

DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA DE TURNBULL APLICADA NA TOMADA DE DECISÃO EM BENFEITORIAS AMBIENTAIS E PAISAGÍSTICAS

Luis Felipe Dias Lopes

Roberto De Gregori

Wesley Vieira da Silva

Resumo:

A distribuição empírica de Turnbull é uma distribuição que assume uma função utilidade ou uma distribuição específica para a Disposição a Pagar (DAP). Este método é uma alternativa prática para a incrementação de modelos econométricos. Esta técnica foi utilizada por Carson et al. (1994) e adotada por Haab & McConnell (1995). Os valores da DAP servirão como tomada de decisão no cálculo das benfeitorias dos projetos ambientais e paisagísticos do bairro Humaitá/Navegantes de Porto Alegre - RS. Esta metodologia servirá para avaliar o custo mensal por residência num período de 20 anos, no que se refere à preservação ambiental, recuperação de praças, parques e áreas de lazer; tratamento de esgotos sanitários; canalização de cursos d'água, etc. Os valores estimados para a DAP (ambiental) foi de R\$ 6,62, a DAP (paisagístico) foi de R\$ 8,12 e ambos os projetos executado conjuntamente o valor estimado ficou em torno de R\$ 9,18.

Palavras-chave:

Área temática: *Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social*

DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA DE TURNBULL APLICADA NA TOMADA DE DECISÃO EM BENFEITORIAS AMBIENTAIS E PAISAGÍSTICAS

Luis Felipe Dias Lopes

Universidade Federal de Santa Maria

phil.zaz@zaz.com.br

Roberto de Gregori

Universidade Regional Integrada

Wesley Vieira da Silva

Pontifício Universidade Católica

A distribuição empírica de Turnbull é uma distribuição que assume uma função utilidade ou uma distribuição específica para a Disposição a Pagar (DAP). Este método é uma alternativa prática para a incrementação de modelos econométricos. Esta técnica foi utilizada por Carson *et al.* (1994) e adotada por Haab & McConnell (1995). Os valores da DAP servirão como tomada de decisão no cálculo das benfeitorias dos projetos ambientais e paisagísticas do bairro Humaitá/Navegantes de Porto Alegre - RS. Esta metodologia servirá para avaliar o custo mensal por residência num período de 20 anos, no que se refere à preservação ambiental, recuperação de praças, parques e áreas de lazer; tratamento de esgotos sanitários; canalização de cursos d'água, etc. Os valores estimados para a DAP (ambiental) foi de R\$ 6,62, a DAP (paisagístico) foi de R\$ 8,12 e ambos os projetos executado conjuntamente o valor estimado ficou em torno de R\$ 9,18.

Área temática: Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social

DISTRIBUIÇÃO EMPÍRICA DE TURNBULL APLICADA NA TOMADA DE DECISÃO EM BENFEITORIAS AMBIENTAIS E PAISAGÍSTICAS

1 INTRODUÇÃO

A estimativa da distribuição empírica de Turnbull para grupos e intervalos de dados censurados foi utilizada por Carson *et al.* (1994) e Haab & McConnell (1995). A distribuição de Turnbull é uma distribuição empírica que assume uma função utilidade ou uma distribuição específica para a Disposição a Pagar (DAP), este método é uma alternativa prática para a incrementação de modelos econométricos. Vem a ser uma estimativa extremamente fácil de ser calculada, e pode ser estimado em uma simples tabela de cálculo.

Considerando o questionamento do valor de contingência, os entrevistados são questionadas:

“Você pagaria uma quantia C_j pelas benfeitorias?”

C_j 's vem a ser indexadores para $j = 0, 1, \dots, M+1$.

Se $C_j > C_k$ para $j > k$ e $C_0 = 0$, onde p_j é a probabilidade dos entrevistados pagarem o valor C_{j-1} até C_j . Isto pode ser escrito da seguinte forma:

$p = p(C_{j-1} \leq w \leq C_j)$ para $j = 1, \dots, M+1$.

Na maioria das aplicações do valor de contingência, $C_{M+1} = \infty$. Alternativamente a função de distribuição acumulada (f.d.a) é escrita da seguinte forma:

$F_j = p(w \leq C_j)$ para $j = 1, \dots, M+1$; onde $F_{M+1} = 1$.

onde

$p_j = F_j - F_{j-1}$.

e $F_0 \equiv 0$. O Turnbull pode ser estimado para cada F_j , $j = 1 \rightarrow M$ ou p , $j = 1 \rightarrow M$, para tais parâmetros.

Quando os F_j 's são parâmetros a função de verossimilhança pode ser caracterizada da seguinte forma:

$$L(F; N, Y) = \sum_{j=1}^M N_j \ln(F_j) + Y_j \ln(1 - F_j); \quad (1.1)$$

onde:

N_j = número de entrevistados que responderão “NÃO” para C_j ;

Y_j = número de entrevistados que responderão “SIM” para C_j ;

$(1 - F_M) = p_{M+1}$ = probabilidade de w ser maior que o mais alto valor de C_j .

isso pode ser expresso da forma:

$$L(F; N, Y) = \sum_{j=1}^M \left[N_j \ln \left(\sum_{i=1}^j p_i \right) + Y_j \ln \left(1 - \sum_{i=1}^j p_i \right) \right]; \quad (1.2)$$

é claro que (1.2) contem p_j 's cuja soma é 1 (100%). Entretanto, para cada p_j constitui-se uma função de densidade válida, elas devem ser não negativas e dentro do intervalo unitário (100%). Se

$$\frac{N_j}{N_j + Y_j} > \frac{N_{j-1}}{N_{j-1} + Y_{j-1}} \quad \forall 1 \rightarrow M, \quad \text{onde} \quad p_j = \frac{N_j}{N_j + Y_j} - \frac{N_{j-1}}{N_{j-1} + Y_{j-1}},$$

essas probabilidades tem complemento natural $\frac{N_j}{N_j + Y_j}$ e a proporção dos

entrevistados que responderão “NÃO” para C_j , bem como vem a ser um estimador natural de F_j . Portanto, o estimador de p_j pode ser definido por:

$$p_j = F_j - F_{j-1} \quad \text{onde} \quad F_j = \frac{N_j}{N_j + Y_j}.$$

Se os dados coincidirem perfeitamente com a expectativa inicial, cujo pagamento mais elevado apresenta uma proporção maior para as respostas “NÃO”, então a função de distribuição empírica deverá ser estimada. Contudo, certamente as respostas não coincidem exatamente com as expectativas. Define-se então:

$$N^*_j = N_j + N_{j-1} \quad \text{e} \quad Y^*_j = Y_j + Y_{j-1}$$

em função disso reestima-se p_j pela função:

$$p_j = \frac{N^*_j}{N^*_j + Y^*_j} - \sum_{k=1}^{j-2} p_k. \quad (1.3)$$

Se p_j ainda for negativo, então o processo é repetido.

$$N^{**}_j = N_j + N_{j-1} + N_{j-2} \quad \text{e} \quad Y^{**}_j = Y_j + Y_{j-1} + Y_{j-2},$$

$$p_j = \frac{N^{**}_j}{N^{**}_j + Y^{**}_j} - \sum_{k=1}^{j-3} p_k. \quad (1.4)$$

Esse cálculo será feito até que $p_j > zero$. Quando p_j for positivo, p_{j+1} será calculado até concluírem-se todos os p_j 's. Um simples procedimento para calcular os p_j 's manualmente deve-se seguir a seguinte seqüência:

- i) para $j = 1-M$, calcula-se $F_j = \frac{N_j}{N_j + Y_j}$;
- ii) começando com $j = 1$ compara-se F_j com F_{j+1} ;
- iii) se $F_{j+1} > F_j$ então se continuam os cálculos;
- iv) se $F_{j+1} \leq F_j$ se juntam às células j e $J+1$ até 1, com o intervalo $(C_j, C_{j+2}]$;
- v) continuando até a possibilidade de incrementação da função de densidade acumulada (f.d.a.);
- vi) calcular a função de densidade de probabilidade (f.d.p.) com uma etapa diferente da finalização da f.d.a..

Uma vantagem do cálculo direto da função de distribuição empírica é a facilidade de encontrar os erros padrões. As derivações seguintes são baseadas na suposição de que a célula original seja suficientemente unida a fim de permitir uma maximização não contrária para a função de previsão.

Para derivar a matriz de variância e covariância reformula-se a função de previsão dentro dos termos de F_j como na equação (1.1). As condições de primeira ordem a respeito de F_j é dado por:

$$\frac{\partial L}{\partial F_j} = \frac{N_j}{F_j} - \frac{Y_j}{(1 - F_j)}$$

e a matriz das derivadas de segunda ordem e a matriz diagonal com os termos:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial F_j^2} = -\frac{N_j}{F_j^2} - \frac{Y_j}{(1 - F_j)^2},$$

na diagonal, portanto o erro padrão para F_j é

$$S.E.(F_j) = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 L}{\partial F_j^2}\right)^{-1}} = \sqrt{\frac{F_j^2(1 - F_j)^2}{(1 - F_j)^2 N_j + F_j^2 Y_j}} \quad (1.5)$$

Assim ficando:

$$S.E.(F_j) = \sqrt{\frac{F_j(1 - F_j)}{N_j + Y_j}} \quad (1.6)$$

A equação (1.6) deverá ser conhecida como sendo o erro padrão para $(N_j + Y_j)$ para uma distribuição binomial com probabilidades F_j e $(1 - F_j)$.

Os F_j 's são as funções densidade acumulada (f.d.a.) e os p_j 's são as funções densidade de probabilidade (f.d.p.).

$$F_j = \sum_{k=1}^j p_k$$

implementado por

$$p_j = F_j - F_{j-1}$$

onde F_j e F_{j-1} tem covariância zero.

$$V(p_j) = \frac{F_j(1 - F_j)}{N_j + Y_j} + \frac{F_{j-1}(1 - F_{j-1})}{N_{j-1} + Y_{j-1}} \quad (1.7)$$

Quando o valor previsto de F_j é substituído. A covariância (p_i, p_j) é dada por:

$$\text{COV}(p_i, p_j) = \begin{cases} -\text{VAR}(F_i) & \text{se } i = j - 1 \text{ ou } j = i - 1 \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (1.8)$$

Carson *et al.* (1994) usou o Turnbull no contexto da verificação de danos e enfatizou a conservação natural da Disposição a Pagar (DAP). Ele fez uma minimização da suposição da DAP em função de uma estimativa da DAP como uma forma do menor valor, através da média do benefício da estimativa do menor valor da DAP. Mostrou que a DAP pode ser calculada em função da

$$E(WTP) = \int_0^{\infty} WTP \, dF(WTP) = \sum_{i=1}^{M+1} \int_0^{C_i} WTP \, dF(WTP)$$

Revendendo a DAP pelo menor valor de cada intervalo obtém-se o menor valor estimado para a DAP como sendo:

$$E(LB_{WTP}) = 0 \cdot P(0 \leq w < C_1) + C_1 \cdot P(0 \leq w < C_2) + \dots + C_m \cdot P(0 \leq w < C_{m+1}) = \sum_{j=1}^{M+1} C_{j-1} \cdot p_j$$

onde $P_{M+1} = 1 - F_M$. A variância do menor valor é dado por:

$$V\left(\sum_{j=1}^{M+1} p_j C_{j-1}\right) = \sum_{j=1}^{M+1} C_{j-1}^2 V(F_j) + V(F_{j-1}) - 2 \sum_{j=1}^M C_j C_{j-1} V(F_j) \quad (1.9)$$

Então essas fórmulas podem ser calculadas facilmente através de uma tabela simples de proporções de “SIM’s” ou “NÃO’s” e o número total de entrevistados para cada grupo.

Uma das vantagens do Turnbull é a facilidade com que cada uma das estimativas do cálculo do benefício pode ser determinado. O estimador de Turnbull permite a incorporação das covariâncias mais a diante, tanto que os dados podem ser particionados de acordo com os grupos de covariâncias.

2 ESTUDO DE CASOS

Para determinar a viabilidade do projeto ambiental e paisagístico do bairro Humaitá/Navegantes de Porto Alegre - RS foi utilizada a metodologia da Avaliação

Contingente (*Contigent Valuation*) pelo Método de Turnbull. Esta metodologia servirá para avaliar a preservação ambiental, preservação e recuperação de praças, parques e áreas de lazer; tratamento de esgotos sanitários; canalização de cursos d'água, etc.

Esta técnica permitirá também, estimar através da análise das questões elaboradas na pesquisas de campo, a Disposição a Pagar (DAP) da população beneficiária pelo serviço oferecido. Nos questionários foram disponibilizadas perguntas relacionadas ao meio ambiente e a situação paisagística, com as respectivas faixas de preços.

2.1 Cálculo da DAP

Os dados a seguir referem-se ao cálculo da DAP para a viabilização dos projetos ambientais e paisagísticos do bairro Humaitá/Navegantes:

2.1.1 Geral (Ambiental e Paisagística) (n = 220 residências)

A tabela 1 representa a quantidade de respostas Não e Sim ao pagamento da DAP, os questionários foram divididos em dois tipos: 111 residências para o projeto ambiental e 109 residências para o paisagístico e os mesmos foram subdivididos em 4 em função dos valores diferenciados da DAP (R\$ 10,00; R\$ 15,00; R\$ 20,00 e R\$ 25,00) que vem a ser linhas da tabela.

Tabela 1 – Freqüências de respostas Não e Sim das questões relacionadas a DAP – Geral (Ambiental e Paisagístico)

VALORES R\$	Freq. Não	%	Freq. Sim	%	Freq. N. Aplica	%	Total	%
	0	0	0	0	-	-	0	100,00%
10	26	46,43%	30	53,57%	-	-	56	100,00%
15	21	38,18%	34	61,82%	-	-	55	100,00%
20	51	94,44%	3	5,56%	-	-	54	100,00%
25	50	90,91%	5	9,09%	-	-	55	100,00%
Não se aplica	-	-	-	-	0	100%	0	100,00%
Total Grupo	148	67,3%	72	32,7%	0	0,0%	220	---

A tabela 2 refere-se a cálculo da DAP pelo método de Turnbull:

Tabela 2 – Cálculo da DAP – Geral (Ambiental e Paisagístico)

C _j VALORES	N _j F. Não	F _j %	p _j	V(F _j)	DAP _j (R\$)	C _{j-1} ² *(V(F _j)+V(F _{j-1}))	C _j *C _{j-1} *V(F _j)
0	-	-	-	-	-	-	-
10	26	46,43%	46,43%	0,00957	0,00	0	0
15	21	38,18%	-8,25%	0,01124	-0,82	2,080599595	1,685950413
20	51	94,44%	56,26%	0,00103	8,44	2,760407101	0,308641975
25	50	90,91%	-3,54%	0,00165	-0,71	1,072679659	0,826446281
Infinito	-	100,0%	9,09%	-	2,27	1,033057851	-
Total Grupo	148	67,3%	-	DAP(R\$) 9,18		Variância (DAP(R\$))= 1,304666867	D. Padrão (DAP(R\$))= 1,142220148

onde:

C_j = categorias;

N_j = Número de entrevistados que responderão NÃO por categoria (C_j);

F_j = percentual de NÃO em relação ao número de entrevistados na categoria;

$p_j = F_j - F_{j-1}$;

$$V(F_j) = \frac{F_j \cdot (1 - F_j)}{N_j}$$

$$DAP_j (R\$) = C_{j-1} \cdot P_j;$$

$$\text{Variância (DAP(R\$))} = \sum_{j=1}^{M+1} C_{j-1}^2 \cdot V(F_j) + V(F_{j-1}) - 2 \sum_{j=1}^M C_j C_{j-1} V(F_j);$$

$$D. \text{ Padrão} = \sqrt{\text{Variância (DAP (R\$))}} .$$

Observa-se na tabela acima que as famílias estão dispostas a pagar R\$ 9,18 por mês durante um período de 20 anos pelos projetos ambiental e paisagístico.

2.1.2 Calculo da DAP – Ambiental (n = 111 famílias)

Os mesmos procedimentos utilizados na tabela 1 e 2 serão utilizados nas tabelas a seguir, a fim de determinar a DAP para cada projeto em separado.

Tabela 3 – Freqüências de respostas Não e Sim das questões relacionadas a DAP - Ambiental

VALORES R\$	Freq. Não	%	Freq. Sim	%	Freq. N. Aplica	%	Total	%
	-	-	0	0	-	-	0	-
10	14	50,00%	14	50,00%	-	-	28	100,00%
15	23	82,14%	5	17,86%	-	-	28	100,00%
20	25	92,59%	2	7,41%	-	-	27	100,00%
25	26	92,86%	2	7,14%	-	-	28	100,00%
Não se aplica	-	-	-	-	0	100%	0	100,00%
Total Grupo	88	79,3%	23	20,7%	0	0,0%	111	-

Tabela 4 – Cálculo da DAP – Ambiental

C_i VALORES	N_i F. Não	F_i %	p_i	$V(F_i)$	DAP_i (R\$)	$C_{i-1}^2 \cdot (V(F_i) + V(F_{i-1}))$	$C_i \cdot C_{i-1} \cdot V(F_i)$
0	-	-	-	-	-	-	-
10	14	50,00%	50,00%	0,01786	0,00	0	0
15	23	82,14%	32,14%	0,00638	3,21	2,423469388	0,956632653
20	25	92,59%	10,45%	0,00274	1,57	2,05223293	0,823045267
25	26	92,86%	0,26%	0,00255	0,05	2,117801853	1,275510204
Infinito		100,0%	7,14%	-	1,79	1,594387755	-
Total Grupo	88	79,3%	-	DAP(R\$) 6,62		Variância (DAP(R\$))= 2,077515677	D. Padrão (DAP(R\$)) = 1,441358969

Na tabela 4 determinou-se que as famílias estão dispostas a pagar R\$ 6,62 por ano pelo projeto ambiental.

2.1.3 Cálculo da DAP – Paisagístico (n = 109 residências)

Tabela 5 – Frequências de respostas Não e Sim das questões relacionadas a DAP - Paisagístico

VALORES R\$	Freq. Não	%	Freq. Sim	%	Freq. N. Aplica	%	Total	%
-	-	-	0	0	-	-	0	-
10	12	42,86%	16	57,14%	-	-	28	100,00%
15	18	66,67%	9	33,33%	-	-	27	100,00%
20	26	96,30%	1	3,70%	-	-	27	100,00%
25	24	88,89%	3	11,11%	-	-	27	100,00%
Não se aplica	-	-	-	-	0	100%	0	100,00%
Total Grupo	80	73,4%	29	26,6%	0	0,0%	109	-

Tabela 6 – Cálculo da DAP – Paisagístico

C _j VALORES	N _j F. Não	F _j %	p _j	V(F _j)	DAP _j (R\$)	C _{j-1} ² *(V(F _j)+V(F _{j-1}))	C _j *C _{j-1} *V(F _j)
0	-	-	-	-	-	-	-
10	12	42,86%	42,86%	0,02041	0,00	0	0
15	18	66,67%	23,81%	0,01235	2,38	3,275384228	1,851851852
20	26	96,30%	29,63%	0,00137	4,44	3,086419753	0,411522634
25	24	88,89%	-7,41%	0,00412	-1,48	2,19478738	2,057613169
Infinito		100,0%	11,11%	-	2,78	2,572016461	-
Total Grupo	80	73,4%	-	DAP(R\$) 8,12		Variância (DAP(R\$))= 2,486632513 D. Padrão (DAP(R\$))= 1,576905994	

Na tabela 6 observou-se que as famílias estão dispostas a pagar R\$ 8,12 por ano pelo projeto paisagístico.

3 CONCLUSÃO

Em função das respostas de viabilização da população beneficiada, chegou-se a um valor estimado para o custo da DAP para a execução dos projetos ambiental e paisagístico de R\$ 9,18 por mês por domicílio. Para a execução do projeto ambiental a DAP ficou estimada em R\$ 6,62 por mês e para o projeto paisagístico estimou-se a DAP em R\$ 8,12 por mês. Em função das respostas encontradas para o cálculo da DAP observou-se que os moradores estão mais preocupados em preservar e recuperar praças, parques e áreas de lazer (paisagismo) do que do fazer o tratamento de esgotos sanitários e canalização de cursos d'água (ambiente).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carson, R. T.; Wilks, L.; Imber, D. Valuing the preservation of Australia's kakadu conservation zone. **Oxford Economic Papers**. 46: 727-749, 1994.

Haab, T.; McConnell, K.E. Referendum models and negative willingness to pay: alternative solutions. **Unpublished paper**. 1995.

Harrison, G. W.; B. Kriström On the interpretation of responses to contingent valuation questionnaires. In: **Current Issues in Environmental Economics**, Manchester University Press, Manchester. 1995.

Mitchell, R. C.; Carson, R. T. **Using surveys to value public goods: the contingent valuation method**. Resources for the Future, Washington, D.C. 1989.

McConnell, K. E. **Issues in estimating benefits with Non-Market methods**. University of Maryland. Paper prepared for Inter-American Development Bank. 1995.

Silverman, B. **Density estimation for statistics and data analysis** London: Chapman-Hall. 1986.

Turnbull, B. W. The empirical distribution function with arbitrarily grouped, censored and truncated data, In: **Journal of the Royal Statistical Society B**, 38, 290-295, 1976.