

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA – USP
RELATÓRIO DE CONSULTA

TÍTULO: “Estudos de marcação por meio de etiquetas externas em duas espécies de Tucunarés (Cichla – CICHLIDAE – PERCIFORMES)”

PESQUISADOR: Alec Krüse Zeinad

ORIENTADORA: Profª Drª Ana Maria de Souza

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Wagner Intelizgamo

INSTITUIÇÃO: Instituto de Biociências – USP

FINALIDADE: Mestrado

PARTICIPANTES DA ENTREVISTA: Alec Krüse Zeinad

Ana Maria de Souza

Antonio Carlos Pedroso de Lima

Rinaldo Artes

Bianca de Carla Hernandez Matos

DATA: 26/09/2000

FINALIDADE DA CONSULTA: Assessoria no planejamento do experimento

RELATÓRIO ELABORADO POR: Bianca de Carla Hernandez Matos

1. INTRODUÇÃO

Os peixes tucunarés (gênero *Cichla*), abundantes na região amazônica do Brasil, têm grande importância na pesca comercial e esportiva. No entanto, há poucos dados sobre a biologia dessas espécies no Brasil. Através da marcação por meio de etiquetas e recaptura dos peixes, é possível obter dados referentes à taxa de crescimento, idade, longevidade e migração, entre outros, permitindo o estudo dessas populações.

Esse trabalho tem dois objetivos principais. O primeiro, consiste em comparar, com relação à taxa de mortalidade provocada nos peixes, 3 diferentes tipos de iscas, sendo que cada tipo pode ter ou não uma farpa em sua extremidade (totalizando 6 possibilidades de iscas). Vale dizer que, devido à importância dessa espécie de peixe na prática de pesca esportiva, é desejável que a isca utilizada provoque o mínimo possível de mortalidade. O segundo objetivo consiste em comparar 7 marcas de etiquetas, produzidas originalmente para marcação de outras espécies de peixe que não o Tucunaré, com relação à taxa de retenção. Ou seja, deseja-se estudar quais marcas disponíveis no mercado melhor se adaptam à marcação de tucunarés, proporcionando uma alta proporção de fixação, por um longo período de tempo. Em ambos os objetivos serão consideradas duas espécies de tucunarés.

Esse relatório apresenta os tamanhos amostrais necessários para realizar as comparações de interesse, levando-se em conta o procedimento experimental descrito a seguir.

2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E DAS VARIÁVEIS

O experimento a ser realizado para efetuar as comparações de interesse consiste de duas etapas:

2.1. ETAPA 1

Serão pescados tucunarés de 2 espécies, com os 6 tipos de iscas disponíveis (3 diferentes tipos, com e sem farpa). Os animais pescados serão sedados para evitar qualquer trauma causado pelo transporte, e levados para um tanque rede,

no qual permanecerão por um período de 10 dias. Após esse período, serão obtidas as quantidades de peixes mortos para as 12 combinações de espécies, iscas e farpas em estudo.

Assim, as variáveis consideradas nessa etapa do experimento são:

- Variável resposta: número de peixes mortos;
- Fatores:
 - Espécie (com dois níveis, denominados Espécie 1 e Espécie 2);
 - Isca (com 3 níveis, que serão denominados Isca 1, Isca 2 e Isca 3);
 - Farpa (com 2 níveis: sem farpa e com farpa).

2.2. ETAPA 2

Os peixes sobreviventes da primeira etapa do experimento serão utilizados na segunda etapa para efetuar o estudo dos tipos de etiqueta. Esses peixes, das duas espécies, serão divididos convenientemente e marcados com os 7 tipos de etiquetas em estudo, sendo mantidos em tanques rede (serão utilizados 7 tanques rede, um para cada tipo de etiqueta). As quantidades de etiquetas de cada tipo que se soltaram dos peixes serão contadas após 30, 60 e 90 dias.

As variáveis envolvidas nessa etapa do estudo são:

- Variável resposta: número de etiquetas que se soltaram
- Fatores:
 - Espécie (com 2 níveis, denominados Espécie 1 e Espécie 2);
 - Etiqueta (com 7 níveis, denominados Etiqueta 1,..., Etiqueta 7).

3. CÁLCULO DOS TAMANHOS AMOSTRAIS NA ETAPA 1

Consideraremos tamanhos amostrais iguais para cada uma das 12 combinações de espécie, isca e farpa. Seja n_I o número de peixes a serem pescados na Etapa 1 para cada uma dessas combinações, sendo que o índice I serve para explicitar que estamos tratando de tamanhos amostrais para iscas, em oposição aos tamanhos amostrais para etiquetas, os quais serão tratados posteriormente. Nesse caso, o tamanho total da amostra será de $12n_I$ peixes.

Esses tamanhos amostrais são esquematizados na Tabela 1.

TABELA 1 – Tamanhos amostrais para as combinações de espécie, isca e farpa

	Espécie 1			Espécie 2		
	Isca 1	Isca 2	Isca 3	Isca 1	Isca 2	Isca 3
Sem farpa	n_I	n_I	n_I	n_I	n_I	n_I
Com farpa	n_I	n_I	n_I	n_I	n_I	n_I

Denotaremos por m_{ijk}^I o número de peixes mortos da i -ésima espécie ($i=1,2$), utilizando-se a j -ésima isca ($j=1,2,3$) e $k=1,2$ correspondendo, respectivamente, a iscas sem e com farpa. Esses números são exibidos esquematicamente na Tabela 2.

TABELA 2. Quantidade de peixes mortos para as combinações de espécie, isca e farpa

	Espécie 1			Espécie 2		
	Isca 1	Isca 2	Isca 3	Isca 1	Isca 2	Isca 3
Sem farpa	m_{111}^I	m_{121}^I	m_{131}^I	m_{211}^I	m_{221}^I	m_{231}^I
Com farpa	m_{112}^I	m_{122}^I	m_{132}^I	m_{212}^I	m_{222}^I	m_{232}^I

Dessa forma, as proporções de peixes mortos, calculadas das amostras, serão dadas por $p_{ijk}^I = m_{ijk}^I / n_I$ (por exemplo, p_{123}^I refere-se à proporção de peixes mortos da espécie 1, com isca 3 com farpa), que são estimativas das proporções populacionais de peixes mortos π_{ijk}^I .

Temos interesse em calcular valores n_I que nos permitam identificar diferenças pequenas entre as proporções populacionais de morte causadas por cada isca. Uma forma de efetuar esse cálculo é através da utilização de intervalos

de confiança para as diferenças entre as proporções populacionais de morte das iscas, tomadas duas a duas. A seguir, são apresentados os cálculos dos tamanhos amostrais utilizando dois métodos para a construção de intervalos de confiança: método de Bonferroni e método de Tukey.

3.1. MÉTODO DE BONFERRONI

Nesse método, o intervalo de confiança, com coeficiente de confiança $1 - \alpha$ para a diferença entre as probabilidades π_{ijk}^I e π_{lmn}^I tem a seguinte forma:

$$IC(\pi_{ijk}^I - \pi_{lmn}^I; \alpha) = p_{ijk}^I - p_{lmn}^I \mp z \sqrt{\frac{p_{ijk}^I (1 - p_{ijk}^I)}{n_I} + \frac{p_{lmn}^I (1 - p_{lmn}^I)}{n_I}} = p_{ijk}^I - p_{lmn}^I \mp erro \quad (1),$$

sendo que z é obtido a partir da distribuição normal padrão, e deve ser escolhido de acordo com o coeficiente de confiança fixado. Assumiremos que existe interesse em comparar os 6 tipos de iscas (3 tipos, com e sem farpa) somente entre peixes da mesma espécie. Desta forma, devemos construir $\binom{6}{2} = 15$ intervalos de confiança referentes aos peixes da espécie 1, e outros 15 referentes à espécie 2 (um intervalo para cada par de iscas).

Para identificar diferenças pequenas entre as probabilidades de morte, é importante que esses intervalos de confiança tenham uma amplitude pequena, o que é obtido através da escolha conveniente dos tamanhos amostrais n_I .

Devido ao grande número de intervalos de confiança a serem construídos, é necessário fixar um coeficiente de confiança global, que é a confiança que teremos de que todos os intervalos construídos contenham os verdadeiros valores das diferenças entre proporções (ver Neter et al, 1990). De acordo com o método de Bonferroni, o coeficiente de confiança utilizado em cada um dos 15 intervalos individuais (para cada espécie) será igual ao coeficiente global fixado dividido por 15.

Outra questão importante para calcular os tamanhos amostrais é o fato de não conhecermos, a priori, as proporção amostrais p_{ijk}^I 's. Uma opção, nesse caso, é utilizar intervalos de confiança conservativos, substituindo as proporções amostrais por 0,5. Desta forma, o valor do erro é o máximo possível, permitindo-nos calcular tamanhos amostrais que garantam a precisão desejada com segurança. A desvantagem desta abordagem é que o tamanho amostral obtido pode ser desnecessariamente grande. Outra alternativa é utilizar como estimativas desses valores a opinião dos pesquisadores responsáveis pelo trabalho a respeito da taxa de mortalidade das diferentes iscas. Os intervalos de confiança obtidos dessa segunda forma serão denominados “otimistas”. Maiores informações sobre o método de Bonferroni podem ser obtidas em Neter et al (1990).

A seguir, serão apresentados os cálculos dos tamanhos amostrais utilizando cada um desses procedimentos.

3.1.1. INTERVALOS DE CONFIANÇA CONSERVATIVOS

Nesse caso, conforme dito, as probabilidades amostrais presentes no erro na expressão (1) são substituídas por 0,5. Desta forma, os intervalos de confiança são dados por

$$IC(\pi_{ijk}^I - \pi_{lmn}^I; \alpha) = p_{ijk}^I - p_{lmn}^I \mp z \sqrt{\frac{1}{2n_I}} = p_{ijk}^I - p_{lmn}^I \mp erro$$

Fixando o valor do erro e do coeficiente de confiança global (que fornecerão o valor de z), obtemos os tamanhos amostrais pela expressão

$$n_I = \frac{z^2}{2 \times erro^2}.$$

A Tabela 3 apresenta os tamanhos amostrais obtidos para algumas escolhas do coeficiente de confiança (c.c) global e para o erro.

TABELA 3. Tamanhos amostrais n_I obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança global e para o erro.

C.C. global	C.C. individual	z	erro								
			1%	3%	5%	6%	7%	10%	15%	17%	20%
95%	99,67%	2,935	43079	4787	1723	1197	879	431	191	149	108
90%	99,33%	2,713	36803	4089	1472	1022	751	368	164	127	92
85%	99,00%	2,576	33175	3686	1327	922	677	332	147	115	83
80%	98,67%	2,475	30622	3402	1225	851	625	306	136	106	77
25%	95,00%	1,960	19207	2134	768	534	392	192	85	66	48

Observamos que esse procedimento, dado seu caráter conservativo, forneceu tamanhos amostrais bastante grandes (lembrando que o tamanho total da amostra será igual a $12n_I$). Por exemplo, para um coeficiente de confiança global de 85% e erro de 10%, devemos ter uma amostra de tamanho $12 \times 332 = 3984$. Para um coeficiente de confiança global de 85% e erro de 20%, necessitaríamos de $12 \times 83 = 996$ unidades amostrais.

3.2.1. INTERVALOS DE CONFIANÇA OTIMISTAS

Uma alternativa ao procedimento anterior é utilizar intervalos baseados em opiniões dadas pelos pesquisadores do trabalho, durante a reunião, para as taxas de mortalidade de cada tipo de isca. Essas opiniões a respeito das taxas de mortalidade são exibidas na Tabela 4.

TABELA 4 – Opiniões dos pesquisadores a respeito das taxas de mortalidade causadas pelas iscas (sem considerar a presença de farpa)

Iscas	Taxas de mortalidade
Isca 1	10% a 20%
Isca 2	cerca de 60%
Isca 3	20% a 30%

Com base nesses valores, utilizaremos no cálculo do erro as seguintes taxas (tanto para iscas com quanto sem farpa): 15% para Isca 1, 60% para Isca 2 e 25% para Isca 3.

Nesse caso, a expressão para o cálculo de n_I , obtida a partir de (1) e fixando-se o erro e o coeficiente de confiança global, será dada por

$$n_I = \frac{z^2 [p_{ijk}^I (1 - p_{ijk}^I) + p_{lmn}^I (1 - p_{lmn}^I)]}{erro^2}.$$

As proporções amostrais de peixes mortos p_{ijk}^I e p_{lmn}^I devem ser substituídas pelos valores acima citados. É fácil perceber que, para cada par de iscas a serem comparadas (desconsiderando-se a presença de farpa, já que serão utilizadas as mesmas proporções de morte para os dois casos), obteremos valores diferentes de n_I , para cada escolha do erro e do coeficiente de confiança global. Nesse caso, como estamos considerando um planejamento balanceado, isto é, em que cada combinação de espécie, isca e farpa possui o mesmo número de unidades amostrais (conforme Tabela 1), devemos tomar o maior valor obtido para n_I , garantindo assim que as três comparações tenham o erro e coeficiente de confiança fixados.

Na Tabela 5 são exibidos os tamanhos amostrais n_I obtidos fixando-se alguns valores para o erro e coeficiente de confiança (c.c.) global, para os três possíveis pares de iscas (1 e 2, 1 e 3, 2 e 3).

Observamos que para um coeficiente de confiança global de 85% e erro de 10%, os valores obtidos para os 3 pares de iscas foram 244, 209 e 284. Assim, devemos tomar o maior valor, isto é, $n_I=284$, que fornece um tamanho amostral total de $12 \times 284 = 3408$ peixes. Esse valor pode ser considerado bastante alto, assim como ocorreu nos intervalos conservativos. Se mantivermos o coeficiente de confiança igual a 85%, mas utilizarmos um erro de 20%, obtemos os valores 61, 52 e 71. Tomando o maior valor, ou seja, $n_I=71$, obtemos um tamanho amostral total de $12 \times 71 = 852$ peixes.

TABELA 5 - Tamanhos amostrais n_I obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança global e para o erro.

Isclas e Proporções	C.C. global	C.C. individual	z	Erro								
				1%	3%	5%	6%	7%	10%	15%	17%	20%
1 e 2 (15% e 60%)	95%	99,67%	2,935	31663	3518	1267	880	646	317	141	110	79
	90%	99,33%	2,713	27051	3006	1082	751	552	271	120	94	68
	85%	99,00%	2,576	24383	2709	975	677	498	244	108	84	61
	80%	98,67%	2,475	22507	2501	900	625	459	225	100	78	56
	25%	95,00%	1,960	14117	1569	565	392	288	141	63	49	35
1 e 3 (15% e 25%)	95%	99,67%	2,935	27140	3016	1086	754	554	271	121	94	68
	90%	99,33%	2,713	23186	2576	927	644	473	232	103	80	58
	85%	99,00%	2,576	20900	2322	836	581	427	209	93	72	52
	80%	98,67%	2,475	19292	2144	772	536	394	193	86	67	48
	25%	95,00%	1,960	12101	1345	484	336	247	121	54	42	30
2 e 3 (60% e 25%)	95%	99,67%	2,935	36833	4093	1473	1023	752	368	164	127	92
	90%	99,33%	2,713	31467	3496	1259	874	642	315	140	109	79
	85%	99,00%	2,576	28364	3152	1135	788	579	284	126	98	71
	80%	98,67%	2,475	26181	2909	1047	727	534	262	116	91	65
	25%	95,00%	1,960	16422	1825	657	456	335	164	73	57	41

É importante notar que a eficácia desse método de determinação do tamanho amostral depende fortemente de quão realistas são as opiniões fornecidas pelos pesquisadores sobre as proporções de morte causadas pelos 3 tipos de isclas.

3.2. MÉTODO DE TUKEY

Os intervalos de confiança construídos a partir desse método têm a seguinte forma:

$$IC(\pi_{ijk}^I - \pi_{lmn}^I; \alpha) = p_{ijk}^I - p_{lmn}^I \mp T \sqrt{\frac{p_{ijk}^I (1 - p_{ijk}^I)}{n_I} + \frac{p_{lmn}^I (1 - p_{lmn}^I)}{n_I}} = p_{ijk}^I - p_{lmn}^I \mp erro ,$$

onde

$$T = \frac{1}{\sqrt{2}} q(1 - \alpha; 6; 6nI - 6) \quad (2),$$

sendo que $q(1 - \alpha; 6; 6nI - 6)$ é obtido a partir da distribuição de probabilidades *range-studentizada* (ver Neter et al, 1990). Assumimos, novamente, que há interesse em comparar as 6 combinações de isclas e farpas somente entre peixes

da mesma espécie. Vemos que esse intervalo é semelhante ao utilizado no método de Bonferroni, substituindo-se z por T . Porém, T depende do tamanho amostral n_I , conforme pode ser observado em (2). Não é possível, portanto, fixar o valor do erro e do coeficiente de confiança, obtendo uma expressão para o cálculo de n_I , conforme foi feito no método de Bonferroni (pois o erro depende de n_I). A alternativa utilizada será fixar valores para n_I e para o coeficiente de confiança global, calculando-se o erro a partir da expressão

$$\text{erro} = T \sqrt{\frac{p_{ijk}^I (1 - p_{ijk}^I) + p_{lmn}^I (1 - p_{lmn}^I)}{n_I}} \quad (3).$$

Novamente, podemos substituir as proporções de peixes mortos p_{ijk}^I e p_{lmn}^I , desconhecidas a priori, por 0,5, obtendo intervalos de confiança conservativos, ou pelas opiniões fornecidas pelos pesquisadores. Essas duas abordagens são apresentadas a seguir.

3.2.1. INTERVALOS DE CONFIANÇA CONSERVATIVOS

Substituindo as proporções de peixes mortos por 0,5 em (3) obtemos

$$\text{erro} = \frac{T}{\sqrt{2n_I}}.$$

Na Tabela 6 são exibidos os valores do erro obtidos ao se fixar alguns valores para o coeficiente de confiança global e para n_I .

Notamos que os n_I 's obtidos por esse método são ligeiramente menores que aqueles obtidos pelo método de Bonferroni. Por exemplo, fixando um coeficiente de confiança de 85% e n_I igual a 75, obtemos um erro de 19,8%. Na Tabela 3, observamos que para esse coeficiente de confiança, um erro de 20% acarretava um n_I igual a 83 (ou seja, se tomássemos um erro de 19,8%, obteríamos um n_I um pouco maior que 83). Logo, o valor 83 parece “superestimar”

o tamanho amostral n_I necessário para garantir um coeficiente de confiança de 85% e um erro de 20%; se fixarmos esses dois valores para o coeficiente de confiança e para o erro, respectivamente, será suficiente tomar n_I igual a 75, obtendo um tamanho amostral total de $12 \times 75 = 900$. É importante notar também que, assim como no método de Bonferroni, para atingir erros pequenos (em torno de 10%), necessitaríamos de n_I igual ou maior que 250 peixes.

TABELA 6 – Erros obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança global e para n_I

C.C. global		n_I							
		50	75	100	150	200	250	300	400
95%	q	4,057	4,048	4,043	4,039	4,037	4,035	4,034	4,033
	T	2,869	2,862	2,859	2,856	2,855	2,853	2,852	2,852
	erro	28,7%	23,4%	20,2%	16,5%	14,3%	12,8%	11,6%	10,1%
90%	q	3,680	3,673	3,670	3,667	3,665	3,664	3,664	3,663
	T	2,602	2,597	2,595	2,593	2,592	2,591	2,591	2,590
	erro	26,0%	21,2%	18,4%	15,0%	13,0%	11,6%	10,6%	9,2%
85%	q	3,434	3,429	3,426	3,424	3,423	3,422	3,422	3,421
	T	2,428	2,425	2,423	2,421	2,420	2,420	2,420	2,419
	erro	24,3%	19,8%	17,1%	14,0%	12,1%	10,8%	9,9%	8,6%
80%	q	3,243	3,239	3,238	3,236	3,235	3,234	3,234	3,233
	T	2,293	2,290	2,290	2,288	2,287	2,287	2,287	2,286
	erro	22,9%	18,7%	16,2%	13,2%	11,4%	10,2%	9,3%	8,1%

3.2.2. INTERVALOS DE CONFIANÇA OTIMISTAS

Agora, utilizaremos a expressão (3) para o cálculo dos erros, substituindo as proporções de peixes mortos pelas taxas de mortalidade sugeridas pelos pesquisadores, ou seja: 15% para Isca 1, 60% para Isca 2 e 25% para Isca 3, tanto para iscas com quanto sem farpa. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7. Erros obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança global e para n_i

Isclas e proporções	C.C. global	n_i								
		50	75	100	150	200	250	300	350	400
1 e 2 (15% e 60%)	95%	24,6%	20,0%	17,3%	14,1%	12,2%	10,9%	10,0%	9,2%	8,6%
	90%	22,3%	18,2%	15,7%	12,8%	11,1%	9,9%	9,1%	8,4%	7,9%
	85%	20,8%	17,0%	14,7%	12,0%	10,4%	9,3%	8,5%	7,8%	7,3%
	80%	19,7%	16,0%	13,9%	11,3%	9,8%	8,8%	8,0%	7,4%	6,9%
1 e 3 (15% e 25%)	95%	22,8%	18,6%	16,0%	13,1%	11,3%	10,1%	9,2%	8,6%	8,0%
	90%	20,7%	16,8%	14,6%	11,9%	10,3%	9,2%	8,4%	7,8%	7,3%
	85%	19,3%	15,7%	13,6%	11,1%	9,6%	8,6%	7,8%	7,3%	6,8%
	80%	18,2%	14,8%	12,9%	10,5%	9,1%	8,1%	7,4%	6,9%	6,4%
2 e 3 (60% e 25%)	95%	26,5%	21,6%	18,7%	15,2%	13,2%	11,8%	10,8%	10,0%	9,3%
	90%	24,1%	19,6%	17,0%	13,8%	12,0%	10,7%	9,8%	9,1%	8,5%
	85%	22,5%	18,3%	15,8%	12,9%	11,2%	10,0%	9,1%	8,5%	7,9%
	80%	21,2%	17,3%	15,0%	12,2%	10,6%	9,5%	8,6%	8,0%	7,5%

Vemos que, tomando n_i igual a 75 e fixando um coeficiente de confiança global de 85%, obtemos um erro de 17% para a comparação entre as taxas de mortalidade das Isclas 1 e 2, 15,7% para as Isclas 1 e 3 e 18,3% para as Isclas 2 e 3. Esses três valores são menores que o erro obtido através dos intervalos conservativos (19,8%). Logo, caso as proporções usadas sejam realistas, ao utilizar n_i igual a 75, obtemos um erro máximo de 18,3%. Esse método mostrou novamente que para obter erros razoavelmente baixos (por volta de 10%) é necessário utilizar tamanhos amostrais n_i maiores ou iguais a 250.

4. CÁLCULOS DOS TAMANHOS AMOSTRAIS NA ETAPA 2

O tamanho amostral escolhido para comparar a taxa de mortalidade das isclas na Etapa 1 do experimento, com base no erro e coeficiente de confiança fixados, refletirá na precisão obtida nas comparações a serem feitas entre as 7 marcas de etiquetas, na Etapa 2. Isso ocorre pois nessa segunda etapa serão utilizados os peixes sobreviventes da primeira. Desta forma, o tamanho amostral na segunda etapa não é conhecido, mas com certeza será menor (ou igual) que aquele utilizado na primeira etapa.

Como o planejamento é balanceado, temos que um terço da amostra será submetido a cada uma das 3 iscas. Considerando as opiniões dos pesquisadores a respeito das taxas de mortalidade, esperamos que a mortalidade provocada pelas iscas seja cerca de $0,15 \times 1/3 + 0,6 \times 1/3 + 0,25 \times 1/3 = 1/3$. Ou seja, espera-se que na Etapa 2 do experimento, tenhamos apenas $2/3$ dos peixes pescados na Etapa 1.

Consideraremos, novamente, um planejamento balanceado para comparar as 7 marcas de etiquetas. Desta forma, os peixes sobreviventes da espécie 1 serão divididos em 7 grupos de mesmo tamanho para receberem os 7 tipos de etiquetas (eventualmente, alguns grupos terão uma unidade amostral a mais que outros, caso o tamanho amostral total não seja divisível por 7), o mesmo sendo feito para a espécie 2.

Esses tamanhos amostrais, supondo-se que o número de peixes em cada espécie seja divisível por 7, são esquematizados na Tabela 8.

TABELA 8 – Tamanhos amostrais para as duas espécies de tucunarés

	Espécie 1	Espécie 2
Etiqueta 1	n_1^E	n_2^E
Etiqueta 2	n_1^E	n_2^E
...
Etiqueta 7	n_1^E	n_2^E

Apesar de esses tamanhos amostrais não serem controlados (pois são, na verdade, consequência do tamanho amostral e das taxas de mortalidade observadas na Etapa 1), apresentaremos os cálculos dos tamanhos amostrais utilizando os mesmos métodos empregados na Etapa 1. Desta forma, teremos condições de avaliar se o número de peixes pescados na Etapa 1 é suficiente para atingir resultados satisfatórios na comparação das taxas de fixação de etiquetas, na Etapa 2.

Denotemos por m_{ijk}^E o número acumulado de etiquetas soltas do i -ésimo tipo ($i=1,\dots,7$), na j -ésima espécie ($j=1,2$), até o k -ésimo instante de observação ($k=1,2,3$, correspondendo respectivamente às observações feitas após 30, 60 e 90 dias da marcação dos peixes).

Esses números são exibidos esquematicamente na Tabela 9.

TABELA 9. Quantidades acumuladas de etiquetas soltas para cada combinação de etiqueta e espécie nos 3 tempos de observação

	Espécie 1			Espécie 2		
	30 dias	60 dias	90 dias	30 dias	60 dias	90 dias
Etiqueta 1	m_{111}^E	m_{112}^E	m_{113}^E	m_{121}^E	m_{122}^E	m_{123}^E
Etiqueta 2	m_{211}^E	m_{212}^E	m_{213}^E	m_{221}^E	m_{222}^E	m_{223}^E
...
Etiqueta 7	m_{711}^E	m_{712}^E	m_{713}^E	m_{721}^E	m_{722}^E	m_{723}^E

Assim, as proporções de etiquetas soltas até o instante k serão dadas por $p_{ijk}^E = m_{ijk}^E / n_j^E$. Assumiremos que há interesse em comparar as taxas de etiquetas soltas somente entre peixes da mesma espécie, no mesmo tempo de observação. Desta forma, para cada um dos 3 tempos, devemos construir 21 intervalos de confiança para as diferenças entre as proporções populacionais de etiquetas soltas na espécie 1, e outros 21 para a espécie 2, a fim de calcular os tamanhos amostrais a partir dos métodos de Bonferroni e Tukey, expostos anteriormente. A seguir apresentamos os cálculos dos tamanhos amostrais segundo os dois métodos. Serão utilizados apenas intervalos conservativos, já que não temos as opiniões dos pesquisadores a respeito da taxa de fixação de cada tipo de etiqueta.

4.1. MÉTODO DE BONFERRONI

A Tabela 9 traz os tamanhos amostrais obtidos utilizando intervalos conservativos no método de Bonferroni.

TABELA 9. Tamanhos amostrais n_j^E obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança global e para o erro

			Erro									
C.C.		Estatística z										
C.C. global	individual		5%	10%	15%	17%	20%	23%	25%	27%	30%	
95%	99,76%	-3,038	1846	462	205	160	115	87	74	63	51	
90%	99,52%	-2,823	1594	398	177	138	100	75	64	55	44	
85%	99,29%	-2,690	1447	362	161	125	90	68	58	50	40	
80%	99,05%	-2,593	1344	336	149	116	84	64	54	46	37	
25%	96,43%	-2,100	882	221	98	76	55	42	35	30	25	

Fixando um erro de 20% e coeficiente de confiança global de 85%, obtemos n_j^E igual a 90, implicando um tamanho amostral total de $14 \times 90 = 1260$ peixes. Para o mesmo coeficiente de confiança, e tomando um erro de 10%, o tamanho amostral deverá ser de $14 \times 362 = 5068$ peixes, sendo, possivelmente, impraticável. Uma solução, nesse caso, é fixar um erro maior ou um coeficiente de confiança menor, o que fará com que as comparações sejam menos “sensíveis” a pequenas diferenças entre as proporções populacionais.

4.2. MÉTODO DE TUKEY

Na Tabela 10 são exibidos os erros obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança (c.c.) global e para os tamanhos amostrais n_j^E .

Observamos que os tamanhos amostrais obtidos são, assim como na Etapa1, menores que os encontrados pelo método de Bonferroni. Ao fixarmos, por exemplo, um coeficiente de confiança de 85% e tamanho amostral de 80 peixes, obtemos um erro de 20,0%. No método de Bonferroni, fixando esse mesmo coeficiente de confiança e erro de 20,0%, havíamos obtido um tamanho amostral n_j^E igual a 90. Assim, tendo fixado esses valores, é suficiente tomar n_j^E igual a 80, obtendo um tamanho amostral total de $14 \times 80 = 1120$ peixes. Para obter erros próximos de 10%, deveríamos ter tamanhos amostrais n_j^E de cerca de 250, o que acarreta uma amostra com um total de $14 \times 250 = 3500$ peixes.

TABELA 10. Erros obtidos fixando-se alguns valores para o coeficiente de confiança global e para n_j^E

C.C. global		n_j^E									
		50	75	80	100	150	200	250	300	350	400
95%	q	4,194	4,186	4,185	4,182	4,178	4,176	4,174	4,174	4,173	4,173
	T	2,966	2,960	2,959	2,957	2,954	2,953	2,951	2,951	2,951	2,951
	Erro	29,7%	24,2%	23,4%	20,9%	17,1%	14,8%	13,2%	12,0%	11,2%	10,4%
90%	q	3,826	3,820	3,819	3,817	3,814	3,812	3,812	3,811	3,811	3,810
	T	2,705	2,701	2,700	2,699	2,697	2,695	2,695	2,695	2,695	2,694
	Erro	27,1%	22,1%	21,3%	19,1%	15,6%	13,5%	12,1%	11,0%	10,2%	9,5%
85%	q	3,586	3,581	3,580	3,579	3,576	3,575	3,575	3,574	3,574	3,574
	T	2,536	2,532	2,531	2,531	2,529	2,528	2,528	2,527	2,527	2,527
	Erro	25,4%	20,7%	20,0%	17,9%	14,6%	12,6%	11,3%	10,3%	9,6%	8,9%
80%	q	3,400	3,396	3,396	3,394	3,392	3,391	3,391	3,391	3,390	3,390
	T	2,404	2,401	2,401	2,400	2,399	2,398	2,398	2,398	2,397	2,397
	Erro	24,0%	19,6%	19,0%	17,0%	13,8%	12,0%	10,7%	9,8%	9,1%	8,5%
25%	q	2,109	2,109	2,109	2,109	2,109	2,109	2,109	2,109	2,109	2,109
	T	1,491	1,491	1,491	1,491	1,491	1,491	1,491	1,491	1,491	1,491
	Erro	14,9%	12,2%	11,8%	10,5%	8,6%	7,5%	6,7%	6,1%	5,6%	5,3%

5. CONCLUSÃO

Vimos que os tamanhos amostrais calculados para efetuar a comparação das taxas de fixação das etiquetas na Etapa 2 com uma precisão razoável são maiores que os obtidos na Etapa 1. Ou seja, o número de peixes a serem pescados deve se basear nesses últimos valores, a fim de proporcionar resultados precisos em ambas as etapas. Além disso, deve-se levar em consideração a estimativa de que um terço dos peixes morrem na Etapa 1 do experimento. Desta forma, o número de peixes a serem pescados deve corresponder aos tamanhos amostrais obtidos na Etapa 2 multiplicados por 1,5.

Todos os métodos empregados exibiram tamanhos amostrais bastante altos ao se fixar erros menores ou iguais a 10% na comparação dos 7 tipos de etiqueta (Etapa 2). Uma opção, nesse caso, seria fixar uma precisão menor para essas comparações, com erro igual a 20% e coeficiente de confiança global de 85%, por exemplo. Fazendo isso, e utilizando os resultados obtidos pelo método de Tukey (os quais levaram a tamanhos amostrais menores que o método de Bonferroni), seria conveniente adotar um tamanho amostral de $1,5 \times 1120 = 1680$

peixes, sendo 840 de cada uma das espécies, distribuídos uniformemente entre as 6 combinações de isca e farpa ($n_i=140$).

Caso se decida por utilizar erros maiores, ou menores, que 20%, os novos tamanhos amostrais poderão ser facilmente obtidos a partir das tabelas exibidas nesse relatório.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRESTI, A. (1990). **Categorical Data Analysis**. New York: John Wiley. 558p.

BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. (1987). **Estatística Básica**. São Paulo: Atual. 321p.

NETER, J., WASSERMAN, W. e KUTNER, M.H. (1990). **Applied linear statistical models**. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin. 1408p.