

AJUSTE DO MODELO DE REGRESSÃO PERIÓDICA PARA PREDIZER A TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DA ÁGUA EM VIVEIROS DO CEPTA (PIRASSUNUNGA, SP BRASIL)

ANGELINI, R.¹, LUCAS, A.F.B.², PETRERE JR, M.¹, BORTOLINI, R.C.³, & MARCO, P. de⁴

¹Departamento de Ecologia - UNESP - Rio Claro - SP

²Centro de Pesquisa e Treinamento em Aqüicultura - CEPTA

³Departamento de Estatística - UNESP - Rio Claro - SP

⁴Departamento de Biologia Geral - UFV - Viçosa - MG

RESUMO

Neste trabalho foi ajustado o modelo de regressão periódica às médias de temperatura da água em viveiros de piscicultura, com a finalidade de previsão desta variável para o ano seguinte. Os dados foram coletados durante o ano de 1988 em viveiro de 1.000m² com profundidade de 1,5m, onde havia uma criação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) no CEPTA - Pirassununga (SP). Considerando a temperatura (°C) a variável resposta e o tempo (meses) a variável explanatória, realizou-se o ajuste da curva. Fez-se uma previsão para os primeiros 6 meses de 1989 e comparou-se com dados coletados neste mesmo período. Concluiu-se que o modelo é robusto para previsão, pois os valores observados estão próximos dos esperados pelo modelo. Para os cálculos foi desenvolvido o programa PERIODO em TURBO PASCAL 5.0.

ABSTRACT

Adjustment of the periodic regression model to predict monthly water average temperature into ponds at CEPTA (Pirassununga, SP Brazil)

In this paper a periodic regression was used for explaining and predicting the variability of the monthly average water temperature in fishculture tanks. Data were collected during 1988 in tank of 1,000m² with depth of 1.5m, where the pacu (*Piaractus mesopotamicus*) was raised at CEPTA, Pirassununga (SP), Brazil. Was predicted the average temperatures for the months from January to June, 1989 and compared them with real data. The predicted and observed values were very close. Was developed the program PERIODO in Turbo Pascal 5.0 for carrying out the calculations.

INTRODUÇÃO

A temperatura influencia os processos biológicos, as reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e também outros processos tais como a solubilidade dos gases nela dissolvidos. Hoff & Westman (1966) afirmam que a temperatura da água é o principal fator que afeta o metabolismo dos peixes. Brett *apud* Ferraz de Lima *et al.* (1988) demonstrou que há relação direta entre o índice de crescimento específico desses animais e a temperatura da água. Assim ela é considerada fator ecológico importante, ligado ao crescimento dos peixes.

Lucas *et al.* (1988) alertam para o fato de que oscilações de temperatura e de concentração do oxigênio dissolvido podem provocar alterações no ambiente, podendo causar a morte de peixes e de outros organismos aquáticos. Desta maneira o estudo da temperatura e de sua oscilação é importante para a piscicultura.

Neste trabalho os dados de temperatura foram ajustados por um modelo de regressão periódica (Bliss, 1970) com a finalidade de se constatar se pode ser usado como ferramenta na previsão, para se tomar decisões no manejo de peixes em viveiros de piscicultura.

A regressão periódica se ajusta a dados de ciclos ou ritmos biológicos tais como variações estacionais, menstruação, respiração e batimento cardíaco.

MATERIAL E MÉTODOS

A instalação utilizada foi o viveiro D3 do CEPTA (Pirassununga - SP), escavado em terreno natural com 1.000m² e 1,5m de profundidade média. Neste viveiro estava sendo conduzido um experimento sobre o crescimento do pacu *Piaractus mesopotamicus*.

Foram tomadas 2, 3, 4 ou 5 medições por mês em dias espaçados, durante todo o ano de 1988 e sempre no período da manhã, entre 08:00h e 10:00h.

As medidas foram obtidas por métodos eletrométricos utilizando-se um termistor acoplado a uma sonda.

Cada mês foi dividido em três períodos (dias de 1 a 10, 11 a 20 e 21 a 31). Se houve mais que uma medida dentro de cada período foi calculada sua média aritmética.

As fórmulas usadas no cálculo da regressão periódica, para o

iésimo ajuste, foram:

$$u_i = [\cos (i c t)]$$

$$v_i = [\sin (i c t)]$$

onde:

$c = 2\pi/K$ (frequência angular: indica com que frequência o período K está contido numa rotação completa; se $K=12$, logo $c=0,5$ sendo K o nº de meses total)

$t =$ variação do número dos meses

$i =$ nº do ajuste (para o 1º ajuste $i=1$, para o 2º, $i=2$ e assim por diante).

A fórmula geral da Regressão Periódica é

$$Y = a_0 + (a_1 u_i) + (b_1 v_i)$$

onde:

$a_0 =$ constante indicando média de temperaturas

$i = 1, 2, \dots, N$ ($N = f K$, sendo f o número de valores de temperatura para cada K valor observado do tempo t , o qual varia de 0 a $K-1$).

A validação do modelo foi feita através da inspeção visual dos resíduos ordinários que mostram a discrepância entre os valores observados e os valores esperados:

$$RES_i = Y - y$$

onde Y é calculado pela fórmula geral e y é a média observada do mês.

Os cálculos foram programados em linguagem TURBO PASCAL, versão 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela I estão os dados coletados em 1988.

A Tabela II e as Fig. 1, 2 e 3 mostram os resultados para os diferentes ajustes. Nas Fig. 1, 2 e 3 nota-se que o aumento do número de estimadores ($u_2, v_2, u_3, v_3, \dots$) melhora o ajuste. Outra maneira de se examinar a melhoria é com base na soma dos quadrados dos resíduos ($SQR_1=14,5$; $SQR_2=3,45$; $SQR_3=1,4$) e no gráfico dos resíduos (Fig. 4).

A Tabela III mostra a análise de variância para os 3 ajustes realizados.

Desta forma, vê-se que o 3º ajuste é o mais indicado para se fazer

a previsão. Porém ao se analisar a Tabela III, vê-se que $F_{2,24} = 1,81$ não é significativo para este ajuste. Assim esta análise mostra que há uma interrupção no aumento de estimadores pois do contrário, poder-se-ia ficar aumentando esse número *ad infinitum*.

Logo, o ajuste escolhido para explicar e prever valores de temperatura dos viveiros do CEPTA deve ser o 2º:

$$Y = 23,005 + 4,479 u_i + 3,113 v_i - 1,244 u_{i+1} - 0,548 v_{i+1}$$

com:

$i = 1.$

$F_{2,24} = 9,56''$

$SQR_2 = 3,45$

Este modelo mostra-se mais apropriado se comparado ao método de regressão por partes ("piecewise linear approximation") usado por Grant (1986), para ajustar um conjunto de dados similar ao apresentado aqui. Por este método o autor dividiu sua amostra em 5 partes diferentes tendo de realizar uma regressão linear simples para cada uma delas, aumentando o número de resíduos a serem examinados, o que é inconveniente. Por outro lado no presente modelo uma única função é capaz de explicar o fenômeno em questão. Porém é importante ressaltar que nem sempre é possível o uso da regressão periódica para previsão de valores de temperatura. Ela só deve ser usada se os dados confirmarem a existência de um padrão cíclico ou periódico.

A Tabela IV mostra os valores observados dos primeiros 6 meses de 1989 e os valores que o segundo ajuste previu para o período. Nota-se que os resíduos da previsão variam entre 0,03 e 1,7. Embora não haja valores estranhos aparentes pela inspeção da Fig. 4, podemos ver que a regressão periódica ainda não conseguiu eliminar a periodicidade dos dados. Este resultado não é desejável, porém não conseguimos melhorar o modelo. Mesmo assim, acreditamos que ele ainda se presta tanto para a explicação, como para a previsão dos valores de temperatura dos viveiros do CEPTA. Chaco *et al.* (1990) também fizeram uso deste tipo de análise para dados de temperatura de um lago na América do Norte, porém não apresentaram a análise de resíduos, fornecendo apenas a equação.

O programa PERIODO foi desenvolvido para efetuar os cálculos necessários para a realização da regressão periódica. Ele foi escrito em TURBO PASCAL 5.0, é de fácil manuseio e pode ser obtido através de correspondência com os autores deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da UNESP, CEPTA-IBAMA e FAPESP (Proc. nº 91/0732-0) pela bolsa de Iniciação Científica concedida a Ronaldo Angelini.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLISS, C.I. *Statistics in Biology*. New York: McGraw-Hill, 1970. 639p.
- CHACO, O.J., HATCH, U., KINNUCAN, H. Bioeconomic analysis of fish growth: effects of dietary protein and ration size. *Aquaculture*, v.88, n.3/4, p.223-238, 1990.
- FERRAZ DE LIMA, J.A., FERRARI, V.A., COLARES DE MELO, J.S. *et al.* Comportamento do pacu, *Colossoma mitrei*, em um cultivo experimental, no Centro-Oeste do Brasil. *B. Téc. CEPTA*, v.1, n.1, p.15-28, 1988.
- GRANT, W.E. *Systems analysis and simulation in wildlife and fisheries sciences*. New York: John Wiley, 1986. 336p.
- HOFF, G.J., WESTMAN, J.R. The temperature tolerance of three species of marine fishes. *J. Mar. Res.*, v.24, p.131-140, 1966.
- LUCAS, A.F.B., NASCIMENTO, V.M. da C., COLARES DE MELO, J.S. Variação nictemeral e sazonal de temperatura e oxigênio dissolvido em viveiros e viveiros do CEPTA. *B. Téc. CEPTA*, v.1, n.2, p.37-45, 1988.



TABELA I - Temperatura em 3 períodos mensais (média do dia 1 a 10, de 11 a 20, e de 21 a 30 ou 31) no viveiro D3 (CEPTA-Pirassununga) no ano de 1988.

Mês	Período			Total	Média
	1º	2º	3º		
0-dez	25,6	27,2	25,0	77,8	25,93
1-jan	26,7	28,4	29,7	84,8	28,26
2-fev	27,9	26,6	28,1	82,6	27,53
3-mar	28,3	27,1	26,1	81,5	27,16
4-abr	26,0	23,6	23,7	73,3	24,43
5-mai	22,3	21,4	20,4	64,1	21,36
6-jun	16,2	17,2	17,4	50,8	16,93
7-jul	17,1	16,2	14,3	47,6	15,86
8-ago	16,8	18,4	20,3	55,5	18,50
9-set	21,2	20,2	24,3	65,7	21,90
10-out	23,8	21,8	23,0	68,6	22,86
11-nov	24,2	26,7	25,0	75,9	25,30

TABELA II - Equações para os 3 ajustes realizados com os dados de temperatura da água do viveiro D3 do CEPTA em 1988.

Ajuste 1

$$Y = 23,005 + 4,4797 u_i + 3,1133 v_i$$

Ajuste 2

$$Y = 23,005 + 4,479 u_i + 3,113 v_i + (-1,244) u_{i+1} + (-0,548) v_{i+1}$$

Ajuste 3

$$Y = 23,005 + 4,479 u_i + 3,113 v_i + (-1,224) u_{i+1} + (-0,548) v_{i+1} + 0,2556 u_{i+2} + 0,533 v_{i+2}$$

TABELA III - Análise de variância para os ajustes 1, 2 e 3 realizados.

Termos	G.L.	SQ	QM	F
$a_1 + b_1$	2	535,692	267,846	153,67**
$a_2 + b_2$	2	33,290	16,645	9,55**
$a_3 + b_3$	2	6,295	3,147	1,81
Dispersão	7	5,019	0,717	-
Erro	24	41,840	1,743	-
Total	37	622,136	-	-

TABELA VI - Previsão de temperatura (°C) para o modelo de regressão periódica (2º ajuste) e comparação com os dados observados no mesmo período.

Mês	Esperado	Observado	Resíduo
Dez/88	26,20	25,96	0,24
Jan/89	27,30	26,30	1,00
Fev/89	28,10	26,67	1,43
Mar/89	27,30	25,60	1,70
Abr/89	24,50	24,47	0,03
Mai/89	20,50	20,45	0,05

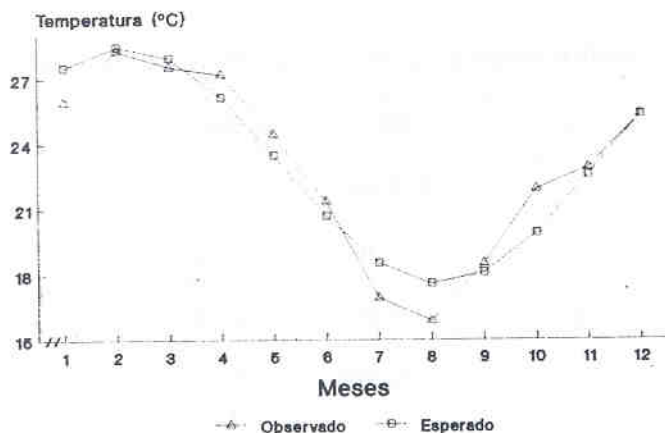


Fig. 1 - Ajuste da curva para a primeira equação: $Y=23,005+4,479u_i+3,113v_i$.

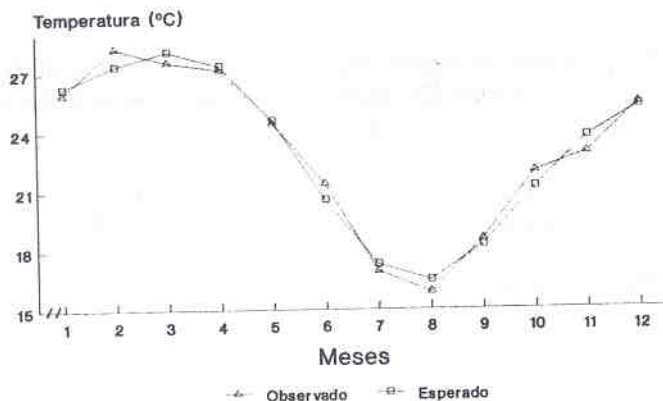


Fig. 2 - Ajuste da curva para a segunda equação: $Y=23,005+4,479u_i+3,113v_i-1,244u_{i-1}-0,548v_{i-1}$.

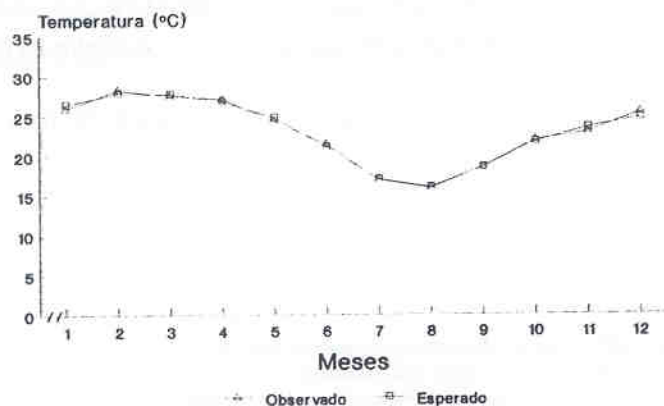


Fig. 3 - Ajuste da curva para a terceira equação: $Y=23,005+4,479u_i+3,113v_i-1,244u_{i-1}-0,584v_{i-1}+0,256u_{i-2}+0,533v_{i-2}$.

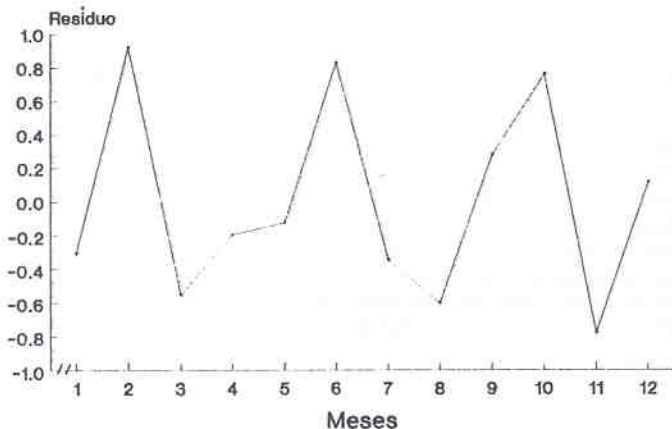


Fig. 4 - Resíduos ordinários do segundo ajuste da regressão periódica.