

TÉCNICAS DE CONTROLE DE QUALIDADE UTILIZADAS NA CRIAÇÃO DE TILÁPIA-DO-NILO, *Oreochromis niloticus*, EM TANQUES-REDE

Vandir MEDRI^{1,3}; Waldir MEDRI¹; Mauro CAETANO FILHO²

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do monitoramento realizado durante 168 dias na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Londrina – EPUEL, com o objetivo de, através da utilização de técnicas de controle de qualidade, localizar os principais problemas, quantificá-los e solucioná-los. Foram utilizados 120 espécimes juvenis de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, sexualmente revertidos, com peso médio inicial de $116,65 \pm 0,85$ g, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado. Os valores da temperatura média mensal revelam estar “fora de controle estatístico” e mostram, através da aplicação dos índices de capacidade (C_p e C_{pk}) que 42,07% estão abaixo do limite inferior de especificação (LIE), indicando que a temperatura média durante o cultivo foi baixa em relação à temperatura ideal para a criação de tilápias. A análise dos resultados obtidos através da aplicação das técnicas de Pareto, Problema da Mochila e Gráfico de Controle evidenciam a solução ótima para os problemas de predadores e biometrias com a função objetivo Z^* maximizada.

Palavras-chave: Gráfico de Controle; levedura; Mochila; Pareto; tanques-rede; tilápia-do-Nilo; *Oreochromis niloticus*

QUALITY CONTROL TECHNIQUES USED IN THE REARING OF NILE TILAPIA, *Oreochromis niloticus*, IN NET CAGES

ABSTRACT

This work presents the result of observations accomplished for 168 days in the Station of Pisciculture of the State University of Londrina - EPUEL, with the objective of to locate the main problems, to quantify them and to solve them, using techniques of quality control. The experiment was based on observations of 120 juvenile specimens of sexually reverted Nile tilapia, with an initial mean weight of 116.65 ± 0.85 g, distributed in a completely randomized design. The values of the monthly average temperature reveal to be “out of statistic control” and show, through the application of the capacity rates (C_p and C_{pk}), that 42.07% are below the inferior limit of specification (LIE), indicating that the medium temperature during the cultivation was low in relation to ideal temperature for the tilápias rearing. Techniques of Pareto, Knapsack Problem and Control Charts were used, and their results presented the solution for the problems of predators and biometries with the maximized Z^* objective function.

Key words: Control Charts; yeast; Knapsack; Pareto; net cages; Nile tilapia; *Oreochromis niloticus*

Artigo Científico: Recebido em 16/05/2005 – Aprovado em 30/10/2006

¹ Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Matemática Aplicada, Campus Universitário
CEP: 86510-990, Londrina, PR – Fone: (43) 3371-4346 - e-mail: vandir@uel.br

² Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Campus Universitário
CEP: 86510-990, Londrina, PR

³ Endereço/Address: Rua Borba Gato, 1078, Apto. 1104 – Fone: (43) 3322-8412
CEP: 86010-630, Londrina, PR - Brasil

INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de peixes utilizadas na aquicultura, as tilápias, sobretudo as do gênero *Oreochromis*, são as mais promissoras (STICKNEY, 2000) em países de clima tropical ou subtropical (CAMPOS-RAMOS *et al.*, 2003; DESPREZ *et al.*, 2003). Depois das carpas, as tilápias são os peixes mais cultivados em vários países do mundo (MEURER *et al.*, 2005), entre eles, o Brasil (MEDRI *et al.*, 2005; BOMBARDELLI e HAYASHI, 2005).

Nas últimas décadas, a qualidade tem se tornado um dos principais pontos de competição. A acirrada competição e a busca de sobrevivência em mercados cada vez mais globalizados têm tornado a melhoria da qualidade uma necessidade evidente. Apesar dos esforços dedicados à melhoria da qualidade, através da implementação de programas, técnicas e instrumentos, o progresso vem sendo lento (MEDRI *et al.*, 2001).

O controle de qualidade permanente é condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços (COSTA *et al.*, 2004). Não existe na literatura uma definição única, universal, para qualidade. Para JURAN e GODFREY (1999), qualidade significa adequação ao uso. Para DEMING (2000), qualidade significa atender e, se possível, exceder às expectativas do consumidor. Para CROSBY (1995), qualidade significa atender às especificações. Para TAGUCHI *et al.* (1999), a produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam prejuízos (perdas) para a sociedade; quanto menor for o prejuízo, melhor será a qualidade do produto.

Os gráficos de controle, poderosa ferramenta estatística, permitem uma maior eficácia do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos viveiros de piscicultura, com a consequente melhoria da qualidade e incremento da produtividade.

O diagrama de Pareto é uma técnica estatística de controle de qualidade, que possibilita alcançar ótimos resultados com poucas ações. Ele é um guia para o estabelecimento de prioridades e mostra áreas para onde maiores esforços devem ser direcionados, facilitando a tomada de decisão. A maior parte dos problemas e de seus custos decorrem de um número relativamente pequeno de causas (ISHIKAWA, 1983; FALCONI, 1992; MEDRI *et al.*, 2001). Utilizam-se o diagrama de Pareto e o Problema da Mochila para localizar as principais causas, quantificá-las e solucioná-las.

Os índices de capacidade são utilizados para medir o quanto o processo é capaz de atender às especificações (COSTA *et al.*, 2004). O índice Cp (potencial do processo) mede a capacidade em atender os limites especificados. O índice Cpk (desempenho do processo) preocupa-se não apenas em determinar se o processo é “capaz” de atender a suas especificações, mas também se a média estimada (\bar{x}) está bem posicionada (centralizada) em relação aos limites de especificação.

Este trabalho apresenta os resultados do monitoramento realizado durante 168 dias na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Londrina – EPUEL, com o objetivo de testar técnicas de controle de qualidade para localizar os principais problemas, quantificá-los e solucioná-los.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Londrina (EPUEL), Paraná (23° 30' S e 51° W), no período de 18 de abril a 4 de outubro de 2002.

Foram utilizados 120 espécimes juvenis de tilápia-do-Nilo com peso vivo médio de 116,65±0,85 g. Os peixes foram revertidos sexualmente através do fornecimento de ração com 60 mg do hormônio masculinizante 17 α -metiltestosterona por quilo de dieta, durante um período de 28 dias, utilizando a técnica descrita por POPMA e GREEN (1990). Foram elaborados quatro tipos de ração com níveis de 0; 20; 40 e 60% de proteína de levedura em substituição à proteína de fontes tradicionais. Foi utilizado um programa computacional para o balanceamento da ração com as necessidades da espécie em questão. (Tabela 1).

A ração controle (Pirá tropical) é a ração comercial habitualmente utilizada pela Estação de Piscicultura para alimentação de peixes.

Foi utilizado um viveiro de terra, retangular (12,5 m x 8 m), com área aproximada de 100 m² e abastecido com água de nascente (mina) com vazão de 10 litros/minuto. Inicialmente, o viveiro foi drenado e tratado com cal virgem (50 g/m²), ficando sob a ação dos raios solares por um período de sete dias e, então, rapidamente abastecido com água e povoado por 12 grupos de 10 indivíduos distribuídos aleatoriamente.

Os grupos de peixes foram mantidos em tanques-rede de 1 m x 1 m x 1 m, com malha de 2 x 1 mm, presos por estacas fixas no viveiro de terra, separados um do outro por 0,3 m e formando um sistema em

Tabela 1. Composição bromatológica e porcentual das rações experimentais (com base na matéria seca) utilizadas em experimento com tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*

Ingrediente (%)	Nível de inclusão de proteína de levedura (%)			
	0,00	20,00	40,00	60,00
Farinha de peixe	10,00	10,00	10,00	5,00
Farinha de trigo	5,00	5,00	5,00	5,00
Milho cozido	44,35	35,36	25,14	11,76
Farelo de soja	38,65	26,64	14,86	10,00
Fosfato bicálcico	0,00	0,00	0,00	1,24
Óleo vegetal	0,00	1,00	3,00	5,00
Suplem. Mineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00
Suplem. Vitamínico ¹	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>Total</i>	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição				
Matéria seca (%)	88,54	89,07	89,72	90,37
ED (kcal/kg)	3136,30	3094,58	3112,93	3065,53
Gordura (%)	2,81	3,38	4,91	6,07
Fibra bruta (%)	3,96	3,01	2,04	1,45
Mt. Mineral (%)	5,44	6,40	7,35	8,86
Fósforo total (%)	0,67	0,60	0,52	0,54
Proteína bruta (%)	28,00	28,00	28,00	28,00
Cálcio (%)	0,77	0,74	0,71	0,70

¹ Níveis de garantia por kg de ração Pirá tropical: Vit A, 12.000 UI; Vit D₃, 2.000 UI; Vit. E, 15 UI; Vit. K, 2,00 mg; Vit. B₁₂, 0,15 mg; Ácido Pantotênico, 11,00 mg; Tiamina, 1,50 mg; Colina, 350 mg; Niacina, 35 mg; Piridoxina, 2,50 mg; Riboflavina, 600 mg; Ácido Fólico, 0,60 mg; Zinco, 60 mg; Biotina, 100 mg; Manganês, 70 mg; Cobre, 8,00 mg; Ferro, 30 mg; Iodo, 1,00 mg; Cobalto, 0,10 mg; Selênio, 0,20 mg; Antioxidante, 125 mg

que a água passa continuamente por todos os tanques do experimento. Cada ração que compunha um tratamento (T) era oferecida a três grupos de peixes (triplicata). Os peixes eram alimentados duas vezes por dia, às 8h e 17h, sendo a quantidade de ração equivalente a 2% da biomassa média do peixe.

Antes do povoamento dos tanques com alevinos de tilápia procedeu-se à análise limnológica, para o controle da qualidade da água. A limpeza dos tanques-rede era feita mensalmente após cada biometria, realizada, também mensalmente, utilizando-se paquímetro e balança de precisão para registro de comprimento total (Ct), em centímetro, e peso total (Pt), em grama.

A temperatura da água foi determinada por termistor acoplado a oxigênioômetro; o oxigênio dissolvido, por oxigênioômetro modelo Y55; o pH, por

peagômetro eletrônico modelo F1002; a condutividade, com o auxílio de condutivímetro eletrônico; a alcalinidade total, por titulação com ácido sulfúrico (CARMOUSE, 1994; PARANHOS, 1996); a concentração de amônia, por colorimetria através do método do indofenol, como descrito em PARANHOS (1996); o nitrito, pelo método espectrofotométrico clássico, baseado na reação de Griess (CARMOUSE, 1994); o teor de ortofosfato, com base na reação entre este e o ácido molíbdico, produzindo ácido fosfomolíbdico, e, após redução pelo ácido ascórbico, o composto azul é quantificado por espectrofotometria (CARMOUSE, 1994).

Foram aplicadas as técnicas de controle de qualidade da água, tais como: análises físicas e químicas, gráfico de controle estatístico, índice de capacidade, diagrama de Pareto e Problema da Mochila.

Algumas expressões matemáticas foram utilizadas no cálculo dos índices de capacidade (COSTA *et al.*, 2004), para aferir a temperatura média da água do experimento em relação à temperatura média ideal para criação de tilápia-do-Nilo:

$$C_p = (LSE - LIE) / 6\sigma \Rightarrow \text{Potencial do processo};$$

$$C_{pk} = C_p (1 - K) \Rightarrow \text{Desempenho do processo};$$

$$K = | \hat{m} - \bar{x} | / (LSE - LIE) / 2 \Rightarrow \text{Índice } k;$$

$$\sigma = s / C_4 \Rightarrow \text{Desvio-padrão};$$

$\hat{m} = (LSE + LIE) / 2 \Rightarrow$ Média da faixa de especificação;

$$LNS = \bar{x} + 3\sigma \Rightarrow \text{Limite natural superior};$$

$$LNI = \bar{x} - 3\sigma \Rightarrow \text{Limite natural inferior};$$

$$Z = (LIE - \bar{x}) / \sigma \Rightarrow \text{variável aleatória normal};$$

\bar{x} = média estimada do processo;

LSE = limite superior de especificação;

LIE = limite inferior de especificação.

Para localizar, quantificar e solucionar os problemas do tanque-rede utilizaram-se as técnicas de Pareto e Problema da Mochila. O problema pode ser formulado matematicamente como segue:

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^n p_j x_j \leq b$$

$$x_j = 0 \text{ ou } 1, j = 1, 2, \dots, n,$$

em que

z = valor da função objetivo;

$c_j \geq 0$ e inteiro - valor do j -ésimo item;

$p_j \geq 0$ e inteiro - peso do j -ésimo item;

$b \geq 0$ e inteiro - limite total de peso; e

n = número total de itens.

Para MEDRI *et al.* (2001), na forma como foi apresentado, o problema pode ser caracterizado como unidimensional, porém, se ocorrer mais de uma restrição, como, por exemplo, limitação de recursos, tem-se um problema multidimensional. Neste caso, a formulação matemática é dada da seguinte maneira:

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^n p_j x_j \leq b$$

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \leq R$$

$$x_j = 0 \text{ ou } 1, j = 1, 2, \dots, n,$$

em que

$r_j \geq 0$ e inteiro - recurso do j -ésimo item e

$R \geq 0$ e inteiro - limite total de recursos.

O Problema da Mochila é formulado através de uma programação linear e inteira 0 ou 1, tal que:

$$x = \begin{cases} 1, & \text{se o item é incluído na mochila} \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Seleciona-se para o Problema da Mochila o melhor conjunto de causas (problemas), levando em conta a restrição de recursos, sendo que o orçamento da pesquisa é limitado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados os seguintes valores médios das características limnológicas: temperatura, $22,21 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 1,03 \text{ } ^\circ\text{C}$; pH, $8,13 \pm 0,83$; condutividade, $19,39 \pm 2,12 \text{ } \mu\text{ S/cm}$; oxigênio dissolvido, $4,74 \pm 0,32 \text{ mg/L}$; alcalinidade, $287,48 \pm 57,98 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$; amônia, $0,03 \pm 0,01 \text{ mg/L}$; e nitrito, $0,17 \pm 0,02 \text{ mg/L}$. Não foram observados efeitos ($p > 0,05$) dos diferentes níveis de levedura de destilaria sobre os parâmetros avaliados, confirmando assim os bons resultados registrados por SIPAÚBA-TAVARES (1995) para peixes tropicais.

Os resultados obtidos de comprimento e peso médios totais das tilápias do grupo padrão (T_1) e grupos-teste (T_2 , T_3 e T_4) estão expostos na tabela 2.

A temperatura média da água dos tanques-rede durante o período experimental foi de $22,21 \text{ } ^\circ\text{C}$. Uma tendência de decréscimo da temperatura da água foi observada em três meses do ano, correspondendo ao período junho-agosto. Esta tendência foi evidenciada pelos valores médios mensais de $20,52 \text{ } ^\circ\text{C}$; $20,28 \text{ } ^\circ\text{C}$ e $20,76 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Tabela 2. Comprimento e peso médios totais de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, dos tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄

Dias	Comprimento (cm)				Peso (g)			
	T ₁ =0%	T ₂ =20%	T ₃ =40%	T ₄ =60%	T ₁ =0%	T ₂ =20%	T ₃ =40%	T ₄ =60%
0	18,04	18,02	17,84	18,02	116,72	116,40	117,18	116,28
28	19,44	19,70	19,28	19,48	141,93	144,28	137,12	137,15
56	20,32	20,64	20,42	20,48	164,72	165,24	164,16	161,09
84	21,04	21,42	21,34	21,15	188,68	193,08	198,85	184,61
112	22,08	22,12	22,43	21,97	206,54	203,53	224,50	198,92
140	22,55	23,28	23,26	22,49	231,85	242,06	248,60	218,74
168	23,35	24,88	24,23	23,73	240,83	289,82	293,14	237,78

Os valores da temperatura média da água (\bar{x}), seu desvio padrão médio (s) e a amplitude média (R) registrados em cada mês de cultivo encontram-se na tabela 3.

Tabela 3. Temperatura Média Mensal da Água ($\bar{X}^{\circ}\text{C}$), Desvio Padrão Médio ($\bar{S}^{\circ}\text{C}$) e Amplitude Média ($\bar{R}^{\circ}\text{C}$) da água dos tanques-rede do experimento com tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*

Variável	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Média Geral
$\bar{X}^{\circ}\text{C}$	24,68	23,79	20,52	20,28	20,76	23,22	22,21
$\bar{S}^{\circ}\text{C}$	1,06	0,94	1,05	1,02	1,10	0,99	1,03
$\bar{R}^{\circ}\text{C}$	3,00	4,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,50

Os valores da temperatura média da água, registrados durante o período experimental, foram inferiores aos recomendados por LIM (1988), de 28 °C, trabalhando com alimentação de tilápias para um crescimento ótimo. POPMA e LOVSHIN (1996) afirmam que a temperatura ideal para o crescimento de tilápias está em torno de 29 °C a 31 °C. De acordo com WEATHERLEY e ROGERS (1978), as espécies tropicais crescem melhor na faixa de temperatura de 25 °C a 32 °C, sendo a temperatura o principal fator extrínseco que influencia o crescimento dos peixes e afeta a variação intra-específica de taxas de crescimento, enquanto MELO (1993) informa que o crescimento dos peixes tende a seguir o ciclo das estações do ano, sendo mais rápido no verão e mais lento no inverno.

TOMASSO e KEMPTON (1997) encontraram a temperatura ótima para ganho de peso e para aumento de comprimento de exemplares de *red drum*: 31,1 °C e 29,1°C, respectivamente. HEPHER *et al.* (1983) também constataram que a faixa ótima de temperatura para o desenvolvimento de tilápias foi de 25 °C a 30 °C. Por outro lado, a temperatura na faixa de 9 °C a 13 °C é considerada letal para essa espécie. A alimentação geralmente cessa quando a temperatura se situa

abaixo de 16 °C ou 17 °C, e a reprodução é inibida em temperaturas inferiores a 20 °C.

CAETANO-FILHO e RIBEIRO (1995), pesquisando a influência da temperatura no crescimento de tilápia-do-Nilo em monocultivo intensivo, registraram, nos meses de julho e agosto, os menores incrementos em peso e comprimento, bem como os menores valores de temperatura, demonstrando a influência desta no crescimento da tilápia-do-Nilo. Segundo Brett, *apud* MELO (1993), a relação entre taxa de crescimento de peixes e temperatura da água apresenta um ponto máximo, e a temperatura da água tem sido considerada como principal fator ecológico. A temperatura da água na faixa de 30 °C é a que possibilita o máximo desenvolvimento e a melhor eficiência metabólica em tilápias (JAUNCEY, 1982). A temperatura, entre outros fatores, caracteriza as condições químicas e físicas da água, no que se refere ao intervalo ótimo para o desenvolvimento dos organismos vivos.

Os resultados sobre os índices de capacidade (Cp e Cpk) para a temperatura dos tanques-rede, com intervalo conhecido na literatura de 22 °C a 32 °C para a criação de tilápias, encontram-se na figura 1.

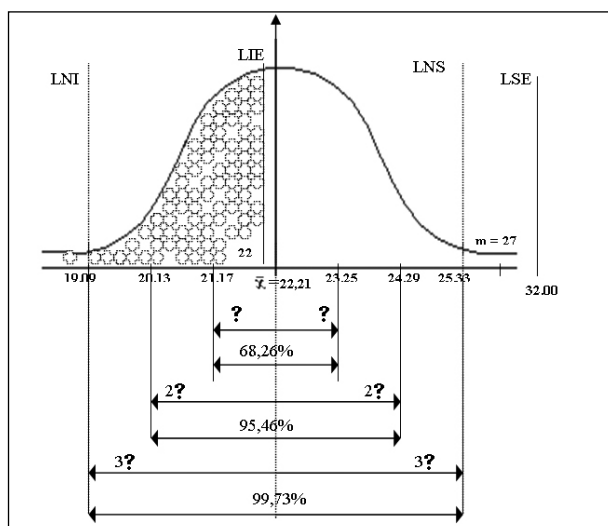


Figura 1. Índices de capacidade (C_p e C_{pk}) para a temperatura da água dos tanques-rede do experimento com tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*

O processo é capaz ($C_p > 1$), mas 42,07% das temperaturas dos tanques-rede estão abaixo do limite inferior de especificação (LIE), constatando-se que a temperatura média durante o cultivo foi baixa em relação à temperatura ideal para a criação de tilápias. Verificou-se, através dos “gráficos de controle”, que as temperaturas não apresentaram todos os pontos entre os limites superior (LSC) e inferior (LIC), mostrando estar “fora de controle estatístico” (COSTA et al., 2004).

Tabela 4. Problemas (causas) ocorridos nos tanques-rede do experimento com tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*

Causa	Nº Mortes	Total acumulado	% Mortes	% Acumulada
Doenças	8	8	32	32
Predadores	7	15	28	60
Clima	5	20	20	80
Biometrias	3	23	12	92
Outras	2	25	8	100
Total	25	-	100	-

Foram atribuídos valores numa escala de 0 a 5 pontos de acordo com os custos, recursos disponíveis e urgência (Tabela 5). Observou-se a ocorrência de 25 mortes nos tanques-rede. Para os técnicos, o número

$$LSE = 32^\circ\text{C}$$

$$LIE = 22^\circ\text{C}$$

$$\sigma = s / C_4 = 1,03 / 0,9896 = 1,0408^\circ\text{C}$$

$$C_p = (LSE - LIE) / 6\sigma = 1,6013$$

Como, $C_p > 1 \Rightarrow$ Processo capaz.

$$k = |\hat{m} - \bar{x}| / (LSE - LIE) / 2 = 0,958$$

$$LNS = \bar{x} + 3\sigma = 25,33$$

$$LNI = \bar{x} - 3\sigma = 19,09$$

$$\bar{x} = 22,21^\circ\text{C}$$

$$C_{pk} = C_p (1 - k) = 0,067$$

$$\hat{m} = (LSE + LIE) / 2 = 27^\circ\text{C}$$

$$Z = (LIE - \bar{x}) / \sigma = -0,20$$

Como $Z < -0,20$; então, $50\% - 7,93\% = 42,07\%$.

Em relação a todas as outras variáveis limnológicas (alcalinidade, oxigênio dissolvido, condutividade, amônia, nitrito, ortofosfato e pH), o processo é capaz, com suas médias bem centralizadas para atender às especificações, mostrando que estão “sob controle estatístico”.

A tabela 4 mostra os problemas ocorridos nos tanques-rede durante o período experimental.

Os problemas detectados através do diagrama de Pareto são apresentados na figura 2.

de mortes poderia ser no máximo 12 (10%), para minimizar as perdas do produtor.

A Tabela 5 mostra os problemas (causas) ocorridos nos tanques-rede durante o período experimental.

Tabela 5. Conjunto de problemas (causas) a serem atacados - Experimento com tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede

Problema	Doença = 1	Predador = 2	Clima = 3	Biometria = 4	Outros = 5
Peso	8	7	5	3	2
Valor	3	4	2	4	2

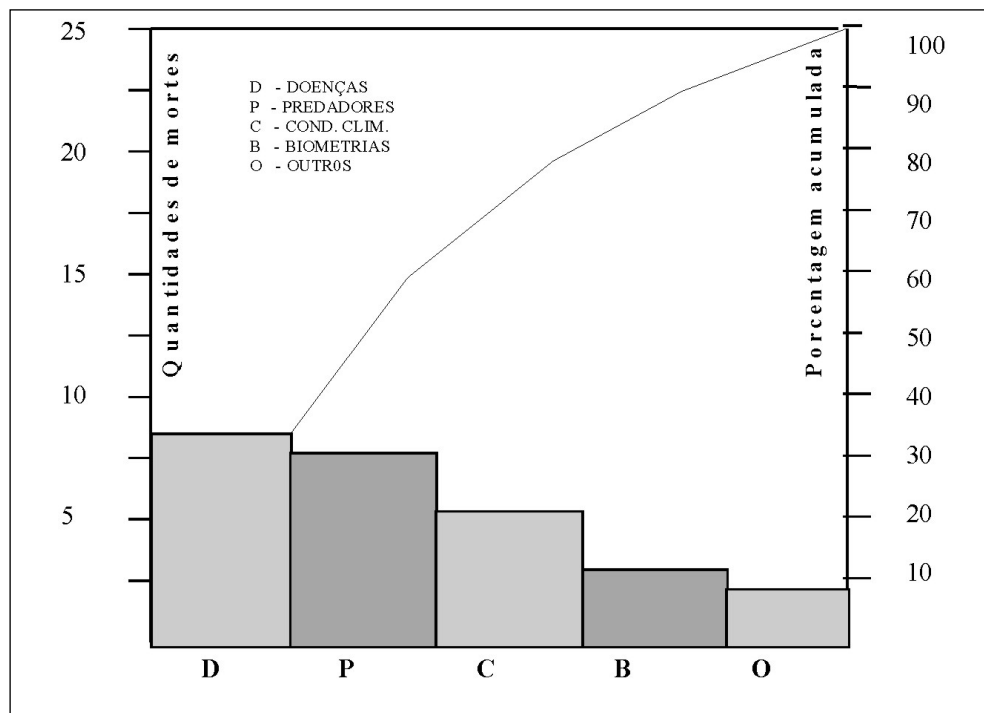


Figura 2. Diagrama de Pareto – Experimento com tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede

Para DANTZIG (1991), o fator crítico para determinar se um problema deve ou não ser resolvido, não é seu peso nem seu valor, mas a relação entre os dois. Dessa forma obtém-se a “solução ótima” do Problema da Mochila.

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 3X_1 + 4X_2 + 2X_3 + 4X_4 + 2X_5 \\ \text{s. a. : } & 8X_1 + 7X_2 + 5X_3 + 3X_4 + 2X_5 \leq 12 \\ & X_j = 0 \text{ ou } 1, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5. \\ \text{Logo, } X^* &= (0; 1; 0; 1; 1) \text{ com } Z^* = (10). \end{aligned}$$

Considerando-se que os custos para os técnicos da piscicultura para a solução de doenças, predadores, condições climáticas, biometrias e outros são, respectivamente, R\$ 80,00; 70,00; 200,00; 40,00; e 150,00, e que os recursos para a solução destes problemas para este experimento são de R\$ 200,00, a “solução ótima” encontrada através do Problema da Mochila será:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 3X_1 + 4X_2 + 2X_3 + 4X_4 + 2X_5 \\ \text{s. a. : } & 8X_1 + 7X_2 + 5X_3 + 3X_4 + 2X_5 \leq 12 \\ & 80X_1 + 70X_2 + 200X_3 + 40X_4 + 150X_5 \leq 200 \\ & X_j = 0 \text{ ou } 1, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5. \\ \text{Logo, } X^* &= (0; 1; 0; 1; 0) \text{ com } Z^* = (8). \end{aligned}$$

Portanto, pela análise dos resultados obtidos através do Problema da Mochila evidenciam-se os

problemas de predadores e biometrias nos tanques-rede com a função objetivo Z^* maximizada. MEDRI *et al.* (2001), trabalhando com técnicas de controle de qualidade utilizadas na criação de tilápia-do-Nilo em caixas de amianto, evidenciaram os problemas de doenças nas caixas de amianto com a função objetivo Z^* maximizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOMBARDELLI, R.A. e HAYASHI, C. 2005 Masculinization of larvae of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) by immersion baths with alpha-methyltestosterone. *R. Bras. Zootec.*, 34(2): 365-372
- CAETANO-FILHO, M. e RIBEIRO, S.C. 1995 Monocultivo de *Oreochromis niloticus* com alta densidade de estocagem. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 11., 1995, Campinas. *Resumos...* Campinas. p.11.
- CAMPOS-RAMOS, R.; HARVEY, S.C.; MCANDREW, B.J. 2003 An investigation of sex determination in the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus*, using synaptonemal complex analysis, fish sex reversal and gynogenesis. *Aquaculture*, 221: 125-140.
- CARMOUSE, G.P. 1994 *Metabolismo de ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análise química*. São Paulo: Editora Edgard Blücher: Fapesp. p.166-173.

- COSTA, A.F.B.; EPRECHT, E.K.; CARPINETTI, L.C.R. 2004 *Controle Estatístico de Qualidade*. São Paulo: Ed. Atlas. 334p.
- CROSBY, P.B. 1995 *Quality without tears: the art of hassle free management*. New York: McGraw-Hill. 205p.
- DANTZIG, G.B. 1991 Linear Programming. In: LENSTRA, J.K.; RINNOOY KAN, A.H.G.; SCHRIJVER, A. (Ed.). *History of Mathematical Programming: a collection of personal reminiscences*. Amsterdam. p.19-31.
- DEMING, W.E. 2000 *Out of crisis*. Cambridge: MIT Press. 374p.
- DESPREZ, D.; GÉRAZ, E.; HOAREAU, M.C. 2003 Production of a high percentage of male offspring with a natural androgen, 11 b - hydroxyandrostenedione (11bOHA4), in Florida red tilapia. *Aquaculture*, Amsterdam, 216: 55-65.
- FALCONI, C.V. 1992 *TQC Controle da Qualidade Total*. Rio de Janeiro: Bloch S.A. 229p.
- HEPHER, B.; LIAO, I.C.; CHENG, S.H.; ASIEH, C.S. 1983 Food utilization by red tilapia - Effects for diet composition, feeding level and temperature on utilization efficiencies for maintenance and growth. *Aquaculture*, Amsterdam, 32: 255-275.
- ISHIKAWA, K. 1983 *Guide to Quality Control*. Tokyo: Asian Productivity Organization. 260p.
- JAUNCEY, K. 1982 The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias. *Aquaculture*, Amsterdam, 27: 3-55.
- JURAN, J.M. e GODFREY, A.B. 1999 *Juran's quality handbook*. 5.ed. New York: Mc-Graw-Hill. 1872p.
- LIM, C. 1998 Practical feeding-tilapias. In: COWEY, C.B. e MACKIE, A.M. *Nutrition and feeding in fish*. New York: Van Nostrand Reinhold. p.163-182.
- MEDRI, V.; PEREIRA, G.V.; LEONHARDT, J.H. 2001 Técnicas de controle de qualidade utilizadas na criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em caixas de amianto. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*, 4(2): 129-136.
- MEDRI, V.; MEDRI, W. CAETANO-FILHO, M. 2005 Desempenho das tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes níveis de proteínas de levedura de destilaria em tanques-rede. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, 27(2): 221-227.
- MELO, J.S.C. 1993 *Aspectos quantitativos do crescimento do Híbrido Tambacu (fêmea de *Colossoma macropomum* x macho de *Piaractus mesopotamicus*) sob condições de criação intensiva*. Florianópolis. 56p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina).
- MEURER, F.; BOMBARDELLI, R.A.; HAYASHI, C.; CARLOS, D. 2005 Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, 27(1): 81-85.
- PARANHOS, R. 1996 *Alguns métodos para análise da água*. Rio de Janeiro: UFRJ. Cadernos Didáticos UFRJ, n.19, 200p.
- POPMA, T.J e GREEN, B.W. 1990 *Sex reversal of tilapia in earthen ponds: Aquacultural Production Manual*. Auburn: Auburn University. Research and Development Series, n.3, 15p.
- POPMA, T.J e LOVSHIN, L. 1996 *Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia*. Auburn: Auburn University/International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Research and Development Series, n.41, 23p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1995 *Limnologia aplicada à aqüicultura*. Jaboticabal: FUNEP. 70p.
- STICKNEY, R.R. 2000 Status of research on tilapia. In: COSTA-PIERCE, B.A. e RAKOCY, J.E. (Ed.). *Tilapia aquaculture in the Americas*. Louisiana: World Aquaculture Society. p.21-33.
- TAGUCHI, G.; TAGUCHI, S.; CHOWDHURY, S. 1999 *Robust engineering*. New York: McGraw-Hill. 241p.
- TOMASSO, J.R. e KEMPTON, C.J. 1997 Effects of water temperature on production characteristics and blood chemistries of red drum fingerlings, *Sciaenops ocellatus*. In: WORLD AQUACULTURE '97, Washington, 1997. *Anais...* Washington. p.249.
- WEATHERLEY, A.H. e ROGERS, S.C. 1978 Some aspects of age and growth. In: GERKING, S.D. (Ed.). *Ecology of Freshwater Fish Production*. London: Blackwell Scientific Publications. p.52-74.