

# CARACTERÍSTICAS HIGROSCÓPICAS E PRODUTIVAS DO CASULO EM RAÇAS DO *Bombyx mori* L.<sup>1</sup>

ANTONIO JOSÉ PORTO<sup>2</sup>, JOSÉ EDUARDO DE ALMEIDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 25/11/11. Aceito para publicação em 25/06/12.

<sup>2</sup>Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Gália (UPD de Gália), Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Oeste (PRDTA Centro Oeste), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA), Caixa Postal 16, CEP 17450-000, Gália, SP, Brasil  
E-mail: [porto@apta.sp.gov.br](mailto:porto@apta.sp.gov.br)

**RESUMO:** Casulos, cascas séricas e crisálidas de quatro raças do *Bombyx mori* L., sendo duas de origem chinesa (C202 e C212) e duas de origem japonesa (B104 e M11-2), foram analisados em função dos fatores determinantes do peso (matéria seca e umidade) e pela capacidade higroscópica após cozimento. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. Embora a casca sérica possua maior capacidade higroscópica a porcentagem de água na crisálida é o principal fator determinante do peso do casulo. A porcentagem de água no casulo e nos seus componentes está inversamente relacionada com a absorção após cozimento. Das raças avaliadas, as chinesas apresentaram menor porcentagem de água no casulo e maior peso de casca que as raças japonesas.

Palavras-chave: bicho-da-seda, absorção de água, casulo, casca sérica.

## *HYGROSCOPICS AND YIELD CHARACTERISTICS OF COCOON IN RACES OF Bombyx mori L.*

**ABSTRACT:** Cocoons, cocoon shells and chrysalis of four races of *Bombyx mori* L., two from China (C202 and C212) and two from Japan (B104 and M11-2), were analyzed in function of determinant factors as weight (dry mater and moisture) and by hygroscopic capacity after cooking. It was used a complete randomized design, with four treatments and ten replications. Although the cocoon shell has a higher hygroscopic capacity, the percentage of water in the chrysalis is the main factor to determine the weight of cocoon. The percentage of water in the cocoon and its components are inversely related to the absorption after cooking. Of all races evaluated, the chinese ones had lower percentage of water in the cocoon and higher cocoon shell weight than the japanese races.

Key words: silkworm, water absorption, cocoon, cocoon shell.

## INTRODUÇÃO

Na criação comercial do bicho-da-seda, a remuneração é definida pela qualidade e quantidade do casulo produzido, dado em quilogramas. Assim, a busca por casulos mais pesados é uma constante na sericultura. Também na pesquisa, o peso do casulo, da casca sérica e da crisálida são comumente utilizados como parâmetros para avaliação do desempenho biológico e produtivo do *Bombyx mori* (LINNAEUS, 1758) (Lepidoptera: *Bombicidae*). (PORTO *et al.*, 2010; KUMAR *et al.*, 2011).

De modo geral, o peso total do casulo pode ser dividido entre seus constituintes na seguinte proporção: 17 a 25% para casca sérica, 75 a 85% para crisálida e 0,6 a 0,7% para exúvia (FONSECA e FONSECA, 1988). As variações de peso, observadas no casulo e nos seus componentes, são relacionadas principalmente a fatores como: condições ambientais durante a criação das lagartas e na colheita dos casulos, sexo, fatores nutricionais e diferenças raciais, entre outros (OKINO, 1982).

Um dos principais elementos, presente na composição do casulo, que condiciona seu peso é a água. Conforme LEE (2006), a água participa com 58 a 63% do peso do casulo, variando conforme a raça, estação do ano e sexo. A alta permeabilidade e higroscopicidade da seda possibilitam a absorção ou perda de água no casulo (KRAUSE, 2000) e elevada capacidade de expansão das fibras (SILK, 2006). Segundo KRAUSE (2000), a porcentagem de retenção de água na seda se eleva com o aumento da umidade relativa do ar e com o aumento da temperatura, podendo atingir, de acordo com CIFUENTES (1998), mais de 30% de seu peso em umidade. ALMEIDA e PORTO (2008) analisando o peso do casulo, durante a metamorfose, para raças do bicho-da-seda, concluíram que a perda de umidade na crisálida e no casulo foi o fator principal que condicionou a variação nos pesos.

Quando os casulos são submetidos ao processamento industrial, denominado de "fiação" ou bobinagem, sofrem um cozimento em água, com temperatura e tempo determinado. A água presente tem sido utilizada como variável para avaliação desses procedimentos. HARIRAJ e KINOSHITA (1994) analisaram o efeito do tempo e temperatura de cozimento sobre a absorção e conteúdo de água em casulos de raças indianas e japonesas do bicho-da-seda. HARIRAJ e SOMASHEKAR (2002a, 2002b) observaram que a temperatura e a duração do cozimento do casulo tiveram influência significativa sobre a difusão da água nas diferentes camadas da casca sérica. Também NAIK e SOMASHEKAR (2003a; 2003b; 2003c; 2003d; 2003e), analisaram diferentes processos de cozimento do casulo e seu efeito nas características de desenrolamento do fio, grau de cozimento do casulo, conteúdo de água na casca sérica e características de qualidade da seda crua.

Dessa forma, considerando o peso como fator importante na produção do casulo e a significativa influência da água na sua determinação, procurou-se, por meio deste estudo, analisar a capacidade higroscópica do casulo e a relação com as características produtivas para quatro raças do *B. mori*.

## MATERIALE E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram realizados na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Gália (UPD/Gália-SP), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios-APTA/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo-SAA, no primeiro semestre de 2011.

Para a condução do estudo foram utilizadas quatro raças do *B. mori* obtidas do banco genético do convênio SAA e Prefeitura Municipal de Gália-SP, sendo duas de origem chinesa (C202 e C212) e duas de origem japonesa (B104 e M11-2).

As lagartas foram criadas de acordo com sistema convencional, permanecendo até o segundo instar em sala especial ("chocadeira"), com condições ambientais controladas (temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $75 \pm 5\%$ ). A partir do terceiro instar, foram colocadas em caixas (0,80 x 0,70 x 0,03 metros) e criadas em sirgaria experimental até a confecção do casulo. Todas as lagartas receberam as mesmas condições de criação (equipamentos, manejo sanitário e alimentar).

Após seis dias do início do encasulamento foram selecionados 100 casulos por raça, com as seguintes características: padronizados conforme a origem (chinês – forma arredondada, japonês – forma cinturada), com uma crisálida viva/casulo e sem defeitos (amassados, furados ou manchados).

Para cada raça, separaram-se dois lotes com 50 casulos. Utilizando o método gravimétrico (valores em gramas), cada lote foi processado conforme os esquemas:

Lote I – Peso do casulo fresco ("peso verde" – PV) - retirada e pesagem da crisálida e espólio - peso da casca sérica - secagem em estufa ( $56^\circ\text{C}$ , 72 horas) - peso seco do casulo e de seus componentes - determinação, por diferença, da matéria seca (MS) e umidade (UM) do casulo e de seus componentes e transformação em porcentagem.

Lote II – Peso do casulo (PV) - retirada e pesagem da crisálida e espólio - peso da casca sérica - cozimento (em água,  $95 \pm 5^\circ\text{C}$ , 1' 30") - peso do casulo cozido e de seus componentes - determinação, por diferença, da absorção de água (absorção no casulo – AbC, absorção na casca sérica – AbCS e absorção na crisálida – AbCr) e transformação em porcentagem.

Os procedimentos experimentais aplicados nos casulos do Lote II seguiram a metodologia descrita nos estudos de NAIK e SOMASHEKAR (2003a; 2003b; 2003c; 2003d; 2003e).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, dez

repetições por tratamento e dez casulos por parcela, totalizando 100 casulos por tratamento. Os resultados foram analisados pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo do princípio que o peso do casulo “ver-

de” é um dos principais fatores associados à remuneração da produção, torna-se importante a análise dos elementos que determinam esse peso no casulo e nos componentes que o formam (casca sérica e crisálida), considerando suas diferentes capacidades de absorver ou manter a umidade. Dessa forma, os valores de peso “verde” e composição em matéria seca e umidade, para o casulo e seus componentes, conforme as raças, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Valores médios de peso “verde” (PV, gramas), porcentagem de matéria seca (% MS) e porcentagem de umidade (% UM), para casulo, casca sérica e crisálida, considerando quatro raças do *Bombyx mori* L. e respectivos coeficientes de variação**

Raças	Casulo			Casca Sérica			Crisálida		
	PV(g.)	% MS	% UM	PV(g.)	% MS	% UM	PV(g.)	% MS	% UM
C202	1,198 b*	43,70 a	56,30c	0,288a	95,55b	4,45a	0,891 c	26,42a	73,58 b
C212	1,393ab	41,19 b	58,81b	0,274a	96,40ab	3,60ab	1,154ab	26,97a	73,03 b
B104	1,510a	37,37c	62,63a	0,244b	95,75 b	4,25a	1,260a	25,13ab	74,87ab
M11-2	1,252 b	37,19c	62,81a	0,242b	97,05a	2,95 b	1,009bc	24,01 b	75,99a
Média Geral	1,338	39,86	60,14	0,262	96,19	3,81	1,079	25,63	74,37
CV (%)	9,67	1,98	2,01	6,90	17,35	17,57	12,18	2,19	1,80

\* Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (P<0,05).

Confrontando os valores médios gerais para porcentagem de umidade no casulo (60,14%) e na crisálida (74,37%) com dados da literatura, não se observa discordância. Após secagem, o peso do casulo deve ficar entre 37 e 42% do peso original (LEE, 2006), com uma média de 40% (OKINO, 1982; FONSECA e FONSECA, 1988). Com base nesses valores a porcentagem de umidade no casulo “verde” deve situar-se entre 58 e 63%, portanto com uma média de 60,50%. Na crisálida viva, conforme LEE (2006), o conteúdo normal de umidade está entre 74 e 78%. Na casca sérica, no entanto, LEE (2006) considerou normal uma porcentagem de umidade entre 11 e 12%, portanto superior ao obtido no presente estudo (3,81%).

Ao se comparar as raças, observa-se que o peso médio do casulo, para a raça B104, foi um dos mais elevados, com um dos menores pesos de casca sérica e um dos maiores pesos de crisálida. Embora a porcentagem de umidade na crisálida não tenha variado em relação às demais raças, o valor ficou entre os mais elevados. Resultado esse também verificado para casulo e casca sérica. Assim, pode-se destacar como fa-

tores condicionantes do peso do casulo o peso da crisálida e o conteúdo total de água. Já a raça C202 produziu um dos menores pesos de casulo, um dos maiores pesos de casca sérica e um dos menores pesos de crisálida. Para essa raça podemos relacionar a casca sérica e sua composição em água como fatores significativos na formação do peso do casulo. PORTO *et al.* (2004), estudando oito raças do bicho-da-seda, incluindo as raças C202 e B104, não observaram variação significativa para peso de casca sérica, entre elas, no entanto, para peso de crisálida, assim como apresentado na Tabela 1, os valores foram superiores para a raça B104.

Na raça C212, os valores para peso de casulo e peso de crisálida não tiveram grandes variações em relação às demais raças. Apenas para peso de casca, assim como observado para a raça C202, os valores superaram aqueles observados nas raças japonesas. No geral, a influência da umidade na definição dos pesos no casulo, na casca sérica e na crisálida foi menos pronunciada que nas demais raças em estudo.

Os piores resultados foram obtidos para a raça M11-2. Valores, entre os mais baixos, podem ser observados para peso de casulo, peso de casca sérica e peso de crisálida. Apenas na formação do peso da casca sérica a umidade teve menor influência, quando comparada com as demais raças.

Além da umidade presente naturalmente na fibra, a capacidade higroscópica da seda foi avaliada. As porcentagens de absorção de água no casulo, na casca sérica e na crisálida, após cozimento, foram calculadas para quatro raças do bicho-da-seda e apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2. Valores médios de porcentagem de absorção de água, após cozimento, no casulo (AbC), na casca sérica (AbCS) e na crisálida (AbCr), para quatro raças do *Bombyx mori* L. e respectivos coeficientes de variação**

Raças	AbC (%)	AbCS (%)	AbCr (%)
C202	168,25 a*	346,59 b	90,01 a
C212	167,63 a	401,14 b	122,19 a
B104	141,10 ab	383,03 b	79,38 ab
M11-2	88,46 b	495,36 a	44,19 b
Média Geral	141,36	406,53	83,94
CV (%)	21,29	10,97	22,36

\* Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

Observa-se, pela análise da Média Geral, que a maior porcentagem de absorção de água no casulo foi devido à absorção ocorrida na casca sérica (406,53%). A seda é considerada uma fibra natural altamente higroscópica e com grande capacidade de expansão (SILK, 2006). Conforme KRAUSE (2000), a higroscopicidade é uma característica física da seda e está relacionada com grupos radicais COOH e NH<sub>2</sub> dos aminoácidos. O fio de seda é composto de 80,56% de material protéico, chamado fibroína (HANADA e WATANABE, 1986). Cada filamento dessa proteína possui de 900 a 1400 fibrilas, que apresentam minúsculos espaços preenchidos por ar, que dão à seda a característica de conservação da temperatura e água (SONH, 1998).

Nota-se, principalmente nas raças de origem chinesa, considerável absorção de água no casulo, com

grande capacidade de absorção na crisálida, ao passo que na raça japonesa M11-2, os resultados foram opostos, com menor absorção no casulo e maior absorção na casca. Para a raça japonesa B104, os valores de absorção no casulo e na crisálida, não variaram em relação às demais raças.

De forma geral, observa-se que a capacidade de absorção no casulo e nos seus componentes está relacionada com o conteúdo de umidade e matéria seca. Assim, menores porcentagens de umidade e conseqüente maiores porcentagens de matéria seca (Tabela 1) resultaram em maior porcentagem de absorção (Tabela 2).

Outro fator relacionado com a absorção de água no casulo é a espessura da casca sérica. Conforme HARIRAJ e KINISHITA (1994), além da temperatura da água e tempo de imersão do casulo, durante o processo de cozimento, a espessura da casca sérica também influi na absorção de água. Esses autores observaram que o conteúdo de umidade nos casulos de raças indianas, após o cozimento, foi quase o dobro do encontrado nos casulos de raças japonesas, cujas cascas apresentaram espessura 1,8 vezes maior.

Se for considerada a relação entre a maior porcentagem de absorção de água no casulo (Tabela 2), com o menor teor de matéria seca na casca (Tabela 1), observado principalmente na raça C202, seria possível associar tal resultado com uma provável menor espessura da casca para essa raça, conforme descrito pelos autores citados anteriormente. No entanto, ao se analisar a casca sérica, desconsiderando a porcentagem de umidade, o resultado obtido para a raça C202 pode ser destacado, uma vez que, mesmo apresentado uma das menores porcentagens de matéria seca na casca (95,55%), o valor calculado para peso seco da casca (95,55% de 0,288 gramas) será um dos mais elevados (0,275 gramas). Esse resultado possivelmente está associado com casulos maiores.

## CONCLUSÕES

A porcentagem de água na crisálida é o principal fator determinante do peso do casulo.

As raças chinesas (C202 e C212) apresentam menor porcentagem de água no casulo e maior peso de casca sérica que as raças japonesas (B104 e M12-2).

Dos componentes do casulo a casca sérica é que possui maior capacidade higroscópica.

A absorção após o cozimento está inversamente relacionada com a porcentagem de água no casulo e nos seus componentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.E.; PORTO, A.J. Variação do peso do casulo em raças do bicho-da-seda durante a metamorfose. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.65, n.3, p.225-230, 2008.

CIFUENTES, T.C. Seda y ecología. **Sericultura Colombiana**, Pereira, n.25, p.20-21, 1998.

FONSECA, T.C.; FONSECA, A.S. **Cultura da amoreira e criação do bicho-da-seda**. São Paulo: Nobel, 1988. 246p.

HANADA, Y.; WATANABE, J.K. **Manual de criação do bicho-da-seda**. Curitiba: COCAMAR, 1986. 224p.

HARIRAJ, G.; KINOSHITA, H. Studies on bivoltine cocoon cooking: effect of time and temperature of retting on absorption and moisture content in Indian and Japanese cocoons. **Sericologia**, La Mulatière, v.34, n.3, p.497-506, 1994.

HARIRAJ, G.; SOMASHEKAR, T. H. Studies on multibivoltine cocoon cooking. Part I: Effect of retting treatment in pan cooking on colour diffusion in cocoon shell. **Sericologia**, La Mulatière, v.42, n.4, p.513-519, 2002a.

HARIRAJ, G.; SOMASHEKAR, T. H. Studies on multibivoltine cocoon cooking. Part II: Effect of retting and permeation treatments in pan cooking on colour diffusion in cocoon shell. **Sericologia**, La Mulatière, v.42, n.4, p.525-532, 2002b.

KRAUSE, B. El hilo y el capullo de seda. **Sericulture Colombiana**, Pereira, n.38, p.10-14, 2000.

KUMAR, H.V.R.; MURUGESH, K.A.; MAHALINGAM, C.A.; CHANDRAMOHAN, N.; MOHANRAJ, P. Relative susceptibility of cross breeds of silkworm, *Bombyx mori* L. to nuclear polyhedrosis virus and botanical based virus management. **Sericologia**, La Mulatière, v.51, n.1, p.45-51, 2011.

LEE, Y. Silk reeling and testing manual. FAO Agricultural Services. Bulletin n° 136. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x2099e/x2099e00.htm>>. Acesso: 08 ago. 2006.

NAIK, S.V.; SOMASHEKAR, T.H. Studies on bivoltine

cocoon cooking. Part I: Effect of retting temperature and permeation treatment condition on reeling performance of Indian bivoltine hybrid cocoons. **Sericologia**, La Mulatière, v.43, n.2, p.215-225, 2003a.

NAIK, S.V.; SOMASHEKAR, T.H. Studies on bivoltine cocoon cooking. Part II: Effect of retting temperature and permeation treatment condition on quality characteristics of raw silk of Indian bivoltine hybrid cocoons. **Sericologia**, La Mulatière, v.43, n.2, p.235-244, 2003b.

NAIK, S.V.; SOMASHEKAR, T.H. Studies on bivoltine cocoon cooking (Part I): Effect of cooking (swelling) treatment and adjustment treatment on cocoon cooking degree and water content in cocoon shell of Indian bivoltine hybrid cocoons. **Sericologia**, La Mulatière, v.43, n.3, p.369-375, 2003c.

NAIK, S.V.; SOMASHEKAR, T.H. Studies on bivoltine cocoon cooking (Part II): Effect of cooking (swelling) treatment and adjustment treatment on reeling performance of Indian bivoltine hybrid cocoons. **Sericologia**, La Mulatière, v.43, n.3, p.381-391, 2003d.

NAIK, S.V.; SOMASHEKAR, T.H. Studies on bivoltine cocoon cooking (Part III): Effect of cooking (swelling) treatment and adjustment treatment on quality characteristics of raw of Indian bivoltine hybrid cocoons. **Sericologia**, La Mulatière, v.43, n.3, p.399-410, 2003e.

OKINO, I. **Manual de sericultura**. Bauru: CATI, 1982. 80p.

PORTO, A.J.; COSTA, C.; ALMEIDA, J.E. Aspectos biológicos e produtivos do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) alimentado com amoreira (*Morus* sp.) conservada em sistemas e períodos de armazenamento. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS APLICADAS A SERICICULTURA, 2., 2010, Cascavel. **Anais...** Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010, p.30-37.

PORTO, A.J.; OKAMOTO, F.; CUNHA, E.A.; OTSUK, I.P. Caracterização de oito raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.259-264, jan-fev., 2004.

SILK, Transport Information Service. Disponível em: <[http://www.tisgdv.de/tis\\_e/ware/fasern/seide.htm](http://www.tisgdv.de/tis_e/ware/fasern/seide.htm)>. Acesso: 08 ago. 2006.

SOHN, K.W. Estructura y características del hilo de seda. **Sericultura Colombiana**, Pereira, n.27, p.7-9, 1998.