and determination of the supermarkets attractiveness coefficients based on the integration of the stated preference data with revealed preference data.

Key words: Factorials Designs; Logit Multinomial; Stated Preference; Benchmarking.

1. Introdução

Este trabalho concentra seus estudos nos métodos de preferências declaradas (PD) e o uso no setor de serviços, particularmente na construção do conceito de variáveis latentes, ou seja, atributos qualitativos de difícil mensuração, com base na combinação de vários outros atributos e níveis. Bem como, abrange sobre a forma de relacionamento entre essas variáveis latentes construídas pelos clientes para compor uma decisão sobre o local de compras mensais serão utilizados.

O conceito fundamental do método de preferência declarada aplicada em marketing surgiu da teoria de demanda do consumidor, especialmente do trabalho desenvolvido por Lancaster (1966), quando assumiu que a utilidade de um consumidor por um bem econômico pode ser decomposta em utilidades separada referentes às características ou benefícios providas pelo bem. A visão decomposicional do processo de formação de utilidade do consumidor tornou-se amplamente aceita como uma aproximação razoável do comportamento de mercado dos consumidores, embora haja ainda debate sobre do processo envolvido na decomposição (LOUVIERE, 1994).

Um dos fatores de sucesso na pesquisa de preferência declarada está relacionado com uma boa definição da forma e da complexidade do experimento. Com relação à forma e complexidade do experimento, segundo BASTOS (1994), inicialmente, devem ser tomadas decisões, com respeito aos quais atributos e quantos níveis de cada um devem ser incluídos no experimento.

Quando o número de atributos e níveis é muito grande, um delineamento com fatorial completo poderia gerar muitas alternativas, sendo assim o número de alternativas poderia ser reduzida com a adoção do delineamento com fatorial

fracionário (KROES e SHELDON, 1988). Se ainda assim, segundo Bastos (1994), o número de alternativas for muito grande, pode-se dividir em conjuntos menores.

De acordo com Kroes e Sheldon (1988), o primeiro passo para a construção de um delineamento experimental para obtenção de preferência declarada é a definição das variáveis de interesse e os seus níveis que serão avaliados pelos entrevistados. Um assunto associado é a especificação da forma matemática da função de utilidade que expressa a hipótese do analista sobre o modo no quais os entrevistados combinam de forma desagregada, uma preferência. Como em modelagem de preferência revelada, é habitual assumir modelos aditivos lineares da seguinte forma:

$$FU = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n. \quad \text{Onde:}$$

FU = função utilidade total;

x_1 até x_n = valores dos fatores 1 até n;

α_1 até α_n = pesos de utilidade para os fatores 1 até n.

Métodos de preferências declaradas proporcionam aos entrevistados um conjunto de alternativas e lhes pedem para que expressem as preferências através da ordenação das alternativas de acordo com suas opiniões, ou dando um valor a cada alternativa. Nas experiências de escolha declarada⁶ (SC), são oferecidas aos entrevistados uma combinação de algumas alternativas (tipicamente duas a cinco) e é pedido para expressar as escolhas indicando uma alternativa escolhida ou nomeando probabilidades escolhidas subjetivas a cada uma das alternativas. Hensher (1994) cita a tabela de delineamentos experimentais apresentada em Hahn e Shapiro (1966) como uma indicação para o uso das técnicas de fatorial fracionários em preferência declarada. Cita, ainda, as experiências desenvolvidas por Louviere e Hensher (1983) e Hensher et al (1989) a respeito do conjunto de escolha formado pelo delineamento de condicional duplo. Com referência ao fatorial fracionário é importante observar os trabalhos desenvolvidos pelos autores: Kempthorne (1967), Cochran e Cox (1978), Box, Hunter e Hunter (1978) e Montgomery (1984).

A literatura referente à utilização dos fatoriais fracionários em preferência declarada é bastante abrangente, no entanto, poucos pesquisadores têm-se utilizado os arranjos ortogonais de Taguchi, (TAGUCHI, 1988) e (ROSS, 1991), em delineamento de preferência declarada, embora as técnicas dos arranjos ortogonais de Taguchi, apresentam “a priori” certas compatibilidade com os delineamentos em preferência declarada (SOUZA, 1999).

Como a quantidade de alternativas geradas pelos fatoriais fracionários, ou mesmo, pelos arranjos ortogonais de Taguchi, ainda é superior a capacidade de interpretação do ser humano, conforme citado por Miller (1956), há a necessidade de adotar procedimentos para reduzir a quantidade de alternativas no conjunto de escolha, assim Louviere e Hensher (1983) e Hensher et al (1989) apresentam no

⁶ Stated Choice Data (SC).

condicional duplo, uma forma de divisão do conjunto de alternativas em conjunto de escolha com menor número de alternativa. No duplo condicional, o conjunto de alternativas é dividido em conjuntos menores com base nas técnicas de blocos incompletos balanceados, cujos principais trabalhos foram desenvolvidos por: Yates (1936), Fischer (1947), Bose e Nair (1939), Mann (1949), Kempthorne (1967), Montgomery (1984), Mead (1988) e outros. Já alguns trabalhos apresentaram divisão do conjunto de alternativas em conjuntos menores por processos empíricos (BASTOS, 1994; FREITAS, 1995; EFRÓN,, 1995; GONÇALVES, 1995, MAY, 1996, VIEIRA, 1996, entre outros).

A proposta deste trabalho envolve a determinação de uma função utilidade composta das variáveis latentes: qualidade, preço e conveniência, para modelar a utilidade dos supermercados de Guarapuava, PR, na visão de seus clientes potenciais. A construção da função utilidade através do modelo logit multinomial, será confrontada com uma pesquisa de preferência revelada com o objetivo de calcular o índice de atratividade de cada tipo de supermercado. Louviere e Gaeth (1987) desenvolveram uma pesquisa semelhante utilizando-se do Método da Integração da Informação Hierárquica (HII).

2. Desenvolvimento

2.1 Problemas da forma e complexidade dos experimentos

O propósito em questão, de um ensaio experimental, é o de definir as combinações dos níveis de todos os fatores incluídos no experimento, sem perda de realismo, de modo que eles não apresentem correlação significativa entre si, ou seja, formam delineamento de dados ortogonais (DDO).

Levando-se em conta que a quantidade total de alternativas é definida como uma função da quantidade de fatores e níveis envolvidos e que cada grupo de alternativas a ser submetida aos entrevistados deve ser limitado, razoavelmente, a um número pequeno de alternativas. Este número mágico, conforme Miller (1956)⁷, seria 7 mais ou menos 2:

- Até 7 alternativas, nas pesquisas onde o entrevistado é abordado na rua ou em local que exige uma entrevista rápida;
- Até 9 alternativas quando a entrevista é feita com pessoas qualificadas, com plenos conhecimentos dos assuntos abordados e realizada em local calmo e com disponibilidade de tempo.

Foi observado por Louviere (1988), apud Louviere (1994) que é extremamente difícil interpretar o comportamento das interações triplas ou maiores e geralmente

⁷ "These limits vary within a narrow range now commonly known as the magical number 7 plus-or-minus 2."

são excluídas. Frequentemente, a literatura cita que a maioria das variabilidades em resposta de comportamento é explicada pelo efeito principal e algumas interações duplas. Cita, ainda, que 80% ou mais da explicação são devidos aos efeitos principais e até um adicional 6% para interação de duplas. Sendo assim, quando o modelo fatorial completo for composto de muitas alternativas, este pode ser reduzido, adotando-se:

- A técnica do confundimento e fatorial fracionário (KEMPTHORNE, 1852; COCHRAN e COX, 1978; BOX, HUNTER e HUNTER, 1978; MOTEGOMERY, 1984; PIMENTEL GOMES, 1987; MEAD, 1988; MCLEAN e ANDERSON, 1994);
- Arranjos ortogonais desenvolvidos por Taguchi (1988) e Ross (1991);

Todas as técnicas de fracionamento apresentam como fundamento básico à supressão das estimativas das interações pela junção, ou confundimento, dos efeitos principais com os efeitos das interações, que são devidas às suposições de que os atributos e níveis geram delineamentos ortogonais e à conseqüente explicação não significativa da interação entre os efeitos.

Técnica do confundimento

A técnica do confundimento se constitui em uma forma de arranjar as combinações de um ensaio fatorial completo em blocos com pequenos números de combinações, utilizando-se das interações não significativas para tal fim. Um experimento 2^k pode ser escrito como um delineamento em 2^p blocos incompletos, ou seja, 2^{k-p} , onde $p < k$. Como conseqüência tem-se 2, 4, 8 ou mais blocos com igual número de combinações.

Fatorial fracionário

Uma análise de um delineamento fatorial completo requer um número muito grande de experimento. Como exemplo, um delineamento 2^6 , requer 64 experimentos onde possuem 63 graus de liberdade (gl). No entanto, para a análise dos efeitos principais utiliza-se somente 6 gl, 15 gl para as interações duplas e 42 gl para interações maiores. Quando as interações são não significativas ou não têm sentido prático, por vezes há o interesse em eliminá-las, desta forma é possível confundir o efeito da interação com o efeito principal de um novo fator, reduzindo desta forma, o número de experimentos. Os fatoriais fracionários têm grandes aplicações nas indústrias, onde seu interesse é justificado pelo fato da redução dos custos experimentais pela redução do número de experimentos a serem executados.

No caso de preferência declarada, a qual parte do princípio da ortogonalidade entre os atributos, as interações não têm efeito prático e podem ser eliminadas, ou seja, serem utilizadas para as atribuições de outros fatores principais, reduzindo o número de experimentos (combinações) a serem executadas. Um delineamento de fatorial fracionário 2^k contém 2^{k-p} experimentos (ou combinações) e são chamados

como $1/2^p$ frações de 2^k , ou simplesmente 2^{k-p} delineamento fatorial fracionário. Estes delineamentos requerem a seleção de p geradores independentes.

Arranjos ortogonais de Taguchi

Segundo Ross (1991), os arranjos ortogonais se constituem numa invenção matemática cujo registro mais antigo data de 1897, por Jacques Hadamand, matemático francês. O valor real da utilização do arranjo consiste na capacidade de avaliar diversos fatores (atributos) com um número mínimo de testes (alternativas).

São especificados, na literatura, dois tipos de arranjos ortogonais:

- Arranjos com dois níveis: L4, L8, L12 e L32;
- Arranjos com três níveis: L9, L18 e L27 (TAGUCHI, 1988) e (ROSS, 1991).

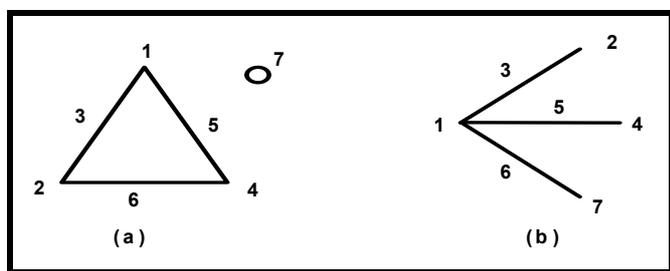
O número na designação do arranjo indica o número de alternativas contidas no mesmo, por exemplo: L27 possui 27 alternativas. A tabela 1 apresenta as configurações das alternativas e níveis de um arranjo L8.

Tabela 1 - Arranjo Ortogonal L8

Alternativas	1	2	3	4	5	6	7
01	0	0	0	0	0	0	0
02	0	0	0	1	1	1	1
03	0	1	1	0	0	1	1
04	0	1	1	1	1	0	0
05	1	0	1	0	1	0	1
06	1	0	1	1	0	1	0
07	1	1	0	0	1	1	0
08	1	1	0	1	0	0	1

A cada coluna de L8 pode ser designado a um atributo e as designações dos atributos devem se dar pela ordem, primeiro nas colunas correspondentes aos efeitos principais e em seguidas nas colunas das interações, de acordo com um dos esquemas de interações na figura 1.

Figura 1 - Geometria das Interações (L8)



Notação: Figura (a)

Efeitos principais: 1, 2 e 4;

Interações: 3, 5, 6 e 7

Figura (b)

Efeitos principais: 1, 2, 4 e 7

Interações: 3, 5 e 6.

Desta forma é possível incluir até 7 atributos com 2 níveis a um arranjo ortogonal L8, a literatura demonstra outros arranjos possíveis com 2, 3 e 4 níveis.

2.2 Técnicas de Otimização do Conjunto de Escolha

Como a utilização das técnicas de fatorial fracionário ou os arranjos ortogonais de Taguchi ainda geram, em alguns casos, um conjunto A de alternativas, muito grande, o seu uso, nas técnicas de preferência declaradas, estaria condicionado a uma metodologia que reduza o número de alternativas a serem apresentadas aos entrevistados sem que haja perda de realidade, desta forma deve-se estabelecer:

- Subconjuntos de alternativas, A_i (ou Conjunto de escolha) que possibilite sua a escolha explodida, ou seja, de forma seqüenciada pelos entrevistados, na pesquisa de campo;
- Uma função que liga o subconjunto ao conjunto, fazendo com que a escolha explodida nos subconjuntos (A_i) estime uma escolha explodida no conjunto A.

Para o desdobramento em subconjuntos ou subgrupos especialmente quando a quantidade de alternativas é muito grande, o material em estudo é muito heterogêneo e existe a restrição da capacidade do ser humano em avaliar muitas alternativas simultâneas, utiliza-se à técnica de blocos incompletos, isto é, blocos que não incluam todas alternativas, denominadas:

- Blocos incompletos balanceados (BIB);
- Blocos incompletos parcialmente balanceados (BIPB);
- Blocos incompletos não balanceados (BINB).

Blocos incompletos balanceados (BIB)

Os BIB se caracterizam pelo fato de que neles, cada tratamento, aparecem no mesmo bloco, com um dos outros tratamentos e sempre o mesmo número de vezes.

Nestes procedimentos estão envolvidas as teorias dos blocos incompletos balanceados (BIB): Yates (1936), Fischer (1938), Mann (1949), Kempthorne (1967), Cochran E Cox (1978), Montgomery (1984), Mead (1988), Pimentel Gomes (1987) e outros. A técnica de blocos incompletos balanceados se caracteriza por apresentar as melhores condições na relação dos subconjuntos para os conjuntos.

Nos experimentos onde são tomados os subconjuntos de alternativas de forma equilibrada é muito importante a eficiência (E), que é dada pela fórmula: $E = \frac{v(k-1)}{k(v-1)}$, onde $0 < E \leq 1$. Sendo $\text{Var}(\beta) = S^2$ a estimativa da variância residual nos blocos completos, a estimativa da variância nos blocos incompletos será $\text{Var}(\beta_n) = \frac{1}{E} S^2_n = -\frac{1}{E} \mathcal{E} \left[\frac{\partial^2 L}{\partial \beta_n^2} \right]$. (V= quantidade total de alternativa; k= quantidade de alternativa em cada conjunto de escolha).

Blocos incompletos parcialmente balanceados (BIPB)

Delineamentos de blocos incompletos parcialmente balanceados são incluídos como um caso especial e em certas circunstâncias podem ser usados como delineamento de blocos incompletos balanceados. São caracterizados pelo fato de que as alternativas, nem sempre aparecem no mesmo bloco com uma das outras alternativas o mesmo número de vezes (BOSE e NAIR, 1939). Vários delineamentos podem surgir por tradução de configurações geométricas.

Blocos incompletos não balanceados (BINB)

Os BINB são caracterizados pela divisão de um conjunto A em subconjuntos A_i , de forma que os conjuntos gerados se tornem mutuamente exclusivos. Assim, cada alternativa aparece em um dos subconjuntos, mas duas alternativas podem não ser incluídos juntos em algum subconjunto A_i .

2.3 Modelo Logit Multinomial Com Probabilidade Condicional

O modelo matemático tem por finalidade obter as estimativas dos parâmetros da função de utilidade (FU) oriundas da ordenação das alternativas em cada conjunto de escolha, formado pelas técnicas de BIB, submetidos aos entrevistados.

No caso em que os subconjuntos A_i forem formados pelo processo de divisão mutuamente exclusiva dos elementos de A, não se levando em conta o balanceamento, a ordenação das alternativas numa seqüência de escolha explodida (BINB), gera-se um conflito com a propriedade de identicamente e independentemente distribuídas, IID e contradição em relação ao princípio da ordenação no modelo Logit Multinomial Explodido, com o conjunto completo de escolha dividido em blocos, conforme a seguir:

- A probabilidade de uma alternativa $a_r \in A_1$ ser escolhida em primeiro lugar no subconjunto $A_1 \subset A$ é dada por:

$$P_{(a_r)} = \frac{n\{a_r\}}{n\{A_1\}} \quad \text{no caso: } \forall a_r \text{ equiprovável} \quad P_{(a_r)} = \frac{1}{k}$$

- A probabilidade de outra alternativa $a_s \in A_2$ ser escolhido em primeiro lugar no subconjunto $A_2 \subset A$ é dada por:

$$P_{(a_s)} = \frac{n\{a_s\}}{n\{A_2\}} \quad \text{no caso: } \forall a_s \text{ equiprovável} \quad P_{(a_s)} = \frac{1}{k}$$

E assim, a probabilidade condicional de ambos os a_r e a_s , em relação ao conjunto A fica, no caso das alternativas equiprováveis:

$$P_{(a_r/A_1 \subset A)} = P_{(a_s/A_2 \subset A)} = \frac{1}{k} P_{(A_1/A)} = \frac{1}{k} P_{(A_2/A)} = \frac{1}{kt}$$

Logo, têm-se duas alternativas de subconjuntos distintos com a mesma probabilidade de ocorrência, dado o conjunto A , sem terem passadas por um processo de comparação par a par. Neste caso, onde os subconjuntos são mutuamente exclusivos, pode produzir, através do modelo Logit Multinomial Explodido, estimativas de β_A viesadas, devido a três fatores:

- Conflito com a propriedade IID;
- Falta de comparação par a par em todas as alternativas de A , através dos subconjuntos A_i ;
- A influência dos pesos dos subconjuntos, ou seja, a probabilidade condicional, não é levada em conta no modelo logit multinomial explodido⁸.

Função de log-verossimilhança para LMPC

Denota N como o tamanho da amostra e define-se:

$$Y_{jn} = \{1 \text{ se a observação } n \text{ escolheu a alternativa } j; \text{ ZERO caso contrário.}$$

A função de verossimilhança para um modelo de escolha multinomial geral com probabilidade condicional é dada por:

⁸ Modelo matemático citado por McFadden (1974), Bem-Akiva e Lerman (1989), Morikawa (1989) e Bastos (1994) e outros.

$$L^* = \prod_{n=1}^N \prod_{j \in C_n} P_n \left(\frac{j}{C_b} \subseteq C \right)^{y_{jn}} \quad (1)$$

$C = \sum_b C_b$ e $B =$ total de subconjuntos em C , onde para a Logit linear nos parâmetros, temos:

$$P_n \left(\frac{j}{C_b} \subseteq C \right) = \frac{\sum_{i=1}^J e^{\beta \cdot \chi_{inb}}}{\sum_{b=1}^B \sum_{i=1}^J e^{\beta \cdot \chi_{inb}}} \times \frac{e^{\beta \cdot \chi_{jnb}}}{\sum_{j \in C_b} e^{\beta \cdot \chi_{jnb}}} \quad (2)$$

Onde C_b é o conjunto de escolha apresentada aos entrevistados n .

Propriedades (Postulados):

- i) $0 \leq P(i/C_b) \leq 1$, para todos $i \in C_b$;
- ii) $\sum_b \sum_{i \in C_b} P(C_b/C) \cdot P(i/C_b \in C) = 1$, para $\cup_b C_b = C$ e $\cap_b C_b \neq \emptyset \subseteq C$;

Para o caso da Logit Multinomial com Probabilidade Condicional Explodida:

$$L^* = \prod_{n=1}^N \frac{\sum_{i=1}^J e^{\beta \cdot \chi_{inb}}}{\sum_{b=1}^B \sum_{i=1}^J e^{\beta \cdot \chi_{inb}}} \times \prod_{j=1}^{J-1} \frac{e^{\beta \cdot \chi_{jnb}}}{\sum_{j \in C_b} e^{\beta \cdot \chi_{jnb}}}$$

Aplicando o logaritmo na função L^* , temos a Função de Log-verossimilhança:

$$L = \sum_{n=1}^N \left[\ln \omega_b + \sum_{j=1}^{J-1} \left(\beta \cdot \chi_{jnb} - \ln \sum_{i=j}^J e^{\beta \cdot \chi_{inb}} \right) \right]$$

Todas as propriedades das estimativas de máxima verossimilhança para o modelo logit binário se estende para o caso multinomial com as alternativas separadas em blocos.

As questões levantadas sobre a influência do peso e a probabilidade condicional dos subconjuntos, montados com o propósito de reduzir o número de alternativas de forma a permitir que o entrevistado possa ordená-las com certa eficiência, são levadas em conta neste modelo proposto.

Segundo Ben-Akiva e Boccara (1995) ao contrário do modelo logit multinomial, a função log-verossimilhança de um modelo em um conjunto com escolha probabilística não é globalmente côncavo. Naturalmente, isto significa que o conjunto de coeficientes para os quais as derivadas parciais da log-verossimilhança são iguais zero não necessariamente corresponde a um conjunto de coeficientes que globalmente maximizam a log-verossimilhança, deste modo, pode-se ter um ponto de máximo, mas não o ponto de máximo global. Assim o processo de maximização da função torna-se mais complexa. Dado os conhecimentos limitados que se tem a respeito do comportamento destes tipos de funções, que envolvem a log-verossimilhança. Um aspecto importante da estratégia de estimação é conferir se o algoritmo converge ao mesmo ponto quando o processo começa com valores iniciais diferentes. Neste caso, espera-se que a log-verossimilhança seja pelo menos bem comportada na região de confiança dos coeficientes, ou seja, obtêm-se valores plausíveis. A mesma conclusão chegou Kitamura e Lam (1984) e Swait (1984) para modelos semelhantes.

2.4 Amostragem e Testes de Hipóteses: Validação Interna

Validação da amostragem - Tratamento de Dados Discrepantes (TDD)

É notório que em qualquer pesquisa ocorra à inclusão de entrevistas com dados que apresenta diferença acentuada em relação aos dados normal das demais entrevistas. Estes dados diferentes do normal são denominados dados discrepantes e podem ocorrer por interpretação equivocada do entrevistado ou por má fé do entrevistado. Mas o fato em questão é que estas entrevistas com dados discrepantes provocam resultados viesados, ou seja, resultado não afinado com a tendência natural da população amostrada.

No caso da pesquisa de preferência declarada em que o dado observado é a ordenação em um conjunto de alternativas, fica impraticável a exclusão destas entrevistas, durante a fase da supervisão, porque não é possível 'a priori' identificar as entrevistas que se apresentem como discrepantes. Uma solução possível para o problema em questão seria a revisão dos dados através de um algoritmo específico, que leva em conta o valor da probabilidade da utilidade individual de cada entrevista e assim determinar por métodos descritivos os dados que destoam do conjunto amostrado.

Dimensionamento da amostra (DA)

Dimensionar uma amostra é determinar o número mínimo de entrevistas necessárias para que as estimativas dos parâmetros sejam assintoticamente convergentes.

E um dos métodos para se estimar esse número, em uma pesquisa de preferência declarada, vem descrito em Souza (1999).

Teste da Razão de Verossimilhança (LR): $LR = -2\{L(0) - L(\beta^*)\}$

Considerando a distribuição de χ^2 com r graus de liberdade, onde r é o número de restrições lineares (parâmetros β), testa-se a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente. Se o valor LR for maior que o valor $\chi^2_{(\alpha, r)}$ então se rejeita a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente.

Teste da estatística ρ^2 (Coeficiente de Determinação): $\rho^2 = 1 - \frac{L(\beta)}{L(0)}$

É natural uma possível comparação com a estatística R^2 (Coeficiente de Determinação) que varia de 0 (sem ajuste) até 1 (ajuste perfeito). A estatística ρ^2 tem seu valor teórico também limitado de 0 a 1, mas seu valor real próximo de 0,4 indica um ajuste considerado excelente para o modelo logit multinomial (ORTUZAR, 1990).

ρ^2_{Aj} = valor de ρ^2 ajustado para graus de liberdade, é definido como:
$$\rho^2_{Aj} = 1 - \frac{L(\beta) - r}{L(0)}$$

Teste 't' e Intervalo de Confiança (IC)

O teste 't' para a significância de um parâmetro β_k :

Para blocos completos: $Var(\beta_k) = S_k^2 = -E\left[\frac{\partial^2 L}{\partial \beta_k^2}\right]$ e $t = \frac{\beta_k}{S_k}$.

IC(β_k) : $\beta_k \pm t_\alpha S_k$, onde t_α é o valor crítico tabelado, na prática, toma-se $t = 2$ para $n \geq 60$ e indica, com de 95% de probabilidade, que o β_k verdadeiro está no intervalo.

Para blocos incompletos: $Var(\beta_k) = \frac{1}{E} S_k^2 = -\frac{1}{E} \mathcal{E}\left[\frac{\partial^2 L}{\partial \beta_k^2}\right]$ e $t = \frac{\beta_k \sqrt{E}}{S_k}$, onde

$E =$ Eficiência. IC(β_k) : $\beta_k \pm t_\alpha \frac{S_k}{\sqrt{E}}$, onde t_α é o valor crítico tabelado.

Transformação dos dados

Um dos casos mais freqüentes de não satisfação das hipóteses básicas é aquele em que não existe homocedasticidade, ou seja, a variância não é a mesma nas diferentes alternativas (BANZATTO e KRONKA, 1989). Isto caracteriza a heterocedasticidade ou heterogeneidade dos erros. Artigo publicado anais da ANPET/98 apresenta um procedimento a ser adotado para corrigir a heterocedasticidade (SOUZA e NOVAES, 1998).

3. Aplicação

3.1 Considerações Gerais

Características do sistema de comércio nos supermercados da cidade

Tabela 2 – Quadro Comparativo entre os tipos de comércios

Tipo de comércio “A”	Tipo de comércio “B”
Os produtos são bem organizados nas prateleiras (sem as caixas de papelão);	Os produtos são razoavelmente organizados nas prateleiras (a maioria dos produtos fica exposta em suas embalagem de papelão);
Tem boa diversificação dos produtos à disposição dos consumidores;	Só os produtos mais rotativos se encontram a disposição do consumidor;
O número de funcionários, repositores, caixas e empacotadores são suficientes para dar um atendimento de qualidade ao cliente;	O número de funcionários, caixas e repositores são reduzidos e não possui serviço de empacotamento de compras;
Aceitam cartões de créditos, cheque pré-datado e outras formas de pagamento a prazo;	As vendas são feitas na modalidade sempre "a vista".
Praticam o serviço de entrega em domicílio gratuito ou a custo simbólico;	O serviço de entrega em domicílio tem seus custos s mais realistas;
Os preços dos produtos em geral são os praticados no mercado, onde estão incluídos os custos dos serviços ao cliente.	Os preços dos produtos em geral são reduzidos, abaixo do mercado. A redução do custo com os cortes dos serviços ao cliente é repassada na forma de redução no preço dos produtos.

Os supermercados que operam na região de Guarapuava possuem características peculiares regionais e para melhor interpreta-las, foram classificados em dois tipos administrativos distintos, polarizados conforme descritos na tabela 2 – Quadro comparativo entre os tipos de comércios em supermercados:

Foram selecionadas inicialmente 11 lojas de supermercados que operam na cidade de Guarapuava, sendo 7 do tipo A e 4 do tipo B. Os nomes dos supermercados foram substituídos por códigos, tendo em vista que esta pesquisa científica tem por finalidade desenvolver e aplicar uma metodologia de pesquisa de preferência declarada de forma científica, no entanto, os dados e parâmetros estimados representam a situação real do mercado na cidade de Guarapuava.

Avaliação dos atributos

Na fase de preparação e organização da pesquisa, foi feito uma avaliação dos atributos referentes aos delineamentos de *preço, qualidade e conveniências*, em 4 lojas de supermercados do tipo A e 4 lojas do tipo B. As avaliações dos atributos referentes aos principais supermercados que operam na Cidade, de acordo com o tipo e que atendem aos propósitos da pesquisa, serão utilizadas para a obtenção das respectivas utilidades de cada supermercado, do ponto de vista dos clientes, de forma geral e segmentado por renda e permitirá estabelecer uma integração com os dados de preferência revelada, e assim, obter o *Coefficiente de Atratividade do Supermercado (CAS)*, ou seja, o coeficiente que representa, para cada supermercado, o conjunto dos atributos não incluídos na pesquisa de preferência declarada.

3.2 Metodologia

A pesquisa de campo abrange os serviços oferecidos pelas Redes de Supermercados na Cidade de Guarapuava, PR, onde se tem à oportunidade aplicar a estrutura dos arranjos ortogonais, bem como o modelo de estimação de parâmetros através da Logit Multinomial com probabilidade condicional.

A pesquisa atenderá aos seguintes objetivos:

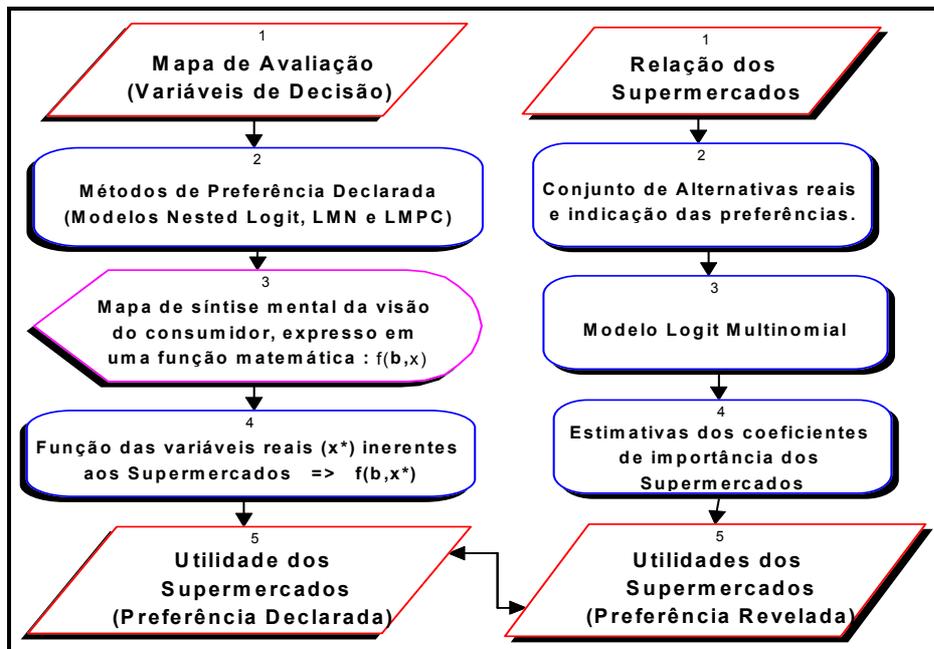
- a) Determinar as funções matemáticas que expressem a utilidade dos supermercados do ponto de vista da população amostrada;
- b) Identificar a relação de importância entre os atributos que influenciam os clientes na escolha de um supermercado para fazer as compras mensais;
- c) Identificar a porção da população, que determinado tipo de supermercado atende;
- d) Validar a aplicação dos testes, técnicas e metodologias de pesquisa de preferência declarada, PD;

Organização da pesquisa de campo

A organização da pesquisa de campo obedecerá ao organograma da figura 2 de forma a identificar: a relação entre os atributos que os clientes levam em consideração na escolha por um supermercado para fazer as compras, através dos dados de preferências declaradas; a utilidade dos supermercados em função das

preferências realizadas, com dados de preferência revelada; e, integrando as duas metodologias na busca do coeficiente de atratividade dos supermercados.

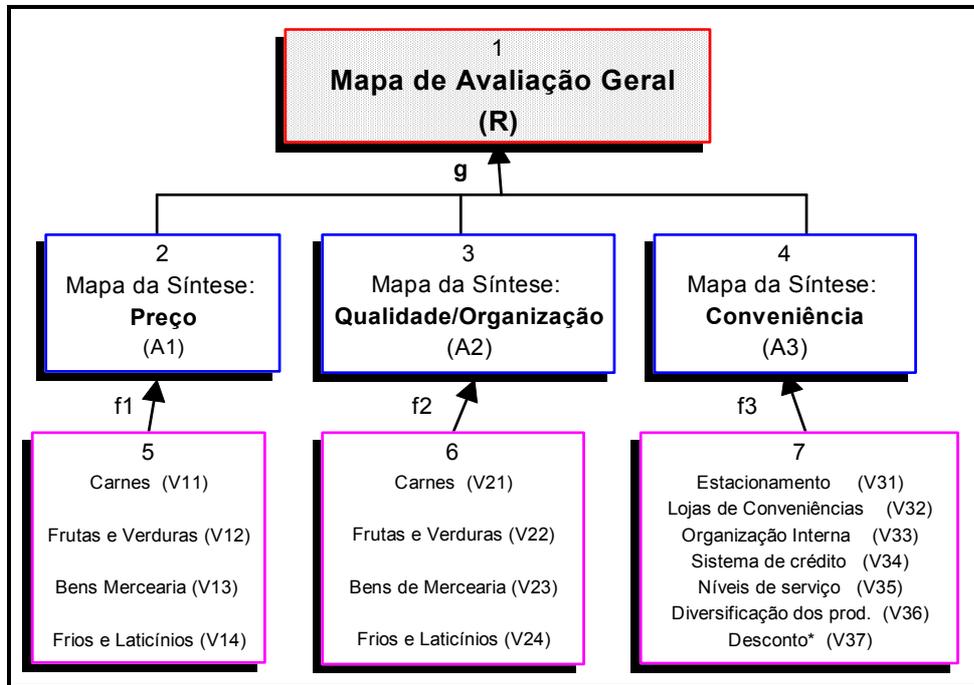
Figura 2 – Organograma da Aplicação (Pesquisa de Campo)



Forma de complexidade dos delineamentos experimentais na pesquisa de preferência declarada (PD) - Estrutura da pesquisa de preferência declarada.

Na aplicação, os atributos de decisão estarão organizados em áreas de interesses, conforme a figura 3, formando os mapas de síntese mental a respeito das variáveis latentes que os consumidores geralmente usam para tomar decisões sobre o local de compras mensais. A abordagem decomposicional terá como objetivo modelar em termos de função utilidade, as variáveis latentes: “preço”, “qualidade” e “conveniência”, a partir da avaliação subjetiva das alternativas, segundo uma regra de composição, e assim, estabelecer um julgamento global do ponto de vista dos consumidores. Por exemplo, Louviere e Meyer (1981) demonstram que as variáveis latentes: "preço", "qualidade/organização" e "julgamento de conveniência" dos supermercados são altamente preditivos para a escolha do supermercado e que indicam os interesses definidos pelos questionamentos: "Como são bons os preços?"; "Como é boa a qualidade?"; e "Como é conveniente este lugar para fazer compras?".

Figura 3 – Mapa de Avaliação Geral



Delineamento experimental especial : GERAL

Delineamento experimental associado às técnicas de preferências declaradas para o Modelo Logit Multinomial (LMN), com o objetivo de identificar os coeficientes de importância atribuídos a cada variável latente: *PREÇO*, *QUALIDADE / ORGANIZAÇÃO* e *CONVENIÊNCIA*, e estabelecer uma função matemática geral que relaciona as três áreas em um modelo único para a composição global.

$$FU \text{ (Mapa de Síntese Geral): } R = \beta_1 \cdot R(A_1) + \beta_2 \cdot R(A_2) + \beta_3 \cdot R(A_3)$$

- Os entrevistados serão inquiridos a respeito da ordem de importância que atribuem às variáveis: Preço, Qualidade/Organização e Conveniência (ordenamento).

Delineamento experimental: PREÇO

Delineamento experimental associado às técnicas de preferências declaradas para o Modelo Logit Hierárquico (LH), com o objetivo de identificar a variável latente *PREÇO* e responder a seguinte questão: *Onde os preços são percebidos pelos clientes?* Optou-se por Logit Hierárquico, tendo em vista que em testes simulados, os dados não atendiam aos critérios da propriedade IIA.

$$FU \text{ referente à variável PREÇO: } R(A_1) = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4.$$

Delineamento experimental: QUALIDADE

Delineamento experimental associado à técnica de preferência declarada para o modelo Logit Multinomial (LMN), com o objetivo de identificar a variável latente QUALIDADE/ORGANIZAÇÃO e responder a questão: *Como é boa a qualidade e a organização?*

$$\text{FU referente a variável QUALIDADE: } R(A_2) = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Delineamento experimental: CONVENIÊNCIA

Delineamento experimental associado às técnicas de preferência declarada para o modelo Logit Multinomial com Probabilidade Condicional (LMPC), com o objetivo de identificar a subárea CONVENIÊNCIA e responder a questão: *Como é boa a qualidade e a organização?*

$$\text{FU : } R(A_3) = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7$$

Delineamento experimental com dados de preferência revelada (PR).

Delineamento experimental associado à técnica de preferência revelada para o Modelo Logit Multinomial (LMN), com o objetivo de estimar os coeficientes da equação de regressão linear múltipla:

$$U^{\text{PR}} = \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{22} + \alpha_3 x_{33} + \alpha_4 x_{44} + \alpha_5 x_{55} + \varepsilon, \quad \text{onde:}$$

α é o vetor de parâmetro e α_i representa a utilidade do Supermercado i ;

X é a matriz de delineamento, e x_{ij} são os elementos de X .

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Cada linha da matriz de delineamento representa um supermercado.

Os parâmetros foram estimados utilizando-se da função de verossimilhança:

$$L^* = \prod_{n=1}^N \prod_{j=1}^2 \frac{e^{\alpha_j x_{jn}}}{\sum_{i=1}^5 e^{\alpha_i x_{ijn}}}, \quad \text{onde: } i \text{ indica os atributos (colunas da matriz } X); j$$

representa a indicação de preferência do supermercado e n a entrevista, do Modelo Logit Multinomial e método de maximização de Newton-Raphson, com busca unidirecional por seção áurea. Os entrevistados serão estimulados a indicarem dois supermercados onde normalmente realizam suas compras mensais na ordem de preferência.

Integração da preferência declarada com a revelada

Levando-se em consideração, que a utilidade real de um dado supermercado, possa ser explicada pelo coeficiente de utilidade, U^{PR} , esta função pode ser escrita como a soma da U^{PD} com um valor, Δ , não explicado pelos atributos da preferência declarada, ou seja: $U^{PR} = U^{PD} + \Delta$. Onde:

$$U^{PR} = \alpha_1 x_{11} + \alpha_2 x_{22} + \alpha_3 x_{33} + \alpha_4 x_{44} + \alpha_5 x_{55} \text{ (Preferência Revelada),}$$

$$U^{PD} = \beta_1 R(A_1) + \beta_2 R(A_2) + \beta_3 R(A_3) \quad \text{(Preferência Declarada).}$$

Assim, os valores Δ_i , relativos aos níveis reais dos atributos nos supermercados i ($i = 1, \dots, 5$), pode ser calculado pela diferença vetorial: $\Delta_i = \tilde{U}_i^{PR} - \tilde{U}_i^{PD}$.

Define a atratividade dos clientes, por um supermercado, expressa por fatores não definidos nos atributos da pesquisa de preferência declarada.

3.3 Amostragem

Dados descritivos dos atributos sociais

A pesquisa foi realizada de forma aleatória e sempre reservando uma borda de influência dos supermercados locais, de tal sorte a obter igualdade de representação dos segmentos amostrados. Foram realizadas 175 entrevistas. Por classe de renda: classe A, 22%; classe B, 32%; Classe C, 29% e classe D, 17%. Por sexo: feminino, 54% e masculino, 46%. Por escolaridade: ensino fundamental, 15%; ensino médio, 33% e ensino superior, 52%. Por idade: até 20 anos, 37%; de 21 a 35 anos, 56%; de 36 a 50 anos, 6% acima de 50 anos, 1%.

O entrevistado ao ser abordado era informado a respeito dos objetivos da pesquisa e da metodologia a ser adotada. Seguiu-se o mesmo formulário em todas as entrevistas e o processo de escolha se deu segundo os cenários descritos pelos conjuntos de cartões confeccionados de acordo com os delineamentos experimentais. Todos os cenários retratados nos cartões foram ilustrados com fotografias e desenho característicos.

Dados de Preferência Revelada: condições da amostra.

A tabela 3 apresenta os dados da indicação de dois supermercados, na ordem de preferência, onde os entrevistados realizam suas comparas mensais.

Tabela 3 - Indicação de Preferências por Tipo de Supermercado

Renda Familiar	Tipo A		Tipo B		Total
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	
Classe A	4	16	35	23	78
Classe B	19	37	37	19	112
Classe C	27	43	23	7	100
Classe D	22	21	8	9	60
Subtotal	72	117	103	58	350
Total	189		161		350

Observação: Percebe-se que existe uma diferenciação nítida no comportamento dos clientes, quando classificados por classes de renda e tipo de mercado. A Classe A (renda até R\$ 600) indica preferência nítida pelo mercado Tipo B (com níveis de serviços simplificados para baratear o custo dos produtos) e à medida que a renda aumenta, as posições vão sendo modificadas até atingir uma situação oposta.

4. Conclusão

Com o término dos trabalhos de análise e interpretação dos dados da pesquisa de campo, podem ser destacados os seguintes aspectos:

Comportamento do modelo adotado para a análise

Utilizou-se dos modelos: Logit Hierárquico, Logit Multinomial e Logit Multinomial com probabilidade Condicional e a aplicação da função Logit para determinar os coeficientes da análise de regressão múltipla com dados de preferência revelada. As estimativas dos parâmetros e testes de hipóteses foram calculados se utilizando o software denominado LMPC desenvolvido em ambiente Pascal (Delphi).

As análises com dados de preferências declaradas apresentaram um comportamento assintótico e convergente, onde o ponto de máximo da função foi obtido com até 5 iterações, através do processo de Newton-Raphson com busca unidirecional por seção áurea e apresentando variabilidades compatíveis com os dados. Desta forma pode-se concluir que o comportamento do modelo adotado esteve dentro do esperado e atende aos propósitos da pesquisa.

Quanto aos testes das estatísticas:

- *Razão de verossimilhança (LR)* – todos se apresentaram significativas ao nível de 99% de confiabilidade;

- *Coefficiente de correlação* (para função de verossimilhança) ρ^2 – tiveram seus valores entre o mínimo de 0,23 e máximo de 0,48, para os dados de PD e de 0,17 a 0,42, respectivamente, para os dados de PR, indicando uma correlação satisfatória, tendo em vista que 0,40 seria o ótimo.

Com os valores das avaliações dos atributos relativas aos supermercados em Guarapuava, aplicados na FU, obteve-se o valor de utilidade dos respectivos supermercados. Esta informação foi confrontada com os resultados dos dados de preferência revelada, como forma de validação da análise e em um segundo momento para determinar os Coeficientes de Atratividade dos Supermercados.

Foi constatado de forma geral, um ajuste muito bom entre os dados obtidos na pesquisa de preferência declarada e dados obtidos por preferência revelada. Conclui-se que a Função Utilidade definida pela composição de funções representa muito bem o comportamento dos consumidores.

Resultados obtidos a respeito das utilidades dos supermercados

Dentre os atributos sociais levantados, constatou-se que a segmentação por classes de renda é a que melhor agrupa as amostras, segundo as variabilidades, formando segmentos mais homogêneos, para o tipo de análise objetivada. Nas observações descritas a respeito dos dados comparativos entre U_i^{PD} e U_i^{PR} , de forma geral e segmentados por classes de renda familiar, pode ser constatado o seguinte: *Existe um comportamento diferenciado na população amostrada, quando a amostra é segmentada por classes de renda.* A tabela 4 e o gráfico 6 descrevem de forma gráfica a afirmativa citada anteriormente.

Tabela 4 – Dados percentual das utilidades: por tipo de mercados

	Classe A		Classe B		Classe C		Classe D		Média	
	Tipo A	Tipo B	Tipo A	Tipo B						
U_i^{PD}	50,9	49,1	51,0	49,0	50,9	49,1	54,2	45,8	52,2	47,8
U_i^{PR}	30,0	70,0	45,8	54,2	61,0	39,0	67,8	32,2	49,4	50,6

Uma das conclusões que se pode extrair da tabela 4 a respeito do comportamento da população amostrada é que as pessoas, quando inquiridas a respeito de suas opiniões, a serem expressas, através da ordenação dos cartões (Técnica de Preferência Declarada) revelam um comportamento quase isento das suas condições sociais, ou seja, um comportamento baseada em conceito adquiridos pelo convívio em sociedade, talvez influenciado pelos meios de comunicações e que apresentam diferenças em relação ao seu comportamento real. Isto explica o comportamento aproximadamente uniforme, entre as classes sociais, no que se refere

à valorização dos atributos e definição das utilidades dos supermercados. Mas, quando realizam as ações em função de sua condição social, buscam otimizar os recursos, externando comportamentos diferenciados conforme a classe de renda.

Por exemplo, observa-se que indivíduos da classe A, com renda até R\$ 600, e da classe D, com renda superior a R\$ 2.400, apresentam comportamento semelhantes quando analisados com dados de PD e comportamentos diferentes quando analisados com dados de PR. Os indivíduos da classe A preferem comprar nos Supermercados do tipo B e os da classe D preferem fazer suas compras nos supermercados do tipo A. As classes intermediárias vão alternado o comportamento e na análise geral os comportamentos são semelhantes.

A importância que o conhecimento dos resultados: da FU, dos dados comparativos, do comportamento da população e dados de benchmarking, traz para uma administração voltada para o cliente e que tenha compromisso com a imagem da empresa é a grande vantagem competitiva, ou seja, é o caminho da diferenciação que conduz à excelência .

Referências

ANDERSON, N. H. Functional measurement and psychological judgment. **Psychological Review**, v. 77, n. 3, p. 153-70, 1970.

BANZATTO, David A.; KRONKA, Sérgio do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal : FUNEP, 1989.

BASTOS, Lia Caetano. **Planejamento da rede escolar** : uma abordagem utilizando preferência declarada. Florianópolis, 1994. Tese de doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

BEN-AKIVA, Moshe; BOCCARA, Bruno. Discrete choice models with latent choice sets. **Research in Marketing**, v. 12, p. 9-24, 1995.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. Discrete choice analysis, **The MIT Press**, 1989.

BOSE, R. C.; NAIR, K. R. Partially balanced incomplete block designs. **Sankhyã**, 4, 337-372, 1939.

BOX, G. E.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J. Stuart. **Statistics for experimenters**. New York : John Wiley, 1978. 653 p.

COCHRAN, William G.; COX, Gerturude M. **Diseños Experimentales**. México : Trillas, 1978.

EFRÓN, A. J. **Indústria hoteleira em Balneário Camburiú : uma visão através de modelos de preferência declarada.** Florianópolis, 1995. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.

FISHER, R. A. **The design of experiments.** Oliver and Boyd, Edinburg, 4a. ed, 1947.

FREITAS, Ana Augusta Ferreira. **Modelagem comportamental dos decisores através de técnicas de preferência declarada: uma aplicação no setor imobiliário de Florianópolis, SC.** Florianópolis, 1995. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.

GONÇALVES, Natália M. **Economias de escala em uma linha de ônibus urbano : o enfoque micro - analítico.** Florianópolis, 1995. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.

HAHN, G. J.; SHAPIRO, S. S. A catalogue and computer programmer for design and analysis of orthogonal symmetric and asymmetric fractional experiments. **General Electric Research and development Center Report.** N. 66-C-165, Schenectady, New York, 1966.

HENSHER, David A. et. all. Urban toll-ways and the valuation of travel time saving. **The Economic Record** 66(193), p. 146-156, 1989.

_____. Stated preference analysis of travel choice : the state of practice. **Transportation**, Netherlands, n. 21, p. 107-133, 1994.

KEMPTHORNE, Oscar. **The design and analysis of experiments.** New York : John Willy, 1967.

KITAMURA, R.; LAM, T. A model of constrained binary choice. In: J. Volmuller and R. Hamerslag (eds.), **Proceedings of the Ninth International Symposium on Transportation and Traffic Theory**, p. 493-512. Utrecht, The Netherlands : VNU Science Press. 1984.

KROES, Eric P.; SHELDON, Robert J. Stated preference methods. An introduction. **Journal of Transport Economics and Policy**, London, v. XXII, n. 1, p. 11-25, January 1988.

LANCASTER, K. A new approach to consumer theory. **Journal of Political Economy**, n. 74, p. 132-157, 1966.

LOUVIERE, Jordan J. Conjoint analysis modeling of stated preferences : a review of theory, methods, recent developments and external validity. **Journal of Transport Economics and Policy**, London, v. XXII, n. 1, p. 93-119, January 1988.

_____; MEYER, Robert. A composite attitude-behavior model of traveler decision Making. **Transportation Research**, 15B, p. 411-420, December, 1981.

_____; HENSHER, D. A. Using discrete choice models with experiments design data to forecast consumer demand for a unique cultural event. **Journal of Consumer Research**. v. 3, p. 348-381, 1983.

_____; GAETH, Gary J. Decomposing the determinants of retail facility choice using the method of hierarchical information integration: a supermarket illustration. **Journal of Retailing**, Aiwa City, Iowa, v. 63, n. 1, p. 25-47, Spring 1987.

_____. Conjoint analysis. In: BAGOZZI, R. P. **Methods of marketing research**. Cambridge, USA : Blackwell Publishes, p. 223-259, 1994.

MANN, H. B. **Analysis and design of experiments**. New York : Dover Publications, 1949.

MAY, Gabriela de Oliveira. **Uma aplicação das técnicas de preferência declarada ao setor hoteleiro de Florianópolis**. Florianópolis, 1996. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.

McFADDEN, Daniel L. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. **Frontiers in Econometrics**, New York : Academic Press. p. 105-142. 1974.

McLEAN, R.; ANDERSON, V. L. **Applied factorial and fractional designs**, New York : Marcol Derbei, Inc, 1994.

MEAD, R. The non-orthogonal designs of experiments. **J. R. Statistic. Soc.**, v. 153, Part 2, p. 151-201, 1990.

MILLER, G. A. **The magic number seven plus or minus two: some limits on the capacity for processing information**. Psych. Rev. 63, p. 81-97, 1956.

MORIKAWA, T. **Incorporating stated preference data in travel demand analysis**, Ph.D. Thesis, MIT, 1989.

ORTUZAR, Juan de Dios; WILLUMSEN, Luis G. **Modeling transport**. Chichester England : John Wiley & Sons, 1990.

PIMENTEL, GOMES, F., **Curso de Estatística Experimental**, 12 ed. rev. amp., Piracicaba: Nobel, 1987.

ROSS, Phillip J. **Aplicações das técnicas de Taguchi na engenharia da qualidade**. São Paulo : Makkron, 1991.

SOUZA, Osmar A.; NOVAES, A. G. N. Sobre o uso da transformação no modelo logit multinomial associado às técnicas de preferência declarada. **Congresso**

Nacional de pesquisa e ensino em transportes, Fortaleza, n. 12, v. 1, p. 469-478, 1998.

SOUZA, Osmar Ambrosio de. **Delineamento experimental em ensaios fatoriais utilizados em experiencia declarada**. Florianopolis: [s.n.], 1999. 179p

SWAIT, J. **Probabilistic choice set formation in transportation demand models**. Unpublished Ph.D. Dissertation, MIT, Cambridge, MA, 1984.

TAGUCHI, Genichi. **System of experimental design : engineering methods to optimize quality and minimize costs**. New York : Kaus I. P., 1988.

VIEIRA, Hélio Flávio. **Uma visão empresarial do processo de exportação de produtos containerizados catarinense e análise do nível de serviço**. Florianópolis, 1996. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.

YATES, Frank. Incomplete randomized blocks. In: **Experimental design : selected papers of Frank Yates**. London : Charles Griffin, 1936.