



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA MARIA MENEGUIM

**QUALIDADE NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE
AMOREIRA (*Morus* spp.) PARA *Bombyx mori* L.
(LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)**

Londrina
2008

ANA MARIA MENEGUIM

**QUALIDADE NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE
AMOREIRA (*Morus spp.*) PARA *Bombyx mori* L.
(LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini

Londrina
2008

ANA MARIA MENEGUIM

**QUALIDADE NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE
AMOREIRA (*Morus spp.*) PARA *Bombyx mori* L.
(LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Amarildo Pasini – UEL

Profa. Dra. Jussara Ricardo de Oliveira –
UNIPAR

Dr. Celso Luiz Hohmann – IAPAR

Prof. Dr. Ayres de Oliveira Menezes – UEL

Profa. Dra. Dileimar M. N. Gallegos – UEL

Prof. Dr. Pedro M. O. J. Neves (Suplente) –
UEL

Dra. Lenita Jacob de Oliveira (Suplente) –
EMBRAPA

Prof. Dr. Amarildo Pasini (Orientador) – UEL

Londrina, 18 de 07 de 2008.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Moacyr e Terezinha, por todo o amor, carinho, dedicação, exemplo de otimismo e palavras de incentivo nos momentos mais difíceis.

OFEREÇO

À minha avó Ana, que aos seus 92 anos continua sendo um exemplo de determinação e motivação para vencer os obstáculos desta vida.

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas e instituições que colaboraram para a realização deste trabalho, gostaria de externar minha gratidão, em especial:

À Deus por estar presente em minha vida, iluminando meus caminhos e ser minha fonte de força e alegria.

Ao meu esposo Carlos e aos meus filhos Katharina, Luís Gustavo e Victória pela paciência, apoio e carinho, especialmente durante o período de elaboração da tese.

À minha irmã Luciana pelo companheirismo e apoio em todos os momentos.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná pela oportunidade de aperfeiçoamento de minha formação profissional, pela infra-estrutura e material cedidos para a realização deste trabalho.

À Empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A. pela doação das lagartas de bicho-da-seda e, em especial, ao Responsável Técnico de Fiação Sr. Hélio Nishihara pela realização da análise tecnológica dos casulos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Amarildo Pasini pelos ensinamentos, apoio, amizade e pela oportunidade de concluir mais essa etapa da minha formação.

Ao pesquisador Celso Luiz Hohmann por todo incentivo e sugestões valiosíssimas para realização deste trabalho e pela amizade.

Ao pesquisador Ruy Seiji Yamaoka, exemplo de dedicação à sericicultura paranaense, pela transmissão de conhecimentos, pela colaboração e viabilização deste trabalho, e pelo companheirismo nesses anos de pesquisa na área sericícola.

Aos professores do Departamento de Agronomia pelos ensinamentos.

Aos colegas Inês F. U. Yada e José Carlos Gomes, da área de biometria do Instituto Agrônomo do Paraná, pela realização das análises

estatísticas.

Aos colegas pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná pelo apoio e incentivo Celso J. Marur, Rodolfo Bianco, Walter Jorge dos Santos, Amador V. Mosqueira, Nei Lúcio Domiciano, Sueli Souza Martinez, Alfredo Otávio R. de Carvalho e Rui Pereira Leite.

À equipe da sericicultura do Instituto Agrônomo do Paraná Adauto Crispin e Roberto da Silva, pela participação na condução dos experimentos e, em especial, ao técnico agrícola Namir Filipin pela dedicação e grande contribuição para a realização deste trabalho.

Aos estagiários da sericicultura, em especial, à Cristina Lustrri e Dássia D. de Oliveira pela participação na execução deste trabalho, dedicação e companheirismo, e à Marlon D. Denez, Silvana R. Siqueira, Andreliza Del Grossi, Lígia R. Lopes e Letícia T. Ataíde.

Aos funcionários da Entomologia, Adauto Pedro da Costa, Pedro Grassi, Maria Eliete G. Luiz, Nadir Crispin, Maria Selia da Costa, Ademar S. de Souza, Luis Carlos Domingues e Edilene S. L. Barros, pelos auxílios prestados.

Aos funcionários dos Laboratórios de Nutrição Animal e de Solos e Tecido Vegetal, do Instituto Agrônomo do Paraná, em especial à Maria Celina J. Leme e Antônio Cândido Rosa.

Às bibliotecárias Jacqueline H. N. S. Buratto e Clarice Francisquini pelo apoio na obtenção de artigos científicos.

Às minhas amigas Zuleide H. Tazima e Cleonice M. Contini, pelo apoio e pelas longas conversas.

MENEGUIM, A. M. **Qualidade nutricional de cultivares de amoreira (*Morus spp.*) para *Bombyx mori*. (Lepidoptera: Bombycidae)** 2008. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RESUMO

O crescimento da sericicultura paranaense depende, entre outros fatores, da maior rentabilidade da atividade, tanto em nível do produtor como das indústrias de fiação. Maior produtividade, aliada à qualidade tecnológica do casulo, pode ser alcançada através da exploração de cultivares com maior produção de massa foliar e nutricionalmente superiores a cultivar padrão Miura, que atualmente, está plantada em mais de 80% da área sericícola do Estado. Visando obter informações para identificar cultivares alternativas à 'Miura', foram conduzidos estudos no Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, Londrina para caracterizar quimicamente e bromatologicamente as cultivares de amoreira Miura, Korin, Tailandesa, FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4. Os efeitos destas cultivares sobre a nutrição quantitativa, o desenvolvimento, a produção e qualidade tecnológica de casulos também foram determinados. Os tratamentos foram repetidos quatro vezes no delineamento de blocos ao acaso no experimento da criação e análise tecnológica dos casulos, e no delineamento inteiramente casualizado para as análises da nutrição quantitativa e da caracterização química e bromatológica. As cultivares apresentaram diferenças significativas em relação à composição química e bromatológica das folhas e influenciaram significativamente os parâmetros da nutrição quantitativa, da criação e da produção e qualidade tecnológica de casulo do bicho-da-seda. Duas cultivares (FM 3/3 e SK 4) foram identificadas como superiores, pois afetaram favoravelmente o desenvolvimento das lagartas e, influenciaram as características comerciais do casulo, proporcionando incrementos importantes na produção. Para maioria dos parâmetros tecnológicos do casulo, essas cultivares proporcionaram resultados iguais ou superiores a 'Miura', porém quanto aos índices da nutrição quantitativa de consumo e de utilização do alimento por lagartas de *B. mori* o híbrido SK 4 foi o mais adequado. A análise conjunta, considerando o maior teor de nutrientes das folhas e melhor adequação nutricional juntamente com a produção e qualidade tecnológica de casulos, indica que entre as cultivares de amoreira, alternativas à variedade padrão Miura, o híbrido 'SK 4' é a cultivar mais favorável para ser utilizada na exploração sericícola paranaense.

Palavras-chave: Sericicultura. Moricultura. Qualidade foliar. Bicho-da-seda. Seda.

MENEGUIM, A. M. **Nutritional quality of mulberry cultivars (*Morus spp.*) for *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae).** 2008. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ABSTRACT

Sericulture expansion in the State of Paraná depends, among other factors, on the higher rentability for the farmer and for the silk reeling industries. Higher productivity allied to cocoon technological quality may be achieved by exploiting cultivars with high foliar mass production and nutritionally superiors to the standard cultivar Miura that is presently planted in more than 80% of the sericulture area in the State. Aiming to obtain information to identify alternative cultivars to 'Miura', studies were carried out at the Instituto Agronomico do Parana, in Londrina, PR, to characterize chemically and bromatologically the mulberry cultivars Miura, Korin, Tailandesa, FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4. The effects of these cultivars on quantitative nutrition, development, production and technological quality of cocoons were also determined. Treatments were replicated four times in a randomized block design in the rearing and technological analysis of the cocoons experiment, and in a completely randomized block design for qualitative nutrition and chemical and bromatological characterization analysis. Significant differences were found among cultivars tested in relation to chemical and bromatological composition of the leaves and qualitative nutrition parameters, rearing and production and technological quality of the silkworm. Two cultivars (FM 3/3 and SK 4) were identified as superiors as they favorably affected larvae development and, in general, influenced the commercial cocoon characteristics, thus resulting in increments in production. In the majority of the cocoon technological parameters these cultivars were similar or superior to 'Miura', however, when the qualitative nutritional consumption index and silkworm food utilization was considered, the hybrid SK 4 was the most adequate. The joint analysis considering the positive results obtained in relation to mulberry leaf quality, quantitative nutrition and technological quality of cocoons indicates that among the alternatives to the Miura variety, the hybrid SK 4 is the most favorable cultivar to be used in the exploitation of sericulture in the State of Paraná.

Keywords: Sericulture. Moriculture. Leaf quality. Silkworm. Silk.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Conteúdo (%) de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) ($X \pm EP$). Primavera/2006, Londrina, PR.....43
- Tabela 3.2** – Composição ($X \pm EP$) de macro e microminerais de folhas de cultivares de amoreira. Primavera/2006, Londrina-PR46
- Tabela 3.3** – Peso de lagarta, casulo, casca sérica e pupa (g) e percentagem de casca sérica ($X \pm EP$) de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^{\circ}C$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina,PR.....48
- Tabela 3.4** – Ritmo de encasulamento em percentagem de encasulamento ($X \pm EP$) no 1º, 2º e 3º dia após o início da subida das lagartas no bosque. ($24 \pm 3^{\circ}C$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.....52
- Tabela 3.5** – Percentagem de encasulamento total e de casulos sem e com defeitos ($X \pm EP$) obtidos com lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^{\circ}C$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.....53
- Tabela 3.6** – Produção total, casulos sem defeitos (g), e potencial estimado de produção de casulos (kg) ($X \pm EP$) de lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^{\circ}C$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.....54
- Tabela 3.7** – Tamanho de casulos (número de casulos/2L) e peso seco de 200 casulos sem defeitos (g) ($X \pm EP$) produzidos por lagartas de *B. mori*, alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^{\circ}C$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR56
- Tabela 3.8** – Pegamento de ponta (%), enrolamento do casulo (%), comprimento total do filamento do casulo (m) e do filamento sem arrebatamento (m) de casulos produzidos por lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^{\circ}C$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.....57

Tabela 3.9 – Grossura do filamento (Denier), resistência do filamento (número de rupturas/2000 m de fio) e rendimento do casulo em seda (%) (X ± EP) produzido por lagartas de <i>B. mori</i> , alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. (24 ± 3°C; 67 ± 10% UR). Primavera/2006, Londrina, PR.....	60
Tabela 3.10 – Classificação de casulos produzidos por lagartas <i>B. mori</i> alimentadas com diferentes cultivares de amoreira, em três sistemas de classificação. (24 ± 3°C; 67 ± 10% UR). Primavera/2006, Londrina, PR	62
Tabela 3.11 – Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis nutricionais da folha e da produção e da qualidade tecnológica de casulos	63
Tabela 4.1 – Conteúdo (%) de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) com base na matéria seca de folhas de cultivares de amoreira (X ± EP). Outono 2007, Londrina-PR.....	72
Tabela 4.2 – Taxa de Consumo Relativo (TCR), Taxa de Crescimento Relativo (TCrR) e Taxa Metabólica Relativa (TMR) (mg/mg/dia) de lagartas de <i>B. mori</i> alimentadas com as diferentes cultivares de amoreira (25 ± 3°C; 80 ± 10% UR)	75
Tabela 4.3 – Percentagem de Digestibilidade Aproximada (D.A), Eficiência da Conversão do Alimento Ingerido (ECI) e Digerido (ECD) e Custo Metabólico (C.M) de lagartas de <i>B. mori</i> alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. (25 ± 3°C; 80 ± 10% UR)	78

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A SERICICULTURA BRASILEIRA E PARANAENSE.....	16
2.2 A AMOREIRA (<i>MORUS</i> SPP.).....	18
2.2.1 Produção de massa foliar.....	20
2.2.2 Qualidade foliar	21
2.2.2.1 Composição bromatológica	22
2.2.2.2 Composição mineral.....	23
2.3 BICHO-DA-SEDA (<i>BOMBYX MORI</i>).....	23
2.3.1 Nutrição.....	23
2.3.2 Índices de consumo e utilização de alimento	26
2.3.3 Produção de casulos	29
2.3.4 Qualidade tecnológica de casulos.....	32
2.3.5 Classificação dos casulos	35
3 ARTIGO A: COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE AMOREIRA <i>Morus</i> spp. E ASSOCIAÇÃO COM A PRODUÇÃO E QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CASULOS DE <i>Bombyx mori</i> L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)	36
3.1 RESUMO.....	36
3.2 ABSTRACT.....	37
3.3 INTRODUÇÃO.....	38
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.4.1 A amoreira.....	40
3.4.2 Criação do bicho-da-seda	41
3.4.3 Análise tecnológica do casulo	42
3.4.4 Delineamento experimental.....	42
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.5.1 Qualidade nutricional da amoreira.....	43
3.5.1.1 Composição bromatológica das folhas.....	43
3.5.1.2 Composição mineral das folhas	44

3.5.2 Produção de casulos.....	47
3.5.2.1 Peso de lagartas	47
3.5.2.2 Peso de casulo, casca sérica e pupa	49
3.5.2.3 Percentagem de casca sérica	51
3.5.2.4 Ritmo de encasulamento.....	51
3.5.2.5 Percentagem de encasulamento.....	52
3.5.2.6 Produção de casulos	54
3.5.3 Qualidade tecnológica de casulo.....	55
3.5.3.1 Tamanho de casulos	55
3.5.3.2 Peso seco de 200 casulos.....	56
3.5.3.3 Eficiência do pegamento de ponta do casulo	57
3.5.3.4 Habilidade de enrolamento.....	58
3.5.3.5 Comprimento do filamento	58
3.5.3.6 Grossura do filamento	59
3.5.3.7 Resistência do filamento	60
3.5.3.8 Rendimento do casulo em seda	61
3.5.3.9 Classificação dos casulos	61
3.5.4 Coeficientes de correlação entre variáveis nutricionais e de produção e qualidade de casulos	62
3.6 CONCLUSÕES.....	65

4 ARTIGO B: CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE AMOREIRA, <i>Morus</i> spp. E DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS DE <i>Bombyx mori</i> L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)	66
4.1 RESUMO.....	66
4.2 ABSTRACT.....	67
4.3 INTRODUÇÃO.....	68
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	69
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.5.1 Composição bromatológica de folhas de amoreira	71
4.5.2 Índices nutricionais	74
4.5.2.1 Taxa de consumo relativo (TCR).....	74
4.5.2.2 Taxa de crescimento relativo (TCrR).....	75
4.5.2.3 Taxa metabólica relativa (TMR)	76

4.5.2.4 Digestibilidade aproximada (DA)	77
4.5.2.5 Eficiência de conversão do alimento ingerido em biomassa (ECI)	78
4.5.2.6 Eficiência de conversão do alimento digerido em biomassa (ECD)	79
4.5.2.7 Custo metabólico (CM)	80
4.6 CONCLUSÕES.....	81
5 CONCLUSÕES GERAIS	82
REFERÊNCIAS.....	83

1 INTRODUÇÃO

A sericicultura é reconhecida como uma das atividades agroindustriais mais promissoras e adequadas ao desenvolvimento econômico e social do meio rural, que proporciona oportunidades de emprego com um investimento mínimo, principalmente em pequenas propriedades. Caracteriza-se como uma atividade essencialmente familiar que absorve mão-de-obra feminina, de baixo impacto ambiental e de rápido retorno financeiro.

O Brasil ocupa o sexto lugar na produção mundial de casulos verdes de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae), com cerca de 8,2 mil toneladas, e o quinto lugar na produção de fios de seda, porém, quanto a qualidade, ocupa uma das primeiras posições (CONAB, 2006). A sericicultura brasileira está concentrada na região centro-sul do país, especificamente nos Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul (FERNANDES, 2007). O Estado do Paraná, a partir de 1985, tem se destacado como maior produtor de casulos, sendo responsável por cerca de 90% da produção nacional (CTCS-PR, 2007).

Essa atividade tem grande influência na economia de vários municípios paranaenses, estando presente em 239 destes, com a participação de 6749 famílias, gerando em toda a cadeia produtiva cerca de 35 mil empregos diretos e indiretos e, participando com 46 milhões de reais na formação do Produto Interno Paranaense (CTCS-PR, 2007).

Dada à importância socioeconômica da sericicultura no Estado, atenção especial dos diferentes segmentos envolvidos deve ser dirigida para tornar o cultivo da amoreira (*Morus* spp.), a criação do bicho-da-seda e a produção de fios de seda viável financeiramente, tanto em nível dos criadores, como das indústrias de fiação, principalmente em um cenário de redução de preços do fio de seda.

A manutenção e/ou crescimento da cadeia sericícola no Estado do Paraná demanda por maior rentabilidade que pode ser alcançada através de incremento na produtividade, aliado a qualidade tecnológica do casulo.

Um aspecto a ser considerado, é a necessidade implícita de aumentar a produtividade de casulos por unidade de área. Na sericicultura paranaense, onde predomina a exploração da cultivar Miura (ATAÍDE, 2007; WATANABE et al., 2000) obteve-se na safra 2006/2007 uma produtividade média de

560 Kg de casulos verdes/ha/ano (CTCS-PR, 2007), havendo porém, potencial para atingir produtividades próximas a 1000 kg de casulos verdes/ha/ano (ATAÍDE, 2007).

Essa produtividade pode ser aumentada significativamente por meio da exploração de cultivares de amoreira, alternativas à variedade padrão Miura, que apresentem alto potencial de produção por hectare e qualidade nutricional superior, afetando positivamente o desenvolvimento das lagartas do bicho-da-seda, a produção e a qualidade de casulos. Sendo assim, a implantação e/ou renovação de amoreirais com cultivares que possuam características agronômicas e nutricionalmente superiores, é uma estratégia importante para alcançar a sustentabilidade e a ampliação da atividade sericícola paranaense.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar nutricionalmente cultivares de amoreira, quanto aos seus aspectos minerais e bromatológicos, que representam indicadores para explicar, em parte, as variações que ocorrem no consumo e utilização do alimento e o efeito no desenvolvimento das lagartas de *B. mori*, na produção e qualidade tecnológica do casulo. As informações obtidas neste estudo são fundamentais para subsidiar o processo de seleção e implantação de cultivares de amoreira, alternativas à variedade padrão Miura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A SERICICULTURA BRASILEIRA E PARANAENSE

A sericicultura é uma das atividades agroindustriais mais antigas que se tem registro na humanidade (SCHOESER, 2007). Compreende a cultura da amoreira (*Morus spp.*), a criação do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) e a produção de fios de seda.

No Brasil, a cadeia produtiva da seda apresenta faturamento bruto anual da ordem de US\$ 129 milhões, a maior parte na forma de divisas auferidas com exportações, uma vez que 97% da produção de fios de seda é destinada ao mercado externo (CONAB, 2006). Em 2007, foram exportadas 1.389 t de fios de seda, gerando receita de US\$ 36.387.000 milhões (CONAB, 2008). Essa produção está vinculada atualmente a apenas duas empresas, a Fiação de Seda BRATAC S.A., maior empresa produtora de fios de seda brasileira e mundial, e a Fujimura do Brasil S.A. (BOUÇAS, 2006).

O Brasil ocupa o sexto lugar na produção mundial de casulos verdes, com cerca de 8,2 mil toneladas, e o quinto lugar na produção de fios de seda, porém, quanto a qualidade, ocupa uma das primeiras posições (CONAB, 2006).

Considerando a escala de classificação de qualidade do fio de seda na categoria menor ou igual à 18 denier, que vai de D (a mais baixa) até 6A (a máxima) (KIM, 1989), a empresa brasileira BRATAC, que participa com 75% da produção de fios de seda, fabrica principalmente fio de 6A a 4A (H. N. MIZOKOSHI, comunicação pessoal)¹.

A alta qualidade da seda brasileira é atribuída, entre outros fatores, ao híbrido de bicho-da-seda utilizado que é melhor adaptado ao clima brasileiro, ao maior número de ciclos de criação e ao sistema integrado de produção que padroniza todas as operações e insumos ao longo da cadeia produtiva. Já, outros países produtores utilizam maior número de variedades de amoreira e de raças de

¹ Hélio N. Mizokoshi, Gerente Administrativo, Fiação de Seda BRATAC S.A.

bicho-da-seda, favorecendo a desuniformidade na qualidade (WATANABE et al., 2000)

No sistema integrado de produção as transações entre produtores rurais, fornecedores de casulos verdes, e as indústrias do setor se dão exclusivamente por venda direta. O serviço de assistência técnica aos produtores é oferecido em conjunto pelas indústrias do setor ao qual o produtor está vinculado e pela assistência técnica de órgão público (WATANABE et al., 2000; SOARES Jr., 1998).

A sericicultura brasileira está concentrada na região centro-sul do país, especificamente nos Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul (FERNANDES, 2007). O Estado do Paraná, a partir de 1985, tem se destacado como maior produtor de casulos, sendo responsável por cerca de 90% da produção nacional (CTCS, 2007).

A evolução da sericicultura paranaense foi favorecida por fatores como: condições favoráveis de clima e solo; por se constituir em nova alternativa, notadamente aos pequenos produtores; opção para a região do arenito, onde a cafeicultura tornou-se improdutivo; possibilidade de geração de renda a curto prazo; possibilidade de geração de renda aos produtores por um período de 6 a 10 meses ao ano, conforme a região; ocupação intensiva de mão de obra familiar, com geração de um emprego a cada hectare de amoreira; crescente demanda de fios de seda no mercado internacional; queda na oferta de casulos e de fios de seda nos países industrializados (Japão, França e Itália); permanente interesse das empresas que fornecem os insumos, principalmente lagartas; assistência técnica e comercialização de casulos verdes; organização dos produtores, através das 35 associações de sericultores distribuídas nas regiões produtoras de casulos verdes; apoio dos governos Federal, Estadual e Municipal, através de vários mecanismos (crédito rural subsidiado para aquisição de insumos e equipamentos, assistência técnica e pesquisa). Estes fatores contribuíram diretamente para o incremento da produção sericícola paranaense e, conseqüentemente, da brasileira (WATANABE et al., 2000).

2.2 A AMOREIRA

A amoreira pertence ao gênero *Morus*, família Moraceae, é uma planta perene, originária da Indo-China e amplamente distribuída em ambos os hemisférios. É de crescimento rápido e raízes profundas que se desenvolve nas regiões temperadas, tropicais e subtropicais. A exploração da cultura da amoreira visa principalmente sua utilização na nutrição das lagartas que se alimentam exclusivamente de suas folhas. A maioria da seda produzida no mercado mundial é proveniente do bicho-da-seda criado em folhas de amoreira (DINGLE et al., 2005).

Não se conhece o número exato de espécies e variedades pertencentes ao gênero *Morus*, havendo pelo menos cem espécies descritas. Apesar do cultivo da amoreira ser objeto de pesquisa em vários países nas últimas décadas não há consenso em nível bibliográfico sobre o número de espécies referentes a este gênero (BIASIOLO et al., 2004). De acordo com Sibuya-Ku (1975) apud Cifuentes e Sohn (1998) o gênero possui 950 espécies com milhares de variedades dentro destas. Na China, maior produtor, há mais de mil variedades sendo cultivadas, as quais se originaram de quatro espécies principais, *Morus alba*, *M. multicaulis*, *M. bombycis*, *M. atropurpurea* (YONGKANG, 2000 apud SÁNCHEZ, 2002). Na Índia, as principais espécies são *M. indica*, *M. alba*, *M. serrata* e *M. levigata*, sendo que a maioria das variedades pertence a *M. indica* ou *M. alba* (RAVINDRAN et al., 1997 apud SÁNCHEZ, 2002).

No Brasil, onde predomina o cultivo de variedades pertencentes a *M. alba*, existe um banco de germoplasma e duas coleções de amoreira localizados no Estado de São Paulo e uma coleção no Paraná, com 86 e 60 clones, respectivamente (ALMEIDA; FONSECA, 2002; R. S. YAMAOKA, comunicação pessoal).

A área utilizada com amoreira no Estado do Paraná é de aproximadamente 13 mil ha (CTCS, 2007), com predominância de cerca de 85% da cultivar Miura (ATAÍDE, 2007; WATANABE et al., 2000). Outras cultivares, incluindo variedades e híbridos, também plantadas no Estado são Formosa, Korin, Calabresa (WATANABE et al., 2000) e, mais recentemente, FM 86, FM 3/3, Tailandesa, SM 14 e SK 4 (ATAÍDE, 2007).

Algumas das características dessas cultivares, listadas pela Fiação de Seda BRATAC S.A. (2001), são apresentadas abaixo:

- Variedade Miura (*Morus alba*): é oriunda da mutação da cultivar Calabresa. Apresenta baixa produtividade de massa verde, mas através de teste de criação proporcionou casulos com alto nível de teor de seda. Há facilidade de propagação por estaquia e apresenta precocidade de rebrotação no período de inverno e de primavera, sendo atualmente a mais utilizada.
- Variedade Korin (*M. alba*): em testes de criação apresentou melhor resultado no peso de casulo. Solos onde há alta infestação de nematóides não ocorre adaptação desta cultivar e, também, esta é sensível a poda mecânica severa.
- Variedade Tailandesa-II (*Morus sp.*): foi introduzida no Brasil no início da década de 80. Sem dominância invernal, é altamente precoce. Caracteriza-se pela precocidade de desfolha e sensibilidade a doenças bacterianas. Entre 115 cultivares avaliadas essa variedade se destacou pelo crescimento rápido, chegando a atingir 2m de altura no período de 100 dias após a poda. Em testes de criação apresentou alto desempenho no ganho de peso de lagartas no quarto e quinto ínstar. Apesar das folhas serem grandes não apresenta dificuldades na alimentação de lagartas na fase jovem devido a maciez da folha.
- FM 3/3 (*Morus sp.*): esse híbrido caracteriza-se por apresentar folhas grandes proporcionalmente à grossura do caule e do pecíolo. Após a poda invernal, o desenvolvimento dos brotos é rápido. Devido ao tamanho e espessura da folha não é indicada para tratamento de lagartas na fase jovem, sendo mais propício para uso no quinto ínstar. As folhas são ásperas, onduladas, sem brilho e de textura fina. Nos testes de criação proporcionou peso de casulo e de casca sérica razoáveis, comparável ao obtido com 'FM 6/3' e superior a 'FM 86'.
- FM 86 (*Morus sp.*): esse híbrido foi obtido através do cruzamento de 'Miura' e 'Kairyonezumigaeshi', realizada na década de 70 e selecionada entre 360 plantas. Destaca-se pela alta produtividade de folhas, comprimento de internó

curto, desfolhamento bem tardio apesar de rebrotação lenta após a poda invernal e baixo índice de pegamento na multiplicação por estaquia.

- SK 4 (*Morus* sp.): é um híbrido entre 'Korin' e 'SM 1' (Miura x Shimaguwa), com alta produtividade de massa foliar, crescimento rápido (sem dormência invernal) e raramente produzindo brotação lateral. A brotação basal é excessivamente oblíqua, não se adaptando ao plantio adensado. A multiplicação por estaquia é muito difícil. Nos testes de criação proporcionou alto desempenho no ganho de peso corporal das lagartas do quarto e quinto ínstaes e incremento no peso do casulo e da casca.

2.2.1 Produção de massa foliar

A produção de massa foliar é uma característica fundamental no processo de criação do bicho-da-seda e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade de casulos. Na Índia, Patil et al. (2003) mencionam que cerca de 60% da rentabilidade da sericicultura depende da produção de folhas por unidade de área e da qualidade da folha da amoreira, as quais refletem na produção quantitativa e qualitativa de seda.

Uma análise comparativa da massa foliar produzida pelas cultivares mais plantadas no Estado, realizada pela BRATAC (Fiação de Seda BRATAC S.A., 2001) indicou que as cultivares mais produtivas, em ordem decrescente, foram SK 4, FM 3/3, Tailandesa II, FM 86, Korin, SM 14 e Miura. Quando comparadas as produções de massa foliar da cultivar mais produtiva (SK 4) com a da variedade padrão Miura, a menos produtiva, verificou-se que esta última produziu três vezes menos massa foliar que 'SK 4'. A superioridade de produção de massa foliar da cultivar SK 4 sobre a cultivar Miura também tem sido constatada em ensaios regionais nas principais regiões sericícolas do Paraná (R. S. Yamaoka, comunicação pessoal)².

² Ruy Seiji Yamaoka, Engenheiro Agrônomo, Instituto Agronômico do Paraná.

2.2.2 Qualidade foliar

O conceito de qualidade quando aplicado à amoreira adquire interpretações conflitantes (PUROHIT; KUMAR, 1996), não havendo um padrão definido de medida. Contudo, a qualidade pode ser atingida através de um manejo agrônômico adequado do cultivo da amoreira. Para isso, se deve adotar um conjunto de ações, com base em informações científicas, que proporcionem folhas de alta qualidade. As medidas a serem adotadas envolvem a exploração de cultivares selecionadas, a adoção de espaçamento recomendado, o momento de aplicação de doses recomendadas de adubos orgânicos e minerais, a adoção de medidas de conservação da umidade do solo e preservação da umidade da folha após a colheita (PUROHIT; KUMAR, 1996; TINOCO et al., 2000; WATANABE et al., 2000).

A influência desses fatores sobre a qualidade da folha da amoreira está relatada em trabalhos de avaliação de densidade de plantas, altura da poda e frequência de corte (BOSCHINI et al., 2000; PORTO; OKAMOTO, 2000), de adubação (SANNAPPA et al., 2000), condições edafoclimáticas e altura das folhas na planta (HANIF; ISLAN, 1987; MIRANDA et al., 2002), alteração na composição química foliar durante a preservação e armazenamento da folha (NARASIMHAMURTY et al., 1987) e de diferentes genótipos de amoreira (SCARPELLI et al., 1969; CHALUVACHARI; BONGALE, 1995; PATIL et al., 2003; OKAMOTO; RODELLA, 2006).

No processo de seleção visando identificar genótipos que influenciem positivamente a qualidade da folha a ser utilizada como alimento pelo bicho-da-seda deve-se levar em consideração um conjunto de características. Estas englobam tanto aspectos físicos e morfo-anatômicos (dureza, pilosidade, ceras, quantidade de idioblástos, cristólitos, mucilagem, proporção de epiderme e parênquima), quanto nutricionais (bromatológico e mineral) (PELICANO et al., 2004; OKAMOTO; RODELLA, 2006; SUSHEELAMMA et al., 2006).

2.2.2.1 Composição bromatológica

O componente químico principal da folha da amoreira é a água (75-82%). A matéria seca é composta por proteína bruta (24-36%), extrato etéreo (3-4%), fibra bruta (9-11%), matéria mineral (7-8%) e carboidrato (12-20%) (GANGA; CHETTY, 1999 apud DINGLE et al., 2005). Resultados da composição química de cultivares de amoreira, obtidos por vários autores, são apresentados em Sánchez (2000) os quais variaram de 15-27,6% em proteína bruta, de 5,9-16,9% em fibra bruta, de 3,0-7,4 em extrato etéreo e de 4,5-17,3% de cinzas.

A composição bromatológica da biomassa na planta varia com as diferentes cultivares e, dentro da cultivar, é influenciada pelas condições edafoclimáticas, época do ano, fertilidade do solo, idade da planta e posição das folhas no ramo (PUROHIT; KUMAR, 1996).

O conteúdo de proteína na folhagem de amoreira varia com a frequência de corte e época do ano (SOLDEVILLA, 2004). Segundo o autor, o teor de proteína diminuiu à medida que se aumentou a frequência de poda; de 26,91 a 21,39% na época seca e de 27,02 a 20,07% na época chuvosa.

Diferenças no teor de proteína também ocorrem em função da cultivar. No Brasil, Takahashi (1996) constatou diferenças significativas nos teores desse nutriente em diferentes estações do ano, entre 'Calabresa' e 'FM Shima-Miura', que apresentaram, respectivamente 25,7% e 20,5%, na primavera e 25,7 e 21,6%, no verão, mas não entre 'Miura', 'Korin' e 'FM 86'. Do mesmo modo, Miranda et al. (2002) não encontraram diferenças no conteúdo de proteína bruta entre essas cultivares em diferentes estações do ano e época de colheita. Variações nos teores de proteína bruta (16,19 a 21,19%), fibra bruta (8,37 a 10,78%) e matéria mineral (6,66 a 9,63%) foram constatadas em duas variedades e oito híbridos de amoreira do grupo IZ (OKAMOTO; RODELA, 2004). Na Índia, diferenças entre cultivares também foram constatadas. As cultivares Kanva-1 e Mpwapwa apresentaram, respectivamente, 16,7 e 18,6% de proteína bruta, 18,7 e 20,8% de fibra em detergente ácido e 17,3 e 14,3% de matéria mineral (GOYAL et al., 2003).

2.2.2.2 Composição mineral

Estudos analíticos mostraram que os principais constituintes das cinzas de folhas de amoreira foram de 35% de K_2O , 22% de Na_2O , 16,96% de CaO , 12,33% de SiO_2 , 10,03% de P_2O_5 , 5,34% de SO_3 , 3,70% de MgO , 0,43% de Fe_2O_3 e 0,0164% de Cu (ITO, 1978). De acordo com as análises de elementos, as folhas de amoreira contêm 0,8 - 1,2% de nitrogênio, 0,19 - 0,24% de fósforo e 0,51-0,56% de potássio (ZHENG et al., 1988 apud CIFUENTES; SOHN, 1998).

As folhas da amoreira contêm aproximadamente 10% de minerais, determinados com base na matéria seca, podendo variar, em parte, com a composição bromatológica e com as amostras analisadas (PUROHIT; KUMAR, 1996), com a fertilidade do solo (SHANKAR et al., 1994), tipo de adubação (SANNAPPA et al., 2000) e com a cultivar (SCARPELLI et al., 1969). No Brasil, estudos realizados em folhas de oito cultivares de amoreira (já não mais plantadas) revelaram variações nos teores de potássio, nitrogênio e fósforo (SCARPELLI et al., 1969). Goyal et al. (2003), na Índia, encontraram diferenças nos teores de cálcio e fósforo em duas cultivares de amoreira.

2.3 BICHO-DA-SEDA *BOMBYX MORI*

2.3.1 Nutrição

O bicho-da-seda é um inseto que obtém a totalidade de seu requerimento nutricional das folhas de amoreira. Portanto, seu crescimento e desenvolvimento, e subsequente produção de casulos, são muito influenciados pelo valor nutritivo das folhas. Assim, para o êxito na exploração comercial desse inseto é importante que se utilizem variedades de amoreira com melhor composição nutricional (KERENHAP et al., 2007) e a aplicação de doses de fertilizantes (MAHMOOD et al., 2001).

A função da qualidade nutricional da folha no aumento da produção de casulos, tanto quantitativamente quanto qualitativamente, tem sido demonstrada por Mendonça (1994), Pelicano et al. (2004), Baqual e Das (2006), e Susheelamma et al. (2006). Similarmente, uma nutrição deficiente de lagartas do bicho-da-seda no primeiro ínstar afeta significativamente a sobrevivência, e conseqüentemente a produção de casulos (CIFUENTES; SOHN, 1998).

Os constituintes bioquímicos que influenciam o valor alimentício das folhas incluem entre outros, água, proteínas, carboidratos, lipídios, minerais, e vitaminas.

As folhas frescas de amoreira contêm 75-82% de água e sua porcentagem diminui com a maturação da planta (CIFUENTES; SOHN, 1998). O conteúdo de água das folhas frescas de amoreira determina a eficiência dietética, sendo 75% de conteúdo de água o mais favorável (PUROHIT; KUMAR, 1996).

O valor da proteína ingerida pelo inseto depende do conteúdo de aminoácido da mesma. Uma vez que as proteínas são um constituinte principal dos organismos vivos, a necessidade desse componente é essencial na produção de proteínas estruturais e enzimas. Lagartas de *B. mori*, geralmente requerem alta porcentagem de proteínas (20-40%), e a quantidade desta no alimento tem grande efeito em seu crescimento (CIFUENTES; SOHN, 1998). Entretanto, Hamano e Okano (1989) apud Okamoto e Rodella (2006) determinaram uma faixa ótima entre 20 e 30% de proteínas na dieta para lagartas de *B. mori*, sendo que o alimento com níveis maiores que 30 e menores que 20% de conteúdo protéico resultaram em menor desenvolvimento larval.

Os aminoácidos essenciais para lagartas do bicho-da-seda, como para outros insetos, são arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina sendo os outros, sintetizados a partir destes (PARRA, 1991). Para o *B. mori* os aminoácidos, ácido aspártico e glutâmico, são exigidos para o seu crescimento, o qual pode ainda ser favorecido com a adição de alanina, glicina ou serina (ITO, 1978; PARRA, 1991). O melhor crescimento larval é obtido com 20% de aminoácido na dieta, mas a taxa de produção de seda é melhor com 25-30% de aminoácidos (ITO, 1978).

As proteínas são requeridas em todos os estágios de desenvolvimento de *B. mori*, particularmente durante o quinto ínstar, período em que é necessária maior quantidade deste componente para a formação de sericina e

fibroína durante a formação dos casulos. Kerenhap et al. (2007) ressaltam a importância da seleção de amoreira com composição adequada para suprir as exigências dos vários estágios do crescimento larval de *B. mori*.

O conteúdo de lipídios na matéria seca de folhas de amoreira varia de 3-6% (ITO, 1978). O bicho-da-seda acumula mais lipídios no seu corpo do que a quantidade digerida (ITO, 1978). Os insetos, em geral, requerem lipídios e podem sintetizá-los a partir de proteínas e carboidratos, com exceção dos ácidos graxos, como linoléico e linolênico, que não são sintetizados. Quanto às exigências de *B. mori*, apenas o ácido linoléico é exigido (PARRA, 1991). Segundo ITO (1978) foi constatado que lipídios como β -sitosterol, stigmasterol e campesterol, e mistura de ácidos graxos obtidos de folhas de amoreira, assim como amostras comerciais dos ácidos, linoléico, linolênico e láurico promovem a alimentação do bicho-da-seda.

São escassos os conhecimentos sobre a nutrição inorgânica de insetos, porém sabe-se que estes necessitam de quantidades consideráveis de potássio, fósforo e magnésio e pouco cálcio, sódio e cloro para o crescimento, e desenvolvimento. Quanto aos microminerais foram demonstradas a exigência de cobre, ferro, zinco e manganês (PARRA, 1991). De acordo com Dadd (1977) as exigências qualitativas de minerais pelo bicho-da-seda são cloro, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, sódio, ferro, zinco e manganês. Embora o autor não tenha se referido a necessidade de cobre e enxofre por lagartas de *B. mori* trabalhos recentes demonstraram que esses elementos promovem aumento significativo no crescimento, desenvolvimento, peso de casulo e características da seda (SHANKAR et al., 1994; ASHFAQ et al., 2000).

Na comparação dos requerimentos quantitativos do bicho-da-seda por minerais apresentada por Ito (1978) concluiu-se que as folhas de amoreira satisfazem suas necessidades em potássio, fósforo, magnésio e zinco, e que as quantidades mínimas requeridas são 9,0; 2-3; 1,0 e 0,02 mg/g de dieta seca, respectivamente. Este autor verificou que elementos essenciais ainda como, cálcio, ferro e manganês devem estar presentes na dieta para melhor produção de seda.

O nitrogênio intervém na produção de folhas no campo, na palatabilidade e no conteúdo de proteína da folha. O fósforo é essencial na determinação dos conteúdos de aminoácidos como a arginina, que pode afetar a saúde das lagartas (BUSTAMENTE, 1987 apud CIFUENTES; SOHN, 1998). A deficiência de cálcio afeta a palatabilidade e é um elemento básico na fisiologia da

lagarta. O potássio afeta o equilíbrio iônico do sangue e em quantidades adequadas melhora o conteúdo de casca sérica dos casulos (CIFUENTES; SOHN, 1998). Além desses, outros elementos são fundamentais no desenvolvimento larval, como o cobalto, ferro, magnésio, cobre, zinco e enxofre (CIFUENTES; SOHN, 1998).

Segundo Parra (1991), os requerimentos quantitativos em minerais se restringem apenas a traços. No entanto, vários trabalhos de suplementação mineral demonstram que para o bicho-da-seda maiores teores de vários minerais têm influência positiva na biologia e características econômicas da produção de casulos (SHANKAR et al., 1994; ASHFAQ et al., 1998; BASIT; ASHFAQ, 1999; AKRAM et al., 2000; 2002).

2.3.2 Índices de consumo e utilização do alimento

Além dos conhecimentos sobre os aspectos nutricionais qualitativos, estudos sobre a nutrição quantitativa e dos hábitos alimentares dos insetos são importantes para determinação do grau de associação com os seus hospedeiros (KOGAN; COPE, 1974; SLANSKY; SCRIBER, 1985).

A lagarta do bicho-da-seda é um inseto fitófago, altamente especializado, que se alimenta somente de folhas de amoreira, podendo ser de diferentes variedades. Sendo assim, o grau de utilização, das variedades de amoreira, vai depender da digestibilidade do alimento e da eficiência com o qual o alimento digerido é convertido em matéria corporal (SARKAR, 1993).

A qualidade do alimento está relacionada a características físicas, aleloquímicos e componentes nutricionais, os quais influenciam a capacidade do inseto em consumir e digerir o alimento (PARRA, 1991). Na amoreira, estas características podem variar com a cultivar e em função da influência de fatores abióticos (PUROHIT; KUMAR, 1996). Assim, para obter e suprir os requerimentos em nutrientes o inseto alimenta-se de quantidades variáveis e digere e assimila o alimento com eficiências também variáveis (PARRA, 1991).

Estudos da nutrição quantitativa são realizados através da determinação e análise dos índices nutricionais, os quais revelam como os

organismos respondem aos diferentes alimentos e qual alimento exerce os maiores efeitos no crescimento dos insetos (WALDBAUER, 1968).

Os índices de consumo e de utilização de alimentos foram revisados, padronizados e propostos para estudo com insetos por Waldbauer (1968) e, posteriormente, modificados por Scriber e Slansky Jr. (1981). Estes índices são: taxa de consumo relativo (TCR), taxa de crescimento relativo (TCrR), taxa metabólica relativa (TMR), digestibilidade aproximada (DA), eficiência da conversão do alimento ingerido em biomassa (ECI), eficiência da conversão do alimento digerido em biomassa (ECD) e custo metabólico (CM).

Vários métodos foram desenvolvidos para medir o consumo e utilização de alimentos, destacando-se o gravimétrico, por proporcionar precisão de 80% na estimativa da eficiência de conversão do alimento ingerido e digerido, baixo custo e versatilidade, embora este método demande um tempo considerável (PARRA; KOGAN, 1981).

O grau de associação do inseto com o seu hospedeiro é influenciado por características das cultivares que afetam diretamente o consumo e a capacidade do inseto em aproveitar o alimento, influenciando o seu desenvolvimento e os valores dos índices. Segundo Bhattacharya e Pant (1976) apud Negreiros (1989) a rejeição de uma planta por um inseto, ou a incapacidade de uma parte da planta em suportar o desenvolvimento do mesmo podem ser devidas à ausência de fagoestimulantes ou à presença de deterrentes de alimentação, ausência de alguns importantes nutrientes essenciais ou a sua presença em quantidades insuficientes, à presença de inibidores de crescimento ou de substâncias tóxicas que podem interromper alguns passos bioquímicos importantes e impedir a produção de energia, à não assimilação dos nutrientes mesmo após a ingestão do alimento, à insuficiência de energia metabólica total obtida dos tecidos vegetais para a manutenção dos processos biológicos.

Para *B. mori* o início e a manutenção da alimentação das lagartas em folhas de amoreira se devem à presença de atraentes químicos como o β -sitosterol e outros esteróis (ITO, 1978). Os carboidratos, além de serem fonte de energia, possuem efeito estimulante gustatório sobre a alimentação das lagartas como a sacarose, frutose e rafinose (ITO, 1978).

Baixos valores de digestibilidade podem ser atribuídos, entre outros fatores, à deficiência ou balanceamento inadequado de nutrientes, deficiência de

água e alto teor de fibras indigeríveis (WALDBAUER, 1964; PAUL et al., 1992; RAHMATHULLA et al., 2004) ou presença de aleloquímicos (BECK; REESE, 1976 apud PARRA, 1991). Paul et al. (1992) verificaram que o consumo e a taxa de crescimento do bicho-da-seda aumentaram com o maior conteúdo de água da folha de amoreira.

A TCrR depende da qualidade do hospedeiro, estado fisiológico do inseto e de fatores ambientais (PARRA, 1991). Hamano et al. (1994) constataram que o período de alimentação do bicho-da-seda no quarto ínstar foi estendido por uma condição nutricional baixa do alimento e que as lagartas foram induzidas a muda quando digeriram 19 mg ou mais de proteína. Estes fatos indicam que a condição pré-requisita para induzir a muda larval é satisfazer os requerimentos nutricionais, e assim, permitir um crescimento normal.

Segundo Waldbauer (1964, 1968) a ECI varia com a digestibilidade e com o valor nutricional do alimento, com a tomada de nutriente e com as quantidades proporcionais da porção digerível do alimento que são, em parte, convertidas em substância do corpo e metabolizadas para a produção de energia de manutenção. O ECD, também varia com o valor nutricional do alimento e com o nível de ingestão de nutriente, não sendo diretamente dependente da digestibilidade (WALDBAUER, 1968).

Os índices de consumo e de utilização de alimento por *B. mori*, têm sido empregados para auxiliar na identificação de cultivares mais adequadas nutricionalmente para serem utilizados na exploração comercial de bicho-da-seda.

Sarkar (1993) avaliou variedades de amoreira de diferentes níveis de poliploidia, além de diferentes raças de *B. mori* e constatou que a variedade de amoreira triplóide foi muito bem ingerida e a conversão em matéria corporal foi também eficiente, resultando em mais alto ganho de peso larval. A habilidade das lagartas em assimilar as folhas da amoreira triplóide e os casulos resultantes com essa alimentação, permitiu identificar essa amoreira como a mais favorável para a criação de bicho-da-seda.

No Brasil, Evangelista (1994) estudou as cultivares de amoreira Miura, Korin, FM 86, FM 3/3 e FM SM e não constatou variação entre as cultivares para a maioria dos índices nutricionais, exceto para DA, no qual o cultivar Korin, diferiu da FM SM, não havendo diferenças entre os demais.

Bortoli (2002) avaliou as cultivares Fernão Dias, FM SM, Formosa e Yamada encontrando diferenças significativas entre elas, com destaque para 'Fernão Dias' e FM SM. A primeira apresentou maior valor de TCR e ECD, enquanto que, lagartas alimentadas com FM SM apresentaram maiores valores de TMR, ECI e DA.

Porto et al. (2006) avaliaram dois cultivares de amoreira (IZ 56/4 e Korin) e o efeito da idade de corte (7, 10, 13 e 16 semanas) na alimentação das lagartas e concluíram que a cultivar Korin apresentou as melhores características nutricionais, pois foi o alimento relativamente menos ingerido com menor CM, com maior ECI e ECD, e que proporcionou boa TCrR e DA. Ambas apresentaram melhor qualidade como alimento para o bicho-da-seda, quando utilizadas com idade de corte de dez semanas.

2.3.3 Produção de casulos

O casulo, objeto principal da criação comercial de *B. mori*, é primeiramente um invólucro formado pela lagarta que protege a pupa.

Segundo Cifuentes e Sohn (1998) o casulo é composto por cinco partes, a anafaia, a casa sérica, a pupa, o forro da pupa e a exúvia. A anafaia é composta de filamentos que se ligam ao substrato formando um suporte no qual a lagarta tece o casulo, e corresponde de 0,6-0,9% do peso total deste. A casca sérica constitui ao redor de 15-24% do peso do casulo verde e é esta parte que se utiliza para desenrolar o filamento. O forro da pupa é uma parede formada de filamentos na superfície da cavidade interna do casulo que corresponde a cerca de 2% do peso total do casulo seco. Estes filamentos são finos e quebradiços e não desenrolados no processo de fiação. A pupa corresponde a 76-83% do peso total do casulo fresco.

O casulo é o resultado integral do manejo dado durante a criação. Os fatores determinantes do peso e do tamanho do casulo estão relacionados às condições de nutrição (a quantidade, a qualidade e a frequência de fornecimento do alimento); ao controle de condições ambientais (temperatura, umidade, circulação de ar e intensidade de luz), ao crescimento uniforme de lagartas e a densidade de população na criação (CIFUENTES e SOHN, 1998). Quanto a condição nutricional,

Takahashi (1996) enfatiza que o crescimento e o desenvolvimento de lagartas de bicho-da-seda e características econômicas do casulo são grandemente influenciadas pelo nível nutricional das folhas utilizadas para alimentação.

A obtenção de melhor qualidade de alimento pode, em parte, ser alcançada pelo uso de cultivares superiores, que influenciam positivamente a qualidade da folha como alimento para o bicho-da-seda. No processo de identificação dessas cultivares, um conjunto de características tem sido consideradas com vista a distinguir esses genótipos. Segundo Susheelamma et al. (2006) características agro-biológicas das folhas como a espessura, conteúdo de umidade, capacidade de retenção de umidade da folha cortada, conteúdo total de clorofila, taxa fotossintética, conteúdo de proteína e de fibra, tiveram correlação positiva significativa com o peso e porcentagem de casca sérica, grossura do fio, rendimento em seda e taxa de casulo/folha. Pelos resultados obtidos, esses autores sugeriram que na seleção de variedades para criação de bicho-da-seda bivoltino, tais características devem ser levadas em consideração para se ter sucesso na criação de *B. mori* e obter boa qualidade de seda.

A importância da utilização de cultivares nutricionalmente superiores tem sido reconhecida em vários países que exploram a atividade sericícola. Trabalhos envolvendo a seleção de genótipos superiores, tem sido baseados na análise qualitativa da folha e bioensaios com bicho-da-seda. Na Índia, Chaluvachari e Bongale (1995) encontraram diferenças significativas entre dez variedades quanto aos componentes bioquímicos da folha e parâmetros da criação. Cinco variedades (Acc. nº 79, Kosen, DD, RFS 135 e RFS 175) foram consideradas superiores, apresentando alto peso larval e taxa de encasulamento que foram associadas com altos valores de conteúdo de umidade da folha, retenção de umidade e baixa relação açúcar:proteína. Mais recentemente, quatro variedades foram avaliadas, juntamente com espaçamentos e fontes de potássio, onde se destacou a RFS 175 por ter proporcionado maior peso larval, casulo, casca sérica e porcentagem de casca (SHANKAR et al., 2002).

A identificação de genótipos com maior produção de massa foliar e melhor qualidade para o crescimento e desenvolvimento de um híbrido de *B. mori*, foi realizada por Patil et al. (2003). O genótipo S1 se destacou, principalmente em relação a qualidade nutricional da folha (alta taxa de clorofila, proteína, nitrogênio

total e maciez da folha), e apresentou o melhor peso de lagarta e de casulo, taxa efetiva de criação e porcentagem de casca sérica.

No Chile, Pelicano et al. (2004) avaliaram quatro variedades de *M. alba*, com diferentes teores de proteína (11,60 - 21,61%) e fibra (19,69 -28,92%), sendo que a variedade com maior teor de proteína e menor de fibra proporcionou maior peso de lagarta e casulo.

Para as condições tropicais do Quênia, variações em seis cultivares de amoreira (Kanva 2/M5, Thailand, Thika, S-36, Embu e S 41), em três estações do ano, foram observadas quanto as características morfológicas, a qualidade da folha e características específicas na criação de *B. mori*, como resistência a doenças, porcentagem de sobrevivência, peso de casulo e de casca sérica. As cultivares Kanva-2/M5, Thailand, Thika e S-36 exibiram superioridade no desempenho da criação (ADOLKAR et al., 2007).

No Brasil, são poucos os trabalhos publicados avaliando a relação genótipos de amoreira e *B. mori* visando a identificação de cultivares nutricionalmente superiores, com influência positiva na criação do bicho-da-seda. Genótipos de amoreira do grupo IZ e a variedade Korin foram avaliados quanto aos teores de proteína e carboidratos e quanto aos efeitos sobre o desenvolvimento e produção de casulos. Nesse estudo, constatou-se correlação positiva entre o teor de proteína das folhas e o peso de lagartas, destacando-se os híbridos IZ 57/2, IZ 56/4 e IZ 15/7 pela maior produção de casulos (MENDONÇA, 1994). Fonseca et al. (1994) estudaram oito híbridos IZ comparados à variedade Calabresa. As cultivares apresentaram, em ordem decrescente, as seguintes produtividades de casulos (kg/ha/ano): IZ 56/4 (795), IZ 13/6 (781), IZ 57/2 (736), IZ 19/13 (696), IZ 40 (656), IZ 3/2 (622), IZ 30 (578), IZ 15/7 (558) e Calabresa (338). Outros estudos com híbridos desse grupo foram avaliados sobre o desempenho na criação e associados a idades de crescimento vegetativo (PORTO et al., 1998; PORTO; OKAMOTO, 2000) e técnicas de manejo alimentar (PORTO et al., 2003). A associação de características morfológicas e bromatológicas das folhas de híbridos desse grupo e das variedades Calabresa e Korin com a produção de casulos foi estudada por Okamoto e Rodella (2004). Segundo os autores a espessura da folha, percentagens de matéria seca, proteína e fibra bruta e matéria mineral influenciaram no peso do casulo, destacando-se IZ 13/6, IZ 23/3 e Korin como as cultivares mais adequados para a produção de casulos.

Evangelista (1994) avaliou as cultivares FM 86, FM 3/3, FM SM, Miura e Korin através do consumo e utilização do alimento e do desempenho do bicho-da-seda e identificou o híbrido FM SM como o superior por proporcionar maior peso médio de lagartas e de casulos. Esses mesmos híbridos, juntamente com as variedades Miura, Korin e Calabresa foram avaliados na alimentação do bicho-da-seda em duas estações do ano (TAKAHASHI, 1996). Segundo o autor, maior peso de casulo foi obtido com 'FM 3/3' e maior teor líquido de seda com 'Miura' e 'FM SM', no verão e com 'Miura' e 'FM 86', na primavera

Miranda et al. (1999) verificaram superioridade dos híbridos IZ 56/4 e FM SM em relação as variedades Calabresa, Korin e Miura, quanto ao peso de lagartas e de casulos.

Nas condições do estado do Paraná, Meneguim et al. (2007) avaliaram a influência das cultivares de amoreira (Korin, SK 1, SK 4, SM 63, SM 14 e FM 86) alternativas à variedade padrão Miura, na criação de *B. mori*, no outono. Para a maioria das características de desenvolvimento, produção e qualidade de casulos os resultados foram similares ou superiores aos obtidos com 'Miura', com ênfase para a cultivar SK 4.

2.3.4 Qualidade tecnológica de casulos

A qualidade dos casulos se define por um conjunto de características que determinam sua estrutura e propriedades físicas e, em consequência, seu comportamento no desenrolamento e enrolamento do fio de seda. O enrolamento se dá por meio da união de um determinado número de pontas de filamentos para formar um único fio de grossura desejada. O processo de enrolamento do fio consiste em uma série de etapas que têm como objetivo a extração eficiente dos filamentos dos casulos.

O exame tecnológico do casulo na indústria de fiação é feito através da determinação de vários parâmetros, como tamanho do casulo, peso e porcentagem de seda do casulo, habilidade de desenrolamento, ruptura do fio, comprimento do fio e do fio sem arrebatamento, peso do fio e rendimento em seda, calibre do fio e porcentagem de desenrolamento (H. NISHIHARA, comunicação

peçoal)³. Esses parâmetros tecnológicos de desenrolamento do casulo permitem determinar a quantidade, a qualidade e a eficiência do processo de desenrolamento (VASUMATHI et al., 2004).

O tamanho do casulo pode ser determinado pelo seu diâmetro, no entanto, na prática, a indústria de fiação identifica diferenças no tamanho de forma indireta, ou seja, através do número de casulos contidos em um volume amostral de dois litros. Conseqüentemente, quanto menor for o número de casulos/2L maior será o tamanho do casulo. Os casulos são denominados de tamanho grande (60-70 casulos/L), médio (70-80 casulos/L) e pequeno (80-90/L) (KIM, 1989). Para a Indústria de Fiação de Seda BRATAC S. A. o número ideal de casulos/2L está entre 170 a 180 casulos, pois valores acima de 200 ou abaixo de 150 casulos poderão ocasionar problemas na fiação (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)³.

Existe uma relação direta entre o diâmetro do casulo e a grossura do filamento do casulo, isto é, quanto maior o diâmetro maior a grossura do filamento. Geralmente, casulos de tamanho grande apresentam tendência de possuir filamento grosso e com alta diferença de grossura do filamento (CIFUENTES; SHON, 1998).

A habilidade de enrolamento indica a facilidade com que o filamento é desenrolado da casca do casulo e enrolado na bobina. Segundo Kim (1989), os fatores que afetam a habilidade de desenrolamento do casulo são: número de arrebatamento em um dado comprimento do filamento em um tempo estipulado, grossura (Denier) do filamento e eficiência do agrupamento de pontas. Se o filamento se separa com muita dificuldade, ou se rompe, afeta diretamente o rendimento da mão-de-obra no processamento. Portanto, essa característica está estritamente relacionada à produção e a qualidade da seda crua, ao gasto de matéria prima e a eficiência de enrolamento, sendo assim, considerado um índice muito importante para diferenciar a qualidade do casulo e para a classificação dos mesmos (BORGONOV, 1955; CIFUENTES e SOHN, 1998). Segundo Kim (1989), no entanto, em termos de custo de produção, a eficiência no desenrolamento afeta mais a quantidade que a qualidade da seda bruta.

O comprimento do fio é avaliado pela metragem total de um casulo e pelo comprimento do fio sem arrebatamento. Diferenças nos comprimentos do filamento podem ser atribuídas aos genótipos de amoreira (SHANKAR et al., 2002) e

³ Hélio Nishihara, Técnico em fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

a variações do conteúdo de minerais na folha. Estudo desenvolvido por Shankar et al. (1994) demonstrou redução no comprimento do filamento quando lagartas do bicho-da-seda foram alimentadas com folhas deficientes em cálcio, magnésio e enxofre. Quanto ao nitrogênio e potássio, o incremento desses elementos na folha de amoreira, através de diferentes fontes de adubação, mostrou influência favorável dos maiores conteúdos sobre esses dois parâmetros (SHANKAR; SHIVASHANKAR, 1994; SHANKAR; RANGASWAMY, 1999; SHANKAR et al., 2002).

A Indústria de Fiação de Seda utiliza os seguintes valores em Denier para classificar a grossura do filamento: Fino (< 2,5), Médio (2,5 - 3,0) e Grosso (> 3,0). Segundo Cifuentes e Shon (1998), o filamento grosso é o mais favorável para desenrolamento e também influi na uniformidade do tamanho do fio de seda, por isso deve ter uma grossura adequada. A grossura do filamento varia de acordo com a raça do bicho-da-seda e, dentro da raça, é influenciada, entre outros fatores, pela qualidade nutricional das folhas (CIFUENTES; SOHN, 1998). De acordo com Kim (1989), a obtenção de fio mais grosso é um indicativo de que a criação do bicho-da-seda teve um manejo e condições ambientais adequadas em todas as etapas de produção do casulo.

A resistência do fio é medida através da ruptura do filamento do casulo durante o desenrolamento e depende da relação entre a força de aglutinação e os pontos fracos na estrutura do filamento do casulo (SHIMAZAKI, 1961 apud TAKABAYASHI et al., 1994). Entretanto, a força de aglutinação entre pontos de cruzamento da sericina está relacionada as condições de encasulamento do bicho-da-seda e as características da sericina.

O arrebatamento se manifesta, principalmente, em zonas do casulo que apresentam irregularidades, além de se manifestar em partes onde a resistência ao desenrolamento é extremamente baixa. Acredita-se que uma das causas principais do arrebatamento seja as condições climáticas durante a secreção do fio pelo bicho-da-seda (RIZZARDI; ALLARA, 2005; TAKABAYASHI et al., 1994).

O rendimento em seda é determinado pela quantidade de fio obtida de casulos secos e de primeira, sendo em geral, de 40%. Comumente, se expressa como o número de kg de fios de seda que pode ser obtido de 100 kg de casulos (CIFUENTES; SOHN, 1998).

O rendimento em seda está estritamente relacionado à habilidade de desenrolamento, à qualidade do casulo, à eficiência do processo de enrolamento e

também, ao aproveitamento do comprimento máximo do fio enrolado do casulo proporcionando fio de boa qualidade (CIFUENTES e SOHN, 1998).

2.3.5 Classificação dos casulos

A avaliação das características do casulo permite classificá-los em termos de quantidade e qualidade de fio que se pode obter e, portanto, estabelecer um valor econômico dos mesmos (RIZZARDI; ALLARA, 2005). Outra finalidade da classificação dos casulos é subsidiar a realização de mistura de lotes a serem submetidos ao processamento, e proceder ajustes na tecnologia a ser utilizada na produção de fio. Isto permitirá à indústria de fiação obter uma melhor produtividade e estabilizar a qualidade da seda produzida. A padronização dos lotes visa atender as necessidades qualitativas do cliente ou ajustes na tecnologia a ser empregada na produção dos fios de seda (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)⁴.

Kim (1989) menciona que em função dos vários fatores que controlam o valor dos casulos usados como matéria prima para a produção de seda, foi necessário consolidar os resultados de todos esses fatores e desenvolver uma classificação. Um sistema de classificação de casulos foi descrito pela Commission Séricicole Internationale (2008), outro por Lee (1999) e um terceiro por Kim (1989).

No processo de avaliação do casulo vários parâmetros são considerados, sendo cada um deles associado a um determinado nível de importância. Os parâmetros usualmente avaliados são: percentagem de casulos com defeitos, percentagem de seda crua, comprimento do filamento, percentagem de habilidade de enrolamento e grossura do filamento (KIM, 1989; NAGADEVARA, 2004). No entanto, nos três sistemas de classificação apenas o comprimento do filamento do casulo e a habilidade de enrolamento são os itens utilizados como critério para a classificação de casulos em escalas ou categorias (KIM, 1989).

⁴ Hélio Nishihara, Técnico em fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

3 ARTIGO A: COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE AMOREIRA *Morus* spp. E ASSOCIAÇÃO COM A PRODUÇÃO E QUALIDADE TECNOLÓGICA DE CASULOS DE *Bombyx mori* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)

3.1 Resumo

A nutrição é fundamental para o crescimento e desenvolvimento de lagartas de *Bombyx mori*, assim como para a produção de seda. Portanto, a utilização de folhas de amoreira de alto valor nutritivo tem influência direta na produção e qualidade de casulos. A caracterização das cultivares de amoreira Miura, Korin, Tailandesa, FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4, quanto à composição mineral e bromatológica das folhas e os efeitos dessas cultivares sobre a produção e qualidade tecnológica de casulo do bicho-da-seda foram avaliados no Instituto Agronômico de Paraná, IAPAR, Londrina, PR ($24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $67 \pm 10\%$ UR). Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Os híbridos de amoreira SK 4 e FM 3/3 apresentaram, em geral, maiores conteúdos de nutrientes que a variedade padrão Miura e proporcionaram, em ambos os sexos, maior peso de casulo, casca sérica e pupa. O ritmo de encasulamento concentrou-se nos dois primeiros dias, com destaque para 'SK 4' e 'FM 3/3'. Todas as cultivares proporcionaram percentagem de encasulamento total e de casulos sem defeitos superiores a 90%. As cultivares de amoreira afetaram a qualidade tecnológica do casulo. Houve correlação positiva entre o teor de N, de proteína e de extrato etéreo com o peso dos componentes do casulo, em ambos os sexos. Em geral, os resultados sugerem que as cultivares SK 4 e FM 3/3 são qualitativamente melhores que a cultivar Miura e podem ser exploradas pelos sericultores para incrementar a produção e qualidade de casulos.

Palavras-chave: Sericultura, bicho-da-seda, qualidade do alimento, fiação

ARTICLE A: BROMATOLOGICAL AND MINERAL COMPOSITION OF MULBERRY *Morus* spp. CULTIVARS AND ASSOCIATION WITH *Bombyx mori* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE) COCOON PRODUCTION AND TECHNOLOGICAL QUALITY

3.2 Abstract

Nutrition is crucial for silkworm growing, development and silk production, therefore, the utilization of mulberry leaves with high nutritive value has direct influence in cocoon production and quality. The characterization of the mulberry cultivars Miura, Korin, Tailandesa, FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4 in relation to the chemical and bromatological composition of their leaves and the effects of cultivars production and technological quality of cocoons produced by *Bombyx mori* were evaluated in the Instituto Agronômico de Paraná, IAPAR, Londrina, PR ($24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ and $67 \pm 10\%$ RH). Treatments were replicated four times in a randomized block design. The mulberry hybrids SK 4 and FM 3/3 presented in general, higher nutrient contents than the standard Miura variety and promoted for both sexes higher cocoon, pupae and silk shell weights. Cocoon spinning rhythm concentrated in the two first days, especially for larvae fed on 'SK 4' and 'FM 3/3'. The percentage of total cocoon spinning and undefective cocoons was higher than 90% with all cultivars. The mulberry cultivars affected cocoon technological quality. There was a positive correlation between the amounts of N, protein and etheric extract and the cocoon components weight for both sexes. The results suggest that the cultivars SK 4 and FM 3/3 were qualitatively superiors when compared to the cultivar Miura and may be exploited by the sericultors to improve cocoon production and quality.

Key words: Sericulture, silkworm, food quality, silk reeling

3.3 Introdução

A eficiência da criação do bicho-da-seda, *Bombyx mori* L., depende entre outros fatores, da quantidade e principalmente da qualidade das folhas de amoreira (*Morus* spp.). A obtenção de folhas de alta qualidade está relacionada à adoção de um conjunto de ações, baseadas em recomendações técnicas, que envolvem espaçamento, momento e aplicação de doses de adubos, uso de medidas de conservação da umidade do solo, de preservação da turgescência da folha após a colheita e, fundamentalmente, a exploração de genótipos de amoreira qualitativamente melhores (HANADA; WATANABE, 1986; PUROHIT; KUMAR, 1996; TINOCO et al., 2000).

Nos processos de obtenção e seleção de genótipos que influenciam a qualidade da folha da amoreira a ser utilizada como alimento para o bicho-da-seda, várias características têm sido consideradas. Essas características englobam, tanto aspectos físicos e morfo-anatômicos das folhas (dureza, pilosidade, ceras, quantidade de idioblóstos, cristólitos, mucilagem, proporção de epiderme e parênquima), como nutricionais (bromatológico e mineral) (PELICANO et al. 2004; OKAMOTO; RODELLA, 2006; SUSHEELAMMA et al. 2006).

Sendo a nutrição fundamental para o crescimento, desenvolvimento e produção de seda, a utilização de folhas de amoreira de alto valor nutritivo tem influência direta na produção de casulos de boa qualidade e na produtividade da atividade sericícola. O valor alimentício de cultivares de amoreira, geralmente, depende do conteúdo de nutrientes das folhas (ITO; ARAI, 1963 apud PUROHIT; KUMAR, 1996) e, dentro de uma mesma cultivar, os teores podem ser influenciados por fatores como fertilidade do solo, clima, época do ano, idade e posição da folha, resultando num efeito nutricional diferenciado sobre o bicho-da-seda (PUROHIT; KUMAR, 1996). No Brasil, diferenças genotípicas quanto aos teores de macrominerais nas folhas foram constatadas em variedades de amoreira, porém, em genótipos não mais recomendados ao cultivo para a exploração sericícola (SCARPELLI et al., 1969).

Em relação a composição bromatológica das folhas, estudos realizados no Estado de São Paulo por Mendonça (1994) e Okamoto e Rodella (2004; 2006) revelaram que as variedades Korin e Calabresa, juntamente com os

híbridos IZ 5/2, IZ 15/7, IZ 13/6 e IZ 23/3 se destacaram em relação ao consumo foliar e a produção de casulos, devido as suas características foliares desejáveis.

Takahashi (1996) avaliou os híbridos FM 86, FM 3/3 e FM S/M e as variedades Calabresa, Miura e Korin e encontrou diferenças significativas quanto aos teores de nutrientes entre as cultivares. Apesar do maior teor de proteína da variedade Calabresa, não houve reflexo nas características de produção, pois esta cultivar apresentou menor conservação da turgescência da folha, afetando conseqüentemente, sua qualidade nutricional.

No Estado do Paraná, onde predomina a exploração da cultivar Miura (WATANABE et al., 2000; ATAÍDE, 2007), obteve-se uma produtividade média de 560 kg de casulos verdes/ha de amoreira/ano na safra 2006/2007 (CTCS-PR, 2007). Essa produtividade pode ser aumentada significativamente com a melhoria da qualidade do alimento, através da exploração de cultivares nutricionalmente superiores e, que apresentem características agronômicas favoráveis. Para tanto, há necessidade de selecionar e disponibilizar cultivares alternativas à variedade padrão Miura.

Nas condições edafoclimáticas do Paraná, são escassas as informações sobre a influência de cultivares de amoreira na criação de *B. mori* e nas características tecnológicas do casulo. Em função disso desenvolveram-se estudos para caracterizar cultivares de amoreira, quanto à composição química e bromatológica das folhas, e avaliar os efeitos dos genótipos sobre o bicho-da-seda quanto ao desenvolvimento, produção, qualidade, processamento de casulos e rendimento em seda crua. Essas informações serão fundamentais no processo de identificação, seleção e recomendação de cultivares com características que proporcionem incremento na produtividade sericícola.

3.4 Material e Métodos

3.4.1 A amoreira

Foram avaliadas três variedades de amoreira (*Morus alba* L.): Miura (padrão), Korin e Tailandesa, e quatro híbridos (*Morus* spp.): FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4, que fazem parte da coleção de amoreira do Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, em Londrina, PR (585 m de altitude 23°22' S e 51°10' W). As plantas apresentavam idade de 10 anos, estavam estabelecidas em espaçamento de 2,0 x 0,5 m e cultivadas seguindo as recomendações técnicas para a cultura (FONSECA; FONSECA, 1988).

O solo onde se encontra o amoreiral é do tipo Latossolo Roxo, eutrófico A, textura argilosa, com relevo suave ondulado. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂), 6,1; C, 19,67 g dm⁻³; P, 40,57 mg dm⁻³; K, 1,01 cmol dm⁻³; Ca, 6,86 cmol dm⁻³; Mg, 3,09 cmol dm⁻³; H+Al, 3,23 cmol dm⁻³; S, 10,97 cmol dm⁻³; T, 14,20 cmol dm⁻³; V, 76,94%.

A poda de produção, realizada ao nível do solo, foi executada aos 65 dias antes do início do experimento e aos 75 dias após a poda as cultivares foram caracterizadas nutricionalmente através de análise bromatológica e de minerais. Ramos de cada cultivar foram coletados, ao acaso, em número de quatro repetições por cultivar. As folhas (aproximadamente 500 g) foram então retiradas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas. Posteriormente, as folhas foram moídas e submetidas às análises de macro e microminerais, pelo Laboratório de Solos e Tecido Vegetal do IAPAR/Londrina e a determinação dos teores, em percentagem, de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e de fibra em detergente ácido (FDA) pelo Laboratório de Nutrição Animal do IAPAR/Ibiporã.

3.4.2 Criação do bicho-da-seda

A criação do bicho-da-seda foi realizada na primavera de 2006, em sirgaria, ($24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $67 \pm 10\%$ UR) localizada na estação experimental do IAPAR/Londrina, iniciando-se com lagartas do terceiro ínstar, híbridas comerciais provenientes da Empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A.

As lagartas, em número de 500 por repetição, foram criadas em substratos conhecidos como “camas de madeira” suspensas, com fundo de tela forrado com papel manilha, divididas em sete compartimentos (58 cm x 77 cm x 31 cm), sendo cada compartimento uma repetição. O barracão e os materiais utilizados foram esterilizados com formaldeído (4%) quatro dias antes do início do experimento. A alimentação foi fornecida *ad libitum* às 8:30, 11:00, 14:30, 17:00 e 19:30 horas.

O desenvolvimento das lagartas foi acompanhado diariamente e as mudanças identificadas pela imobilidade e interrupção da alimentação das mesmas, comportamentos que antecedem a ecdise. O peso individual de lagartas foi determinado no quinto dia do quinto ínstar, retirando-se 30 lagartas ao acaso de cada parcela, antes do primeiro trato alimentar do dia. No início da fase de pré-pupa, colocou-se em cada caixa de criação um conjunto de bosques de papelão, modelo “Kaiten”, que serviu de substrato para a confecção dos casulos. A partir do encasulamento, foi quantificado o número de casulos formados por dia durante os três primeiros dias, para a determinação do ritmo de encasulamento. Oito dias após o início da subida das lagartas aos bosques, efetuou-se a colheita e a classificação dos casulos, segundo os critérios usados comercialmente, para análise tecnológica do casulo: casulos sem defeitos, denominados casulos de primeira e com defeitos, ou seja, de segunda (acinturados, deformados, manchados, de ponta fina e com casca fina) (HANADA e WATANABE 1986; KIM, 1989). Dos casulos classificados como de primeira, retiraram-se 30 pupas macho e 30 pupas fêmea para a determinação do peso de casulo cheio, de casca sérica e de pupa.

3.4.3 Análise tecnológica do casulo

A qualidade tecnológica dos casulos obtidos com cada cultivar de amoreira, em cada repetição, foi determinada de acordo com a metodologia utilizada pela Empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A., em Londrina, determinando-se: tamanho do casulo (número de casulos/2L), peso seco de 200 casulos (g), eficiência do pegamento de ponta do casulo (%), habilidade de enrolamento (%), comprimento do filamento total de um casulo (m), comprimento do filamento sem arrebatamento (m), rendimento do casulo (%), resistência do filamento (número de arrebatamento/2000m de fio) e grossura do filamento (Denier).

Os casulos obtidos, a partir de insetos criados nos diferentes cultivares foram submetidos à três sistemas de classificação propostos por Kim, (1989), Lee (1999) e pela Commission Séricicole Internationale (2008), com base nas características de comprimento do filamento do casulo e da habilidade de enrolamento.

3.4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental do ensaio de criação do bicho-da-seda e do teste para a avaliação tecnológica do casulo foi blocos ao acaso, com quatro repetições por cultivar e para determinação dos constituintes foliares delineamento inteiramente casualizado.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As variáveis expressas em porcentagem foram transformadas para $\arcsen \sqrt{x}$.

Os teores de macro e microminerais de proteína bruta, de fibra em detergente ácido, de extrato etéreo e de produção de casulos também foram submetidos à análise de Correlação de Pearson, cuja significância dos coeficientes (r) foi determinada pelo teste t de Student a 5% e 1% de probabilidade (STELL; TORRIE, 1980).

3.5 Resultados e Discussão

3.5.1 Qualidade nutricional da amoreira

3.5.1.1 Composição bromatológica das folhas

As cultivares de amoreira apresentaram variações em sua composição bromatológica (Tabela 3.1). Os teores de proteína bruta em folhas dos híbridos FM 3/3 (o mais elevado), SK 1 e SK 4 foram similares, porém, superiores aos teores observados com variedades 'Miura', 'Korin' e 'Tailandesa' e com híbrido 'FM 86', que não diferiram estatisticamente entre si. Takahashi (1996) e Miranda et al. (2002) também não observaram diferenças significativas nos teores de proteína bruta entre 'Miura', 'Korin' e 'FM 86' em diferentes estações do ano.

Tabela 3.1. Conteúdo¹ (%) de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) ($X \pm EP$). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	PB (%)	FDA (%)	EE (%)	MM (%)
Miura	20,47 \pm 0,52 c	14,47 \pm 0,37 ab	1,41 \pm 0,31 d	9,50 \pm 0,21 a
Korin	22,60 \pm 0,46 bc	17,01 \pm 0,16 a	1,48 \pm 0,24 cd	10,68 \pm 0,47 a
Tailandesa	22,02 \pm 0,43 bc	13,81 \pm 0,78 b	3,03 \pm 0,21 a	9,70 \pm 0,35 a
FM 3/3	27,11 \pm 0,37 a	15,66 \pm 0,48 ab	2,25 \pm 0,34 b	10,84 \pm 0,41 a
FM 86	21,96 \pm 0,34 bc	17,02 \pm 0,73 a	1,97 \pm 0,23 bc	9,88 \pm 0,14 a
SK 1	24,21 \pm 0,53 ab	15,67 \pm 0,35 ab	2,46 \pm 0,11 ab	10,62 \pm 0,32 a
SK 4	25,00 \pm 0,74 ab	17,16 \pm 0,38 a	2,98 \pm 0,31 a	10,68 \pm 0,38 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Baseado no teor de matéria seca de folhas de cultivares de amoreira.

Os teores de proteína nas cultivares avaliadas (20 - 27%) estão dentro do intervalo determinado por vários autores e citados por Sánchez, (2000) (15 - 28%), sendo esta variação atribuída a diferenças varietais, idade das folhas e condições de crescimento

Quanto ao teor de fibra, é desejável a ocorrência de menores teores, uma vez que essa fração do alimento não é digerida pelo bicho-da-seda. Os menores teores de fibra em detergente ácido (FDA) foram obtidos com as cultivares Tailandesa, Miura, FM 3/3 e SK 1, respectivamente, sendo que apenas a 'Tailandesa' diferiu estatisticamente das demais ('Korin', 'FM 86' e 'SK 4') (Tabela 3.1). Estudos realizados por Takahashi (1996) também revelaram que os teores de fibras de 'Miura', 'Korin', 'FM 3/3' não diferiram entre si.

Com relação ao extrato etéreo, as cultivares Tailandesa, SK 1 e SK 4 apresentaram teores significativamente maiores dessa fração no alimento que a 'Miura' e 'Korin', que revelaram os menores teores. (Tabela 3.1). Takahashi (1996), não encontrou diferenças significativas entre as cultivares 'Miura', 'Korin', 'FM 3/3' e 'FM 86', sendo que estes teores foram mais elevados (3,26 - 3,78 %) que os observados no presente trabalho.

Quanto a matéria mineral, não foram constatadas diferenças significativas entre as cultivares (Tabela 3.1). Valores próximos ao observado neste estudo (9,50 - 10,84 %) foram registrados por Takahashi (1996) (9,30 - 11,68 %) na avaliação das cultivares Miura, Korin, FM 3/3, FM 86 e SM FM no entanto, esse autor encontrou diferenças significativas entre as cultivares Korin e FM 3/3.

Variações na composição bromatológica das folhas quanto ao teor de proteína bruta, fibra bruta e matéria mineral também foram constatadas por Okamoto e Rodella (2004). Maior teor de proteína foi encontrado na cultivar Calabresa e o menor teor de fibra foi verificado na 'Korin', sendo que esta, juntamente com o 'IZ 57/2' apresentou menor teor de matéria mineral (OKAMOTO; RODELLA, 2004)

3.5.1.2 Composição mineral das folhas

Os teores dos macrominerais nitrogênio, fósforo e cálcio nas folhas

das cultivares de amoreira diferiram significativamente (Tabela 3.2). Scarpelli et al. (1969) determinaram o teor de macrominerais em oito cultivares de amoreira e encontraram diferenças altamente significativas no teores de potássio, nitrogênio e fósforo.

O nitrogênio, que é elemento principal na composição da molécula de proteína, apresentou padrão de ocorrência semelhante aos teores de proteína bruta encontrado na análise bromatológica, ou seja, folhas dos híbridos FM 3/3, SK 1 e SK 4 apresentaram os maiores teores de nitrogênio, sendo significativamente superiores ao teor observado na variedade padrão Miura (Tabela 3.2).

O maior teor de fósforo foi constatado na cultivar SK 4, porém este não diferiu do teor encontrado na cultivar Miura (Tabela 3.2). A quantidade de cálcio nas folhas de 'SK 4', 'SK 1' e 'Korin' foi superior a encontrada na 'Miura'.

Quanto ao micromineral cobre, a variedade Korin apresentou o maior teor deste elemento, no entanto, a diferença na quantidade de cobre entre esta variedade e o híbrido FM 3/3 não foi significativa. O conteúdo de zinco nas folhas de 'SK 4' foi maior quando comparado ao teor presente em 'SK 1', 'FM 86', 'Tailandesa' e 'Korin'. A maior quantidade de boro, nas folhas de 'SK 1', diferiu significativamente apenas daquele encontrado na 'Tailandesa', 'FM 86' e 'SK 4'. Entre as cultivares, a variedade Korin apresentou maior teor de manganês não diferindo do valor observado no híbrido SK 4 (Tabela 3.2).

Os teores de potássio, fósforo, magnésio e zinco presentes nas cultivares estudadas (Tabela 3.2) satisfazem os requerimentos quantitativos de *B. mori* que são de 9,0 mg, 203 mg, 1,0 mg e 0,02 mg/g de matéria seca, respectivamente (ITO, 1978).

Estudos visando incrementar a qualidade nutricional do alimento, por meio da suplementação de folhas de amoreira com a combinação de soluções de diferentes concentrações de minerais, têm resultado em um maior crescimento, desenvolvimento e produção de seda (SHANKAR et al., 1994; ASHFAQ et al., 1998; BASIT; ASHFAQ, 1999; ASHFAQ et al., 2000; AKRAM, 2002).

Desse modo, pode-se inferir que genótipos que naturalmente apresentam maiores teores de minerais podem proporcionar incrementos na produção e na qualidade de casulos. Portanto, a identificação de cultivares com maior conteúdo desses nutrientes nas folhas pode trazer uma série de vantagens quanto à prática da suplementação. Neste sentido, a exploração desses genótipos

Tabela 3.2. Composição ($X \pm EP$) de macro e microminerais de folhas de cultivares de amoreira. Primavera/2006, Londrina-PR.

Cultivar	Macrominerais (g/kg)				
	N	P	K	Ca	Mg
Miura	29,72 ± 1,07 c	3,20 ± 0,16 ab	22,50 ± 0,50 a	13,94 ± 0,84 c	3,08 ± 0,07 a
Korin	32,95 ± 0,97 bc	3,05 ± 0,12 b	22,25 ± 0,48 a	18,52 ± 0,77 a	3,34 ± 0,21 a
Tailandesa	32,11 ± 0,88 bc	2,12 ± 0,07 c	22,00 ± 0,41 a	14,85 ± 0,55 bc	3,30 ± 0,22 a
FM 3/3	38,26 ± 1,16 a	3,06 ± 0,22 b	22,25 ± 1,03 a	16,50 ± 0,71 abc	3,46 ± 0,28 a
FM 86	32,04 ± 0,69 bc	1,91 ± 0,08 c	21,50 ± 0,50 a	15,38 ± 0,50 abc	3,26 ± 0,12 a
SK 1	35,28 ± 1,19 ab	2,65 ± 0,18 bc	20,33 ± 0,23 a	18,55 ± 0,88 a	3,41 ± 0,24 a
SK 4	36,56 ± 1,57 ab	3,94 ± 0,32 a	21,00 ± 0,58 a	17,48 ± 0,97 ab	3,21 ± 0,05 a

Cultivar	Microminerais (mg/kg)			
	Cu	Zn	B	Mn
Miura	4,57 ± 0,23 c	20,03 ± 0,15 abc	44,37 ± 0,96 abc	104,80 ± 3,19 bc
Korin	6,37 ± 0,09 a	19,37 ± 0,61 bcd	44,32 ± 2,05 abc	150,60 ± 8,00 a
Tailandesa	5,39 ± 0,13 b	16,43 ± 0,66 d	36,61 ± 1,58 c	112,18 ± 4,83 bc
FM 3/3	5,98 ± 0,14 ab	22,23 ± 1,12 ab	48,29 ± 1,23 ab	83,95 ± 1,10 c
FM 86	4,30 ± 0,16 c	18,32 ± 0,65 cd	39,05 ± 2,18 c	105,00 ± 3,91 bc
SK 1	5,43 ± 0,12 b	17,99 ± 0,61 cd	49,13 ± 0,62 a	115,33 ± 10,55 bc
SK 4	5,59 ± 0,22 b	22,75 ± 0,41 a	41,02 ± 2,44 bc	129,97 ± 12,33 ab

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

não implicará em custo adicional de aquisição do suplemento mineral e da aplicação, além da dificuldade de aplicação dessas soluções nas folhas.

3.5.2 Produção de casulos

3.5.2.1 Peso de lagartas

Diferenças genotípicas da amoreira influenciaram o desenvolvimento e o peso das lagartas, os quais variaram de 4,11 g a 4,69 g (Tabela 3.3). O peso de lagartas alimentadas com folhas do híbrido SK 4 foi significativamente superior ao obtido com a cultivar padrão Miura, Tailandesa e FM 86. O híbrido SK 1 proporcionou peso que diferiu somente daquele cujas lagartas foram alimentadas com 'Miura' (Tabela 3.3). Meneguim et al. (2007) avaliando a influência de cultivares de amoreira na criação de *B. mori* no outono, também encontraram maior peso de lagartas quando estas foram alimentadas com 'SK 4' em relação a cultivar padrão e aos híbridos SK 1, SM 63, SM 14 e FM 86.

O crescimento e o ganho de peso da lagarta do bicho-da-seda no quinto ínstar estão também relacionados ao aumento das glândulas sericígenas, que correspondem a aproximadamente 40% do peso total da lagarta (ONU, 1951 apud SAKAGUCHI, 1978). O desenvolvimento desse órgão se deve a alta atividade metabólica direcionada à síntese e armazenamento de fibroína e sericina, componentes principais do casulo (KASTURI BAI, 1984).

Como a quantidade de fibroína e sericina encontrada no fio varia de acordo com a raça do bicho-da-seda e com o alimento, diferenças no peso larval, observadas nesse estudo, possivelmente em função do tamanho da glândula sericígena, podem estar relacionadas às diferenças nutricionais das cultivares de amoreira.

Tabela 3.3. Peso de lagarta, casulo, casca sérica e pupa (g) e percentagem de casca sérica ($X \pm EP$) de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Peso							Percentagem de casca sérica	
	Lagarta	Casulo		Pupa		Casca sérica		Macho	Fêmea
		Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea		
Miura	4,11 \pm 0,09 c	1,70 \pm 0,02 d	2,33 \pm 0,01 d	1,29 \pm 0,03 d	1,83 \pm 0,01 c	0,43 \pm 0,01 c	0,49 \pm 0,01 c	25,56 \pm 0,03 a	21,22 \pm 0,08 ab
Korin	4,44 \pm 0,13 abc	1,88 \pm 0,02 ab	2,50 \pm 0,02 ab	1,41 \pm 0,02 ab	1,98 \pm 0,01 ab	0,47 \pm 0,01 ab	0,50 \pm 0,01 c	25,05 \pm 0,28 a	20,07 \pm 0,27 c
Tailandesa	4,25 \pm 0,05 bc	1,83 \pm 0,03 bc	2,47 \pm 0,01 bc	1,36 \pm 0,02 bc	1,93 \pm 0,01 bc	0,46 \pm 0,01 bc	0,52 \pm 0,01 bc	25,34 \pm 0,11 a	21,21 \pm 0,27 ab
FM 3/3	4,34 \pm 0,05 abc	1,90 \pm 0,02 ab	2,56 \pm 0,03 ab	1,43 \pm 0,02 ab	2,01 \pm 0,02 ab	0,48 \pm 0,01 ab	0,54 \pm 0,01 ab	25,34 \pm 0,24 a	21,09 \pm 0,24 ab
FM 86	4,15 \pm 0,11 bc	1,77 \pm 0,01 cd	2,38 \pm 0,02 cd	1,30 \pm 0,01 cd	1,85 \pm 0,02 c	0,46 \pm 0,01 bc	0,52 \pm 0,01 bc	25,93 \pm 0,11 a	21,83 \pm 0,10 a
SK 1	4,54 \pm 0,08 ab	1,86 \pm 0,02 bc	2,52 \pm 0,03 ab	1,38 \pm 0,01 abc	1,98 \pm 0,02 ab	0,46 \pm 0,01 bc	0,52 \pm 0,01 bc	24,95 \pm 0,30 a	20,66 \pm 0,28 bc
SK 4	4,69 \pm 0,09 a	1,93 \pm 0,01 a	2,60 \pm 0,05 a	1,44 \pm 0,01 a	2,04 \pm 0,05 a	0,50 \pm 0,02 a	0,56 \pm 0,01 a	25,48 \pm 0,18 a	21,39 \pm 0,16 ab

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Takahashi et al. (1990) constatou que o aumento do teor de proteína nas folhas, através de adubação orgânica, influenciou diretamente no desenvolvimento larval e promoveram maior peso das glândulas sericígenas e de casulos. Além da proteína, teor de fibra mais elevado influenciou negativamente na digestibilidade do alimento, reduzindo o peso de lagartas e, por conseguinte, o desenvolvimento das glândulas de seda (PELICANO et al., 2004).

Outras características das cultivares que também podem ter influenciado no peso das lagartas são o conteúdo de água e a capacidade de retenção de umidade das folhas. Embora não quantificadas no presente estudo, foram constatadas diferenças visuais na velocidade de murchamento das folhas das diferentes cultivares na esteira de criação. Essa observação é comprovada por Fonseca et al. (1976); Paul et al. (1992); Chaluvachari e Bongale, (1995); que encontraram diferenças entre cultivares quanto a essas características e observaram a existência de relação positiva entre o conteúdo de água da folha e a capacidade de retenção de umidade, com ganho de peso de lagartas.

3.5.2.2 Peso de casulo, casca sérica e pupa

Igualmente ao ocorrido com o peso de lagartas, as diferenças genotípicas da amoreira também influenciaram as características do casulo. Vários autores constataram diferenças entre variedade e híbridos em relação ao peso de casulo, casca sérica e pupa (TAKAHASHI, 1996; MIRANDA et al., 1999; OKAMOTO; RODELLA, 2004; PELICANO et al., 2004; ADOLKAR et al., 2007; MENEGUIM et al., 2007).

Independentemente do sexo, o peso do casulo e de seus componentes, ou seja, pupa e casca sérica, foi significativamente maior para insetos alimentados com o híbrido SK 4 quando comparado aos pesos daqueles criados nas cultivares Miura, Tailandesa e FM 86 (Tabela 3.3). Para ambos os sexos, o maior peso de casulo foi obtido com 'SK 4', que não apresentou diferença significativa, quando comparado aos pesos de casulos obtidos com a variedade Korin e com o híbrido FM 3/3 e, também com 'SK 1', no caso de casulos de pupa fêmea.

Com relação à casca sérica, o híbrido SK 4 proporcionou maior peso, porém, este não diferiu do peso de casca sérica obtido com insetos criados com 'Korin' e 'FM 3/3' em casulos de pupa macho e em 'FM 3/3' em casulos de pupa fêmea. Apesar das variações estatísticas encontradas, destacam-se as diferenças numéricas, obtidas com a 'Miura' e o 'SK 4', as quais foram cerca de 12% maiores no peso de casulo e 15% na casca sérica. O peso de pupa, de ambos os sexos, obtidos a partir de lagartas mantidas em 'SK 4', 'Korin', 'FM 3/3' e 'SK 1' não diferiu estatisticamente (Tabela 3.3).

A análise da Tabela 3.3 permite verificar uma superioridade dos valores dos parâmetros relacionados ao casulo de lagartas alimentadas com 'SK 4', 'FM 3/3' e 'Korin', em comparação com aqueles de lagartas alimentadas com 'Miura', concordando com os resultados de Meneguim et al. (2007) quanto ao melhor desempenho na produção de casulos por lagartas alimentadas, principalmente, com o híbrido SK 4. Estes resultados constituem-se num efeito biológico e comercial favorável à cultivar SK 4 quando comparada à cultivar padrão Miura.

A superioridade das cultivares 'SK 4', 'FM 3/3' e 'Korin' pode ser atribuída, em parte, a melhor qualidade nutricional de suas folhas, como demonstrado através da caracterização bromatológica e mineral (Tabelas 3.1 e 3.2). Segundo Parra (1991) os teores básicos dos constituintes bioquímicos do alimento, bem como suas proporções são fundamentais para a eficiência dietética.

Embora as folhas da amoreira contenham todos os nutrientes requeridos pelo bicho-da-seda, estudos sobre a composição bioquímica e a qualidade das folhas indicam que os teores de nutrientes diferem quantitativamente entre as variedades de amoreira e têm influência significativa sobre o crescimento, desenvolvimento, vitalidade e produção de casulos de bicho-da-seda (PUROHIT; KUMAR, 1996).

Tendo em vista essa qualidade nutricional, estudos foram realizados visando a identificação de cultivares superiores e melhoria da qualidade química da folha por meio de diferentes formas de incremento de compostos bioquímicos e minerais. A adição desses compostos foi avaliada tanto endogenamente, com a utilização de diferentes fontes de adubação (TAHAHASHI; KRONKA, 1989; MAHMOOD et al., 2002) e de micro-organismos (bio-inoculantes) (BAQUAL e DAS, 2006) no cultivo de amoreira, como exogenamente, através da suplementação foliar com substâncias protéicas, amiláceas (ESWARAN et al., 2004), vitamínicas (JAVED;

GONDAL, 2002; ETEBARI; MATINDOOST, 2005; RAJABI KANAFI et al., 2007) e minerais (ASHFAQ et al., 1998; BASIT; ASHFAQ 1999; SANNAPPA et al., 2000). Porém, juntamente com os efeitos positivos, advindos do enriquecimento da folha de amoreira, devem ser considerados aspectos relacionados à segurança ambiental, custos e a possibilidade de execução em larga escala (RAJABI KANAFI et al., 2007). Portanto, entre as alternativas mencionadas, a instalação ou renovação de um amoreiral com cultivares superiores, que naturalmente tem potencial de proporcionar um alimento de melhor qualidade nutricional para o bicho-da-seda, é fundamental na composição do conjunto de medidas que devem ser adotadas para maior êxito na produção de casulos.

3.5.2.3 Percentagem de casca sérica

A percentagem de casca sérica do casulo foi influenciada pelo alimento, no caso das fêmeas correspondendo a cerca de 20 a 22% do casulo de pupa fêmea e de 25% do macho (Tabela 3.3). A menor proporção de casca em casulo de pupa fêmea é devido ao maior peso da pupa, que é geralmente mais pesada na fêmea. Constatou-se que as cultivares, favoreceram tanto o peso de casca sérica como também da massa corporal. No entanto, com algumas cultivares, o aumento da massa corporal foi relativamente maior, resultando em menor percentagem de casca, como observado no alimento 'Korin' e 'SK 1' (Tabela 3.3).

3.5.2.4 Ritmo de encasulamento

A maior percentagem de encasulamento no primeiro dia ocorreu nos tratamentos cujas lagartas foram alimentadas com 'SK 4' e 'FM 3/3', sendo que esta última cultivar não proporcionou diferenças significativas quando comparada ao 'SK 1' (Tabela 3.4). Já, lagartas alimentadas com 'Miura' apresentaram atraso no desenvolvimento, com percentagem de encasulamento significativamente menor em relação aos demais tratamentos. No segundo dia, inversamente ao primeiro, a

percentagem de encasulamento foi significativamente menor com o híbrido SK 4 comparado as demais cultivares, com exceção do 'FM 3/3'. No terceiro dia, a 'Miura' proporcionou a maior percentagem de encasulamento (Tabela 3.4), reforçando a indicação inicial de menor adequação deste alimento ao desenvolvimento das lagartas, comparativamente as demais cultivares.

A análise do ritmo de encasulamento dá um indicativo do tempo e da uniformidade de desenvolvimento das lagartas. Essas características são importantes no rendimento da atividade pois, quanto mais rápida e uniforme for a maturação das lagartas menor será o tempo gasto no manejo da criação.

Tabela 3.4. Ritmo de encasulamento em percentagem de encasulamento ($X \pm EP$) no 1º, 2º e 3º dia após o início da subida das lagartas no bosque. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Encasulamento (%)		
	1º dia	2º dia	3º dia
Miura	9,58 \pm 2,90 e	60,96 \pm 3,20 ab	29,46 \pm 5,21 a
Korin	24,20 \pm 1,95 d	63,90 \pm 1,80 a	11,89 \pm 2,49 bc
Tailandesa	33,36 \pm 3,57 cd	57,42 \pm 2,24 ab	9,22 \pm 1,63 bc
FM 3/3	48,17 \pm 3,55 ab	47,98 \pm 2,42 bc	3,84 \pm 1,79 d
FM 86	22,84 \pm 3,09 d	60,14 \pm 3,13 ab	17,02 \pm 3,43 b
SK 1	37,36 \pm 4,47 bc	55,83 \pm 2,64 ab	6,81 \pm 1,84 cd
SK 4	54,16 \pm 3,98 a	41,33 \pm 4,35 c	3,76 \pm 0,94 d

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3.5.2.5 Percentagem de encasulamento

Não houve diferença significativa nas percentagens de encasulamento total e de casulos sem defeitos (>90%) produzidos por lagartas alimentadas com as diferentes cultivares (Tabela 3.5). Porém, as percentagens de

casulos sem defeitos (de primeira) (91,7 a 94,5%) obtidas nesse estudo foram comparativamente inferiores ao índice produzido no Estado do Paraná na safra 2006/2007 (95,2%) (CTCS-PR, 2007).

Tabela 3.5. Percentagem de encasulamento total e de casulos sem e com defeitos ($X \pm EP$) obtidos com lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	% Encasulamento		
	Total	Casulo sem defeito	Casulo com defeito
Miura	90,90 \pm 0,86 a	94,54 \pm 0,65 a	5,46 \pm 0,65 a
Korin	91,40 \pm 0,74 a	94,14 \pm 0,84 a	5,86 \pm 0,84 a
Tailandesa	92,62 \pm 0,79 a	92,47 \pm 0,89 a	7,52 \pm 0,89 a
FM 3/3	93,40 \pm 0,60 a	93,92 \pm 1,44 a	6,08 \pm 1,44 a
FM 86	93,23 \pm 2,08 a	92,67 \pm 0,50 a	7,32 \pm 0,50 a
SK 1	90,95 \pm 1,23 a	91,70 \pm 2,09 a	6,90 \pm 0,78 a
SK 4	90,40 \pm 0,97 a	92,40 \pm 0,35 a	7,60 \pm 0,35 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Embora não tenha ocorrido diferença na percentagem de casulos com defeitos entre os tratamentos, constatou-se uma predominância de casulos com defeitos ocasionados pelo bosque, e de casulos com casca sérica fina nas extremidades, naqueles obtidos a partir de lagartas alimentadas com 'SK 4' e 'FM 3/3' (Tabela 3.5). Este tipo de defeito pode estar relacionado ao maior tamanho de lagarta (Tabela 3.3), e conseqüentemente a possível inadequação do tamanho das células que compõe o bosque para a confecção do casulo.

Todas as cultivares proporcionaram valores superiores a 4% de casulos com defeitos, valor máximo determinado pela Indústria de Fiação para obtenção de melhor remuneração. Segundo Okamoto e Rodela (2004), a alta percentagem de casulos defeituosos é atribuída ao tipo de manejo adotado na criação da lagarta e durante o encasulamento, e também, à utilização de caixas de

experimentação, uma vez que estas favorecem a formação de casulos defeituosos no momento do encasulamento.

3.5.2.6 Produção de casulos

A produção média de casulos (em peso), considerando-se a percentagem de encasulamento, foi influenciada significativamente pelas cultivares de amoreira (Tabela 3.6). A produção obtida com as cultivares Tailandesa, FM 3/3 e SK 4 não diferiram entre si e foram superiores a um quilograma de casulo (por um número inicial de 500 lagartas/parcela). Teve destaque, o híbrido SK 4, que comparado a 'Miura', proporcionou uma produção cerca de 14% maior, comprovando portanto, o potencial de utilização desse cultivar na sericicultura.

Tabela 3.6. Produção total, casulos sem defeitos (g), e potencial estimado de produção de casulos (kg) ($X \pm EP$) de lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Produção de casulos/500 lagartas iniciais		Potencial estimado de produção/caixa ¹
	Total	Sem defeitos	
Miura	912,00 \pm 17,64 bc	866,54 \pm 20,66 ab	66,20 \pm 0,67
Korin	984,60 \pm 8,49 abc	929,91 \pm 7,68 ab	71,11 \pm 0,75
Tailandesa	1018,50 \pm 31,55 ab	947,62 \pm 34,86 a	72,56 \pm 1,96
FM 3/3	1025,00 \pm 8,36 ab	957,15 \pm 10,35 a	72,44 \pm 0,64
FM 86	890,38 \pm 42,74 c	827,51 \pm 38,75 b	63,05 \pm 2,74
SK 1	948,50 \pm 8,27 abc	885,58 \pm 12,19 ab	68,86 \pm 1,03
SK 4	1039,00 \pm 26,53 a	962,92 \pm 21,83 a	75,86 \pm 1,77

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Caixa com 33000 lagartas, comercializada pela empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A.

Como ocorreu em relação à produção total, as maiores produções de casulos sem defeitos, ou seja, casulos de primeira, foram alcançadas com as cultivares SK 4, FM 3/3 e Tailandesa, os quais diferiram somente da produção obtida com 'FM 86' (Tabela 3.6).

Com base em uma caixa de lagartas (33.000 lagartas/caixa), comercializada pela Indústria de Fiação de Seda BRATAC S.A. para início da criação, o potencial de produção estimado é maior quando as lagartas são alimentadas com os híbridos SK 4 e FM 3/3 comparado a produção obtida com as cultivares Miura, FM 86 e SK 1. Portanto, o uso de 'FM 3/3' ou 'SK 4' pode proporcionar um aumento na produção de casulos de cerca de 10 a 15 %, respectivamente, em relação a obtida com a cultivar Miura (Tabela 3.6).

Esse resultado dá um indicativo do incremento na produtividade que pode ser alcançado pelo sericultor com a utilização dessas cultivares. Projetando-se para uma propriedade que venha a utilizar o híbrido SK 4 e que tenha capacidade de realizar a criação de um número médio de cinco caixas de lagartas por criada, oito criadas por safra, seria possível obter uma produção adicional equivalente a uma criada a mais por safra se comparada à produção com a cultivar Miura.

3.5.3 Qualidade tecnológica de casulo

3.5.3.1 Tamanho de casulos

O tamanho do casulo é determinado através do número de casulos contidos em um volume de 2L. Consequentemente, quanto menor o número de casulos/2L maior será o seu tamanho. Assim, os valores obtidos com as cultivares FM 3/3, SK 4 e Korin indicam serem esses os maiores casulos produzidos, quando comparados às demais cultivares de amoreira, principalmente em relação à variedade padrão Miura (Tabela 3.7). Considerando a classificação publicada por (KIM, 1989) esses casulos são maiores do que os denominados de tamanho grande (60-70 casulos/L). Para a Indústria de Fiação de Seda BRATAC S.A. o número ideal de casulos/2L está entre 170 a 180 casulos, pois valores acima de 200 ou abaixo de

150 casulos poderão ocasionar problemas na fiação (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)⁵.

Existe uma relação direta entre o diâmetro do casulo e a grossura do filamento: quanto maior o diâmetro maior é a grossura do filamento. Geralmente, casulos de tamanho grande apresentam tendência de possuir filamento grosso e com alta diferença de grossura entre o início e final do filamento (CIFUENTES e SHON, 1998).

Tabela 3.7. Tamanho de casulos (número de casulos/2L) e peso seco de 200 casulos sem defeitos (g) ($X \pm EP$) produzidos por lagartas de *B. mori*, alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Tamanho (Número de casulos/2L)	Peso seco de 200 casulos
Miura	129,50 \pm 0,96 a	178,50 \pm 1,25 d
Korin	120,25 \pm 0,48 bc	195,35 \pm 2,07 abc
Tailandesa	121,50 \pm 1,44 b	194,94 \pm 0,80 abc
FM 3/3	115,00 \pm 2,12 c	196,00 \pm 2,40 ab
FM 86	122,50 \pm 1,04 b	187,95 \pm 1,98 c
SK 1	124,75 \pm 1,31 ab	191,35 \pm 0,41 bc
SK 4	115,00 \pm 1,29 c	201,38 \pm 1,84 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3.5.3.2 Peso seco de 200 casulos

O peso seco de 200 casulos de primeira, ou seja, casulos sem defeitos, obtido com o híbrido SK 4, foi cerca de 13% superior aquele proveniente da variedade Miura, porém não diferiu significativamente do peso obtido com lagartas

⁵ Hélio Nishihara, Técnico de fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

alimentadas com as variedades Korin e Tailandesa e com o híbrido FM 3/3 (Tabela 3.7). Segundo Kim (1989) menor tamanho e peso de casulo são atribuídos a nutrição deficiente o que indica a melhor adequação nutricional, principalmente de 'SK 4' e 'FM 3/3'.

3.5.3.3 Eficiência do pegamento de ponta do casulo

Não ocorreram diferenças significativas em relação ao pegamento de ponta entre os tratamentos (Tabela 3.8), sendo que os valores obtidos com essa característica foram satisfatórios para um bom aproveitamento do lote, segundo a empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A. (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)⁶.

Tabela 3.8. Pegamento de ponta (%), enrolamento do casulo (%), comprimento total do filamento do casulo (m) e do filamento sem arrebetamento (m) de casulos produzidos por lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. (24 ± 3°C; 67 ± 10% UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Pegamento de ponta	Habilidade de enrolamento	Comprimento do filamento	
			Total do casulo	Sem arrebetamento
Miura	93,25 ± 1,27 a	79,50 ± 1,20 a	1268,75 ± 17,35 b	1008,25 ± 9,96 a
Korin	89,80 ± 2,04 a	78,25 ± 1,93 a	1279,00 ± 11,56 b	1000,00 ± 17,29 a
Tailandesa	93,52 ± 2,52 a	79,00 ± 1,10 a	1318,50 ± 15,44 ab	1041,50 ± 2,16 a
FM 3/3	84,10 ± 3,38 a	73,32 ± 0,44 a	1360,00 ± 8,44 a	997,00 ± 1,91 a
FM 86	91,00 ± 1,84 a	77,75 ± 1,60 a	1316,00 ± 6,36 ab	1023,50 ± 23,52 a
SK 1	91,38 ± 3,16 a	77,75 ± 1,11 a	1274,25 ± 9,70 b	990,50 ± 8,50 a
SK 4	93,25 ± 1,35 a	77,50 ± 1,32 a	1337,74 ± 10,66 a	1036,50 ± 18,28 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05).

⁶ Hélio Nishihara, Técnico em fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

O pegamento de ponta é uma característica importante no processamento do casulo, pois o desenrolamento do filamento só poderá ocorrer se a extremidade correta do filamento for encontrada. Desse modo, a eficiência do pegamento dá um indicativo do grau de aproveitamento inicial de um determinado lote de casulos, sendo desejáveis maiores valores para obtenção de bom aproveitamento.

3.5.3.4 Habilidade de enrolamento

Como observado em relação ao pegamento de ponta do casulo, não se observaram diferenças significativas entre os valores obtidos com as cultivares quanto à habilidade de enrolamento do filamento do casulo (Tabela 3.8), que indica a facilidade com que o filamento é desenrolado da casca do casulo. Esta característica está estritamente relacionada à produção e à qualidade da seda crua, ao gasto de matéria prima e à eficiência de enrolamento, sendo considerada importante para diferenciar a qualidade do casulo e para a classificação dos mesmos (BORGONOVÍ, 1955; CIFUENTES; SOHN, 1998). Em termos de custo de produção, a eficiência no desenrolamento afeta mais a quantidade que a qualidade da seda bruta (KIM, 1989).

Dada a importância dessa característica do casulo dentro dos parâmetros de classificação e considerando os resultados obtidos, pode-se inferir que, mesmo com a utilização das cultivares alternativas, a manutenção da alta qualidade do casulo produzido atualmente com a variedade padrão Miura pode ser assegurada.

3.5.3.5 Comprimento do filamento

O comprimento do fio é avaliado pela metragem total de um casulo e pelo comprimento do fio sem arrebatamento. Casulos provenientes de lagartas alimentadas com os híbridos FM 3/3 e SK 4 apresentaram valores de comprimento

de filamento superiores aos obtidos com lagartas criadas nas cultivares Miura, Korin e SK 1 (Tabela 3.8). Em relação ao comprimento do fio sem arrebatamento verificou-se que esta característica não foi influenciada pelas cultivares.

Diferenças nos comprimentos do filamento podem ser atribuídas aos genótipos de amoreira (SHANKAR et al., 2002) e a variações no conteúdo de minerais na folha. Estudo desenvolvido por Shankar et al. (1994) demonstrou redução no comprimento do filamento quando lagartas de bicho-da-seda foram alimentadas com folhas com deficiência de cálcio, magnésio e enxofre. Quanto ao nitrogênio e potássio, o incremento desses elementos na folha de amoreira, através de diferentes fontes de adubação, mostrou influência favorável dos maiores conteúdos desses minerais sobre esses dois parâmetros (SHANKAR e SHIVASHANKAR, 1994; SHANKAR e RANGASWAMY, 1999; SHANKAR et al., 2002).

3.5.3.6 Grossura do filamento

Todas as cultivares proporcionaram grossura do filamento de 2,8 ou 2,9 Denier (Tabela 3.9). Esses filamentos são classificados como de padrão médio de espessura, segundo a Indústria de Fiação de Seda BRATAC S.A. (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)⁷.

Segundo Cifuentes e Shon (1998), o filamento grosso (> 3,0 Denier) é o mais favorável para desenrolamento e também influi na uniformidade do tamanho do fio de seda. A grossura do filamento varia de acordo com a raça de bicho-da-seda e, dentro da raça é influenciada, entre outros fatores, pela qualidade nutricional das folhas (CIFUENTES; SOHN, 1998). Neste estudo, valores semelhantes de grossura do filamento (Tabela 3.9) podem estar relacionados à qualidade nutricional adequada de todas as cultivares. De acordo com Kim (1989), a obtenção de fio mais grosso é um indicativo de que a criação do bicho-da-seda teve um manejo e condições ambientais adequadas em todas as etapas de produção do casulo.

⁷ Hélio Nishihara, Técnico em fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

Tabela 3.9. Grossura do filamento (Denier), resistência do filamento (número de rupturas/2000 m de fio) e rendimento do casulo em seda (%) ($X \pm EP$) produzido por lagartas de *B. mori*, alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Grossura do filamento	Resistência do filamento	Rendimento do casulo em seda
Miura	$2,8 \pm 0,03$ a	$0,34 \pm 0,03$ a	$39,28 \pm 0,59$ a
Korin	$2,9 \pm 0,04$ a	$0,28 \pm 0,15$ a	$40,00 \pm 0,45$ a
Tailandesa	$2,8 \pm 0,03$ a	$0,46 \pm 0,10$ a	$40,15 \pm 0,36$ a
FM 3/3	$2,9 \pm 0,05$ a	$0,26 \pm 0,04$ a	$39,88 \pm 1,18$ a
FM 86	$2,8 \pm 0,06$ a	$0,68 \pm 0,11$ a	$41,62 \pm 0,56$ a
SK 1	$2,8 \pm 0,05$ a	$0,40 \pm 0,07$ a	$38,93 \pm 1,02$ a
SK 4	$2,9 \pm 0,05$ a	$0,49 \pm 0,13$ a	$38,88 \pm 1,05$ a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

3.5.3.7 Resistência do filamento

A resistência do filamento, medida através do número de vezes em que o filamento arrebenta a cada 2000 m de fio enrolado, não diferiu entre os tratamentos e apresentou valores inferiores a um (Tabela 3.9), sendo este considerado satisfatório no processo de fiação (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)⁸.

O arrebitamento se manifesta, principalmente, em zonas do casulo que apresentam irregularidades, e em partes onde a resistência ao desenrolamento é extremamente alta. Atribuem-se, como uma das principais causas que afetam essa característica as condições climáticas durante a secreção do fio pelo bicho-da-seda (RIZZARDI; ALLARA, 2005).

⁸ Hélio Nishihara, Técnico em fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

3.5.3.8 Rendimento do casulo em seda

O rendimento dos casulos em seda, determinado pela quantidade de fio em casulos secos e bons, obtido com as cultivares testadas, não diferiu significativamente, variando de 38,88 a 41,62% (Tabela 3.9). Essas percentagens estão próximas aos valores geralmente obtidos pela Indústria de Fiação de Seda BRATAC S.A. (H. NISHIHARA, comunicação pessoal)⁹. O rendimento em seda está estritamente relacionado à habilidade de desenrolamento, à qualidade do casulo, à eficiência do processo de enrolamento e também, ao aproveitamento do comprimento máximo do fio enrolado do casulo proporcionando fio de boa qualidade (CIFUENTES; SOHN, 1998).

3.5.3.9 Classificação dos casulos

De acordo com os sistemas de classificação propostos por Kim (1989), Lee (1999) e pela Commission Séricicole Internationale (2008) e os casulos obtidos a partir de lagartas alimentadas com as cultivares de amoreira se enquadraram nas categorias mais elevadas em cada sistema de classificação (Tabela 3.10). As altas pontuações obtidas com as diferentes cultivares de amoreira, dão um indicativo dos resultados positivos que podem ser advindos da utilização das cultivares alternativas a variedade padrão Miura.

Assim, com a ampliação do uso das cultivares FM 3/3 e SK 4 nas áreas sericícolas, a alta qualidade da seda brasileira, atualmente bastante requisitada pelo mercado internacional, poderá ser mantida.

O comprimento do filamento do casulo e a habilidade de enrolamento são os principais fatores utilizados para a classificação de casulos em escalas ou categorias. Esta classificação se faz necessária para a determinação do valor econômico de lotes de casulos na comercialização. Além disso, tem por finalidade subsidiar a realização de mistura de lotes de casulos, permitindo à

⁹ Hélio Nishihara, Técnico de fiação, Fiação de Seda BRATAC S.A.

indústria de fiação obter melhor produtividade e estabilizar a qualidade da seda produzida.

Tabela 3.10. Classificação de casulos produzidos por lagartas *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira, em três sistemas de classificação. ($24 \pm 3^\circ\text{C}$; $67 \pm 10\%$ UR). Primavera/2006, Londrina, PR.

Cultivar	Sistema de classificação		
	Kim (1989) ¹	Lee (1999) ²	C.S.I (2008) ³
Miura	Excelente	B	8G
Korin	Primeira	A	8G
Tailandesa	Excelente	A	9G
FM 3/3	Primeira	A	9G
FM 86	Primeira	A	9G
SK 1	Primeira	A	8G
SK 4	Primeira	A	9G

Níveis de classificação: (excelente, primeira, segunda, terceira e quarta)¹; (A a E)²; (10G a G)³.

3.5.4 Coeficientes de correlação entre variáveis nutricionais e de produção e qualidade de casulos

A análise de correlação de Pearson, entre as características nutritivas das folhas das cultivares de amoreira e de produção e qualidade de casulos, indicou correlação positiva e significativa entre o nitrogênio e todas as variáveis de produção, em ambos os sexos (Tabela 3.11). O fósforo apresentou correlação positiva com o peso de casulo e de casca sérica nos casulos de pupa fêmea, e com o peso de pupa e comprimento do fio de casulos de ambos os sexos (Tabela 3.11). Estudos realizados por Shankar e Shivashankar (1994), Ashfak et al. (1998), Baqual e Das (2006), demonstraram que o aumento nos conteúdos de nitrogênio e fósforo proporcionam melhorias em várias características do casulo.

Tabela 3.11. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis nutricionais da folha e da produção e da qualidade tecnológica de casulos.

Parâmetros		Nutrientes									
		Minerais						Orgânicos			
		N	P	Ca	Cu	Zn	B	Mn	PB	FDA	EE
Peso do casulo	♂	0,66**	NS	0,67**	0,67**	0,39*	NS	NS	0,67**	NS	0,47*
	♀	0,74**	0,48*	0,52**	NS	NS	NS	NS	0,74**	NS	0,52**
Peso da casca sérica	♂	0,60**	NS	0,47*	0,47*	0,37*	NS	NS	0,62**	NS	0,53**
	♀	0,64**	0,38*	NS	NS	NS	NS	NS	0,63**	NS	0,57**
Peso da pupa	♂	0,65**	0,39*	0,61**	0,69**	0,52**	NS	NS	0,65**	NS	0,38*
	♀	0,71**	0,51**	0,54**	0,63**	NS	NS	NS	0,72**	NS	0,47*
Comprimento do fio	♂+♀	0,55**	0,62**	NS	NS	0,81**	NS	NS	0,53**	0,50**	NS

* significante ao nível de 5%.

** significante ao nível de 1 %.

NS: não significativo

Quanto ao cálcio observou-se correlação altamente positiva com o peso de casulo e de pupas macho e fêmea (Tabela 3.11). Shankar et al. (1994) também observaram correlações altamente positivas entre o cálcio e os pesos do casulo e de casca sérica e o comprimento do filamento. Os autores ressaltaram ainda a importância do cálcio, magnésio e enxofre para o crescimento de lagartas do bicho-da-seda e características da seda, além de nitrogênio, fósforo e potássio.

O cobre e o zinco apresentaram correlação positiva para todas as características de peso de casulos de pupa macho, enquanto que somente o zinco mostrou correlação altamente positiva para o comprimento do fio (Tabela 3.11). Os microminerais boro e manganês não apresentaram correlação significativa com as variáveis estudadas.

Foram observadas correlações positivas, altamente significativas, entre as características do casulo e comprimento do fio com o teor de proteína bruta (Tabela 3.11). Esses resultados são corroborados por aqueles desenvolvidos por Sarker et al. (1997 apud PORTO 2002), que observaram uma correlação positiva entre o conteúdo de proteína bruta da folha de amoreira com o peso da casca sérica e com o rendimento do casulo (g/100 lagartas do bicho-da-seda). Estudos realizados por Thangamani e Vivekanandan (1984) sugeriram que o alto conteúdo de proteína bruta na folha pode ter contribuído para um maior comprimento do filamento. Os resultados obtidos no presente estudo, assim como aqueles de outros autores, mencionados acima, ressaltam a importância dos teores mais elevados de proteína nas folhas de amoreira para proporcionar melhor desenvolvimento e produção de casulos de *B. mori*.

O teor de fibra em detergente ácido teve correlação apenas com o comprimento do fio enquanto que, o teor de extrato etéreo apresentou resultado inverso ao da fibra onde, somente o comprimento do fio não esteve correlacionado com esse nutriente (Tabela 3.11).

Considerando os maiores conteúdos de nutrientes e a relação positiva com a produção e a qualidade tecnológica de casulos, verifica-se que as cultivares FM 3/3 e SK 4 são as mais indicadas na exploração comercial do bicho-da-seda no Paraná.

3.6 Conclusões

Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Ocorre variação significativa no teor dos macrominerais nitrogênio, fósforo e cálcio e dos microminerais cobre, zinco, boro e manganês nas folhas de cultivares de amoreira, bem como no teor de proteína bruta, fibra em detergente ácido e extrato etéreo, destacando-se as cultivares de amoreira SK 4 e FM 3/3 que, em geral, apresentam maiores conteúdos de nutrientes nas folhas que a variedade Miura.

- As cultivares de amoreira afetam o peso larval e o ritmo de encasulamento (tempo de desenvolvimento) das lagartas de *B. mori*, sendo menor para aquelas que se alimentam com os híbridos SK 4 e FM 3/3.

- A produção de casulos e a percentagem de casca sérica são influenciados pelas cultivares de amoreira resultando em maior peso do casulo e da casca sérica para lagartas alimentadas com as cultivares SK 4, FM 3/3 e Korin.

- As cultivares de amoreira afetam a qualidade tecnológica do casulo de bicho-da-seda, sendo as cultivares SK 4 e FM 3/3 as que promovem resultados iguais ou superiores a variedade Miura na maioria dos parâmetros tecnológicos do casulo.

- Casulos obtidos com as cultivares de amoreira Tailandesa, FM 3/3, FM 86 e SK 4, alternativas à 'Miura', se enquadram nas categorias mais elevadas nos sistemas de classificação de casulos.

- Existe correlação positiva entre o teor de nitrogênio, de proteína bruta e de extrato etéreo com o peso dos componentes do casulo de ambos os sexos e há correlação entre fósforo, cálcio, cobre e zinco com os componentes do casulo de acordo com o sexo.

- O comprimento do fio é altamente correlacionado com os teores de nitrogênio, fósforo, zinco, proteína bruta e fibra em detergente ácido.

- As cultivares SK 4 e FM 3/3 são qualitativamente melhores que a 'Miura' e podem ser exploradas pelos sericultores para incrementar a produção e qualidade de casulos.

4 ARTIGO B: CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA DE CULTIVARES DE AMOREIRA, *Morus* spp. E DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES NUTRICIONAIS DE *Bombyx mori* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)

4.1 Resumo

O objetivo do trabalho foi verificar, através de medidas de consumo e utilização de alimento natural, a adequação de cultivares de amoreira para serem recomendadas na criação comercial de bicho-da-seda, *Bombyx mori* L. As cultivares de amoreira (*Morus* spp.) testadas foram Miura (padrão), Korin, Tailandesa, FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4. Individualizaram-se 75 lagartas de quinto instar híbridas comerciais em recipientes tipo gerbox, mantidas em sala de criação ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 10\%$ UR). As lagartas foram alimentadas com folhas de uma das cinco cultivares, as quais foram submetidas à análise bromatológica. Foram determinados, o peso seco das lagartas no início e final do quinto instar, do alimento consumido e das fezes eliminadas, e calculados os índices nutricionais: taxa de consumo relativo (TCR), taxa metabólica relativa (TMR), taxa de crescimento relativo (TCrR), digestibilidade aproximada (DA), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI), eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) e custo metabólico (CM). A composição bromatológica, quanto aos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e extrato etéreo do híbrido SK 4 foi comparativamente superior a da variedade padrão, Miura. O 'SK 4' se apresentou como o mais adequado para a alimentação das lagartas de bicho-da-seda por ser um dos alimentos ingeridos em menor quantidade, proporcionando às lagartas boa digestibilidade e taxa de crescimento, baixo custo metabólico e uma das maiores eficiências de conversão do alimento ingerido e digerido em biomassa.

Palavras-chave: Bicho-da-seda, nutrição quantitativa, índices nutricionais

**ARTICLE B: CHARACTERIZATION OF MULBERRY CULTIVARS *Morus* spp.
AND DETERMINATION OF NUTRITIONAL INDEXES OF *Bombyx mori* L.
(LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)**

4.2 Abstract

The objective of this work was to assess, through consumption and utilization of natural food measures, whether the mulberry cultivars could be recommended to rear the silkworm *Bombyx mori* L. in commercial scale. The mulberry (*Morus* spp.) cultivars tested were Miura (padrão), Korin, Tailandesa, FM 3/3, FM 86, SK 1 and SK 4. Seventy five fifth instar commercial hybrid larvae were individualized in gerbox® and maintained in a rearing room ($25 \pm 3^\circ\text{C}$ and $80 \pm 10\%$ RH). The mulberry leaves of each of the five cultivars used to feed the silkworm larvae were submitted to bromatological analysis. The dry weight of larvae at the beginning and at the end of the fifth instar, the food consumed and the feces eliminated were recorded to determine the following indexes: relative consumption rate (RCR), relative metabolic rate (RMR), relative growing rate (RGR), approximate digestibility (AD), efficiency of conversion of the ingested food (ECI), efficiency of conversion of the digested food (ECD), metabolic cost (MC). The bromatological composition analysis for crude protein, neutral detergent fiber and ethereal extract revealed that the SK 4 hybrid was superior to the standard variety Miura. The hybrid SK 4 revealed to be the most adequate food to the silkworm larvae because it is one of the cultivar tested that was ingested in small amounts, thus providing good digestibility to the larvae, low metabolic cost, good growth rate and one of the highest efficiencies in the conversion of the ingested food and digested in biomass.

Key words: Silkworm, qualitative nutrition, nutritional indexes

4.3 Introdução

Na exploração sericícola, a qualidade e a quantidade de folhas de amoreira (*Morus* spp.) utilizadas na alimentação de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) são de grande importância para o sucesso da atividade. Essas duas condições são necessárias para o fornecimento dos nutrientes indispensáveis ao desenvolvimento do bicho-da-seda, à resistência das lagartas às doenças (FONSECA; FONSECA, 1988) e a produção e qualidade de casulos (CIFUENTES; SOHN, 1998).

O bicho-da-seda é um inseto altamente especializado que consome folhas de várias espécies de amoreira, porém, com grau diferente de aproveitamento. Segundo Parra (1991) o consumo e a utilização do alimento pelos insetos estão relacionados principalmente, as suas características físicas e químicas, e estas, por sua vez, podem variar com a cultivar e com fatores abióticos (PUROHIT e KUMAR, 1996). Portanto, a utilização de genótipos de amoreira mais adequados e a nutrição do amoreiral são fatores determinantes na qualidade nutricional das folhas a serem utilizadas na alimentação do bicho-da-seda, para a obtenção de alta produção e qualidade de casulos e, conseqüentemente, para aumento da eficiência no processamento e no rendimento de seda crua.

Desse modo, é fundamental disponibilizar aos sericultores cultivares de amoreira nutricionalmente superiores, alternativas à variedade Miura, considerada neste estudo como padrão, por ser a mais cultivada nas regiões sericícolas do estado do Paraná (ATAÍDE, 2007; WATANABE et al., 2000). Portanto, no processo de identificação e seleção deve-se também considerar aspectos relacionados à qualidade foliar e a nutrição quantitativa do bicho-da-seda.

Estudos de nutrição quantitativa são realizados através da determinação e análise dos índices nutricionais, os quais revelam como os organismos respondem aos diferentes alimentos e qual alimento exerce os maiores efeitos no crescimento dos insetos (PARRA, 1991). Estes estudos, podem auxiliar na identificação de cultivares mais adequadas nutricionalmente ao desenvolvimento das lagartas do bicho-da-seda.

Diante do exposto e considerando que variações na fonte alimentar poderão afetar as exigências nutricionais dos insetos, o objetivo deste trabalho foi

caracterizar cultivares de amoreira, alternativas a variedade padrão Miura, quanto a composição bromatológica das folhas, e juntamente com a determinação de índices nutricionais de *B. mori*, identificar a cultivar mais adequada nutricionalmente às lagartas do bicho-da-seda

4.4 Material e Métodos

Foram avaliadas as variedades de amoreira (*Morus alba* L.) Miura (padrão), Korin e Tailandesa e, os híbridos (*Morus* spp.): FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4, que compõe a coleção de amoreira do Instituto Agronômico do Paraná, IAPAR, em Londrina, PR (585m de altitude, 23°22' S e 51°10' W). As plantas apresentavam idade de 10 anos, estavam estabelecidas em espaçamento de 2,0 x 0,5 m e foram cultivadas seguindo as recomendações técnicas para a cultura (FONSECA; FONSECA, 1988). A poda de produção, promovida por meio de corte ao nível do solo, foi executada aos 65 dias antes do início do experimento.

O estudo foi conduzido no outono de 2007, em sala de criação ($25 \pm 3^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$ UR) localizada no laboratório de Manejo Ecológico de Pragas do IAPAR/Londrina, iniciando-se com lagartas do terceiro ínstar, híbridas comerciais provenientes da Empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A. A sala de criação e os materiais utilizados foram esterilizados com formaldeído (4%) quatro dias antes do início do experimento.

As lagartas, do terceiro até o final do quarto ínstar, foram criadas em caixas plásticas (58 cm x 77 cm x 31 cm) forradas com papel manilha e cobertas por saco plástico com abertura frontal para permitir ventilação. Foram utilizadas 250 lagartas/caixa/cultivar as quais receberam como alimento folhas das cultivares testadas. Até o quarto ínstar a alimentação foi fornecida às 8:30, 11:00, 14:30, 17:00 e 19:30 horas, em quantidade suficiente para o número de lagartas por caixa.

O desenvolvimento das lagartas e mudanças no comportamento que antecedem a ecdise, tais como imobilidade e interrupção da alimentação, foram acompanhados diariamente. A determinação dos índices nutricionais foi realizada com lagartas de quinto ínstar, uma vez que, cerca de 85% do total de alimento consumido pela lagarta de *B. mori* ocorre neste ínstar. Portanto, no final do quarto

ínstar, 75 lagartas por cultivar de amoreira foram acondicionadas individualmente em recipiente tipo gerbox (10,82 x 10,82 x 3,0 cm) forrado com papel filtro umedecido com água, para manter a turgescência das folhas. No início e final do quinto ínstar foram retiradas, ao acaso, e individualizadas 15 lagartas de cada cultivar, as quais foram mortas por congelamento e secas em estufa à 60°C até peso constante, para obtenção do peso seco de lagartas e determinação do ganho de peso e do peso médio das lagartas. Para a determinação do consumo e dos índices nutricionais, foram pesadas e fornecidas folhas sem a nervura principal, separando-se alíquotas de folhas em número de cinco repetições por cultivar de amoreira, visando à determinação do peso seco inicial do alimento fornecido (PARRA, 1991). O alimento remanescente e as fezes foram retirados diariamente e mantidos a 55 - 60°C, até atingirem o peso constante (cerca de 24h), sendo posteriormente resfriados em dessecador e pesados em balança eletrônica de precisão, com aproximação de 0,0001 g.

No início da fase de pré-pupa, colocou-se em cada recipiente de criação uma armação de papelão, com nove células, que serviu de substrato para a confecção dos casulos. A partir do início do encasulamento, foi quantificado o número de casulos formados por dia.

Para determinação dos índices de nutrição quantitativa da fase larval, adotou-se a metodologia proposta por Waldbauer (1968) e modificada por Scriber e Slansky Jr. (1981). Para o cálculo desses índices, foram utilizadas as seguintes variáveis (em peso de matéria seca):

T = duração do período de alimentação (dias);

A F = peso do alimento fornecido ao inseto (mg);

Ar = peso da sobra do alimento fornecido ao inseto (mg), após T;

F = peso das fezes produzidas (mg) durante T;

B = ganho de peso pelas lagartas (mg) durante T;

\bar{B} = peso médio das lagartas (mg) durante T;

I = peso do alimento ingerido (mg) durante T;

I - F = alimento assimilado (mg) durante T;

$M = (I - F) - B =$ alimento metabolizado durante o período de alimentação.

Foram determinados os índices de consumo e utilização do alimento para cada tratamento, através das seguintes fórmulas:

$$\text{Taxa de consumo relativo (mg/mg/dia): TCR} = \frac{I}{B.T}$$

$$\text{Taxa de crescimento relativo (mg/mg/dia): TCrR} = \frac{B}{B.T}$$

$$\text{Taxa metabólica relativa (mg/mg/dia): TMR} = \frac{M}{B.T}$$

$$\text{Digestibilidade aproximada (%): D.A} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

$$\text{Eficiência de conversão do alimento ingerido (%): (ECI)} = \frac{B}{I} \times 100$$

$$\text{Eficiência de conversão do alimento digerido (%): ECD} = \frac{B}{I - F} \times 100$$

$$\text{Custo Metabólico (%): CM} = 100 - \text{ECD}$$

O alimento fornecido no quinto ínstar foi caracterizado nutricionalmente por meio de análise bromatológica. Amostras representativas de folhas sem a nervura principal, em número de quatro repetições por cultivar de amoreira, foram submetidas a análises realizadas pelo Laboratório de Nutrição Animal do IAPAR/Ibiporã. Foram determinados os teores, em percentagem, de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e de fibra em detergente neutro (FDN) segundo Silva (1988).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo cada lagarta considerada uma repetição. As variáveis: eficiência de conversão do alimento ingerido e digerido e o custo metabólico foram transformadas em arcsen \sqrt{x} . Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.5 Resultados e Discussão

4.5.1 Composição bromatológica de folhas de amoreira

A análise bromatológica revelou que as folhas das cultivares de amoreira, fornecidas como alimento às lagartas de bicho-da-seda, diferiram quanto aos teores dos nutrientes avaliados (Tabela 4.1) e estas diferenças podem refletir na

qualidade do alimento para as lagartas do bicho-da-seda. Segundo Parra (1991), a qualidade do alimento está relacionada a características físicas, aleloquímicos e componentes nutricionais, os quais influenciam a capacidade do inseto em consumir e digerir o alimento. Na amoreira estas características, por sua vez, podem variar com a cultivar e em função da influência de fatores abióticos (PUROHIT; KUMAR, 1996).

Tabela 4.1. Conteúdo (%) de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) com base na matéria seca de folhas de cultivares de amoreira ($\bar{X} \pm EP$). Outono 2007, Londrina-PR.

Cultivar	PB	FDN	EE	MM
Miura	26,66 \pm 0,25 bc	21,30 \pm 0,54 ab	1,66 \pm 0,09 d	11,59 \pm 0,16 ab
Korin	26,49 \pm 0,32 c	18,98 \pm 0,59 bc	3,77 \pm 0,39 bc	12,28 \pm 0,15 a
Tailandesa	26,84 \pm 0,35 bc	18,13 \pm 0,45 c	4,47 \pm 0,22 ab	9,96 \pm 0,06 c
FM 3/3	27,89 \pm 0,38 ab	20,05 \pm 0,05 bc	3,94 \pm 0,04 abc	11,56 \pm 0,58 ab
FM 86	27,01 \pm 0,28 bc	20,31 \pm 0,47 bc	2,96 \pm 0,31 c	10,43 \pm 0,43 bc
SK 1	24,93 \pm 0,31 d	22,84 \pm 0,21 a	5,14 \pm 0,25 a	11,83 \pm 0,30 ab
SK 4	29,73 \pm 0,15 a	18,04 \pm 0,83 c	4,67 \pm 0,36 ab	12,02 \pm 0,25 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As cultivares de amoreira apresentaram teor de proteína nas folhas, utilizadas na alimentação de lagartas de quinto ínstar, variando de 24,93% ('SK 1') a 29,73% ('SK 4'). Os teores encontrados foram relativamente altos em comparação ao teor registrado por Ito e Kobayashi (1978) que foi de 24,16% em folhas utilizadas também para alimentação de lagartas no quinto ínstar.

Entre as cultivares alternativas à variedade Miura somente o híbrido SK 4 apresentou teor de proteína significativamente maior que o constatado nesta variedade (3%) (Tabela 4.1). O maior teor de proteína em folhas de SK 4 pode ser uma característica importante, como demonstrado por (PORTO, 2000) que observou decréscimo no peso vivo de lagartas de *B. mori*, no quinto ínstar, quando alimentadas com folhas de amoreira mais velhas, com menor conteúdo de proteína.

Correlação positiva entre o conteúdo de proteína da folha com o peso da casca sérica e com o rendimento do casulo foi também constada por Sarker et al. (1997 apud PORTO (2002).

O teor de fibras nas folhas de amoreira, em detergente neutro, variou significativamente entre as cultivares. Folhas de 'Tailandesa' e 'SK 4' apresentaram os menores teores de fibra, diferindo estatisticamente dos teores encontrados na variedade padrão Miura (Tabela 4.1). Segundo Hiratsuka (1920) apud Waldbauer (1968) lagartas de *B. mori* não digerem a fração fibra crua das folhas. O conteúdo de fibras tem uma influência direta na digestibilidade, pois com o aumento no teor, menor parte do alimento ingerido é digerido, isto é, há uma redução na digestibilidade (PARRA; KOGAN, 1981).

O teor de extrato etéreo variou entre as cultivares (1,66 a 5,14%) sendo que todos diferiram significativamente do teor encontrado na variedade Miura. Os maiores valores foram registrados nas cultivares SK 1, SK 4, Tailandesa e FM 3/3 (Tabela 4.1).

O extrato etéreo compreende a porção de lipídeos (gorduras) presente na matéria seca foliar, constituindo-se na fração mais energética dos alimentos (SILVA; QUEIROZ, 2002). Os insetos, para suprir suas necessidades em lipídios podem sintetizá-los a partir de proteínas e carboidratos, porém alguns ácidos graxos como o linoléico e linolênico e os esteróis, essenciais ao *B. mori*, não são sintetizados (PARRA, 1991). Segundo Ito (1978) o bicho-da-seda acumula mais lipídio no corpo que a quantidade digerida. Desse modo, lagartas alimentadas com cultivares que apresentam menor teor de lipídios nas folhas, poderiam estar suprindo suas necessidades através da utilização de quantidades de proteína e carboidratos, acarretando menor disponibilidade desses compostos para outras funções, principalmente estruturais e para a glândula sericígena. Assim, o menor teor de extrato etéreo, constatado na cultivar Miura, pode ser desfavorável ao desempenho biológico de *B. mori* e a formação de casulos.

Com exceção da cultivar Tailandesa, que apresentou o menor conteúdo de matéria mineral, o teor nas demais cultivares alternativas foi similar ao encontrado na variedade Miura. Esses conteúdos foram relativamente altos quando comparados ao reportado por Ito e Kobayashi (1978) em folhas de amoreira também utilizadas para alimentação de lagartas no quinto ínstar (7,2 %). Takahashi (1996)

determinou o teor de matéria mineral nas cultivares Miura, FM 86 e FM 3/3 encontrando valores próximos aos obtidos no presente estudo.

A matéria mineral (cinzas) é uma indicação da riqueza do alimento em elementos minerais. Embora não forneça informações sobre a sua composição, as cinzas contêm principalmente os cátions cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, cobre, cobalto e alumínio e os ânions sulfato, cloreto, silicato, fosfato entre outros (SILVA; QUEIROZ, 2002). Portanto, dada à importância da qualidade nutricional da folha, em relação a sua composição, a diferença entre as cultivares quanto à riqueza em elementos minerais pode ser um diferencial quanto à eficiência do alimento no desenvolvimento da lagarta do bicho-da-seda, produção de massa corporal e de casulo.

Diante dos resultados da análise bromatológica, evidencia-se que, entre as cultivares alternativas testadas, a cultivar SK 4 apresenta superioridade quanto ao conteúdo de nutrientes de suas folhas em comparação à variedade padrão Miura.

4.5.2 Índices nutricionais

4.5.2.1 Taxa de consumo relativo (TCR)

A taxa de consumo relativo de folhas das diferentes cultivares de amoreira pelas lagartas de *B. mori* variou de 1,25 a 1,49 mg/mg/dia (Tabela 4.2). A TCR representa a quantidade de alimento que o inseto consome por miligrama de peso corpóreo por dia. As menores taxas de consumo ocorreram quando as lagartas se alimentaram dos híbridos FM 86, SK 4 e SK 1, enquanto que lagartas alimentadas com a variedade Tailandesa apresentaram maior TCR, porém não diferiu das taxas obtidas com 'Korin' e 'FM 3/3' (Tabela 4.2).

Variações na quantidade ingerida por insetos são atribuídas à solidez, conteúdo de água e outras propriedades físico-químicas do alimento (BHAT; BHATTACHARYA, 1978 apud VENDRAMIM et al., 1983). Em amoreira, altas percentagens de consumo de lagartas alimentadas com as cultivares Korin,

Calabresa, IZ 5/2 e IZ 15/7 por *B. mori* foram relacionadas a características desejáveis das folhas, tais como, menor teor de fibra bruta, menor quantidade de idioblóstos de cristólito e de mucilagem, menor porção da epiderme e maior de parênquima (OKAMOTO; RODELLA, 2006). Outro fator que pode proporcionar aumento na taxa de consumo pelo inseto é a utilização de alimento nutricionalmente inadequado (WALDBAUER, 1968). Portanto, variações no consumo entre as cultivares estudadas, pode ser uma resposta compensatória dos insetos a inadequações nutricionais relacionadas à quantidade, a disponibilidade e ao balanço de nutrientes como mencionado por Petkov e Mircheva (1979), Parra (1991), Chaluvachari e Bongale (1995).

Tabela 4.2. Taxa de Consumo Relativo (TCR), Taxa de Crescimento Relativo (TCrR) e Taxa Metabólica Relativa (TMR) (mg/mg/dia) de lagartas de *B. mori* alimentadas com as diferentes cultivares de amoreira ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$; $80 \pm 10\%$ UR).

Cultivares	TCR	TCrR	TMR
Miura	1,35 \pm 0,03 bc	0,239 \pm 0,003 bc	0,39 \pm 0,02 d
Korin	1,42 \pm 0,02 ab	0,250 \pm 0,003 a	0,56 \pm 0,02 b
Tailandesa	1,49 \pm 0,02 a	0,240 \pm 0,002 abc	0,64 \pm 0,01 a
FM 3/3	1,39 \pm 0,03 ab	0,238 \pm 0,002 bc	0,49 \pm 0,02 bc
FM 86	1,25 \pm 0,02 d	0,231 \pm 0,000 c	0,37 \pm 0,01 d
SK 1	1,27 \pm 0,02 cd	0,219 \pm 0,002 d	0,43 \pm 0,02 cd
SK 4	1,26 \pm 0,02 cd	0,244 \pm 0,003 ab	0,42 \pm 0,02 cd

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.5.2.2 Taxa de crescimento relativo (TCrR)

A taxa de crescimento relativo (ganho de biomassa do inseto em relação ao seu peso), do bicho-da-seda alimentado com as cultivares de amoreira teve pequena variação (0,219 a 0,250 mg/mg/dia) (Tabela 4.2). Esse resultado demonstra que as lagartas apresentaram capacidade de compensar as diferenças

entre os alimentos testados e assim, manter o desenvolvimento normal, como também relatado por Evangelista (1994), Bortoli et al. (2002) e Porto et al. (2006).

Entre as cultivares alternativas, apenas a variedade Korin proporcionou às lagartas maior TCrR que aquela obtida com 'Miura', embora 'Korin' tenha proporcionado taxa de crescimento semelhante a observada com a cultivar SK 4 e com a Tailandesa (Tabela 4.2). Em contraste, Evangelista (1994) avaliando algumas das cultivares estudadas no presente trabalho e utilizando folhas com mais de 90 dias após a poda, não encontrou diferenças estatísticas entre 'Miura', 'Korin', 'FM 86' e 'FM 3/3' quanto a esse parâmetro. O autor, no entanto, verificou tendência da variedade Korin e do híbrido FM 86 em apresentarem a maior e a menor taxa de crescimento relativo, respectivamente.

Segundo Slansky e Scriber (1985), a TCrR reflete o tempo necessário para o inseto atingir o peso final, ou seja, menor valor corresponde a maior ciclo de vida do organismo. Esta taxa depende da qualidade do hospedeiro, estado fisiológico do inseto e de fatores ambientais (PARRA, 1991). Hamano et al. (1994) constataram que o período de alimentação do bicho-da-seda no quarto ínstar prolongou-se pela baixa condição nutricional do alimento e que, lagartas que digeriram 19 mg ou mais de proteína foram induzidas à ecdise. Essas observações ressaltam a importância de proporcionar alimento com requerimentos nutricionais adequados para permitir desenvolvimento normal do bicho-da-seda.

4.5.2.3 Taxa metabólica relativa (TMR)

Lagartas alimentadas com as cultivares alternativas SK 1, FM 86 e SK 4, assim como com a variedade padrão Miura, utilizaram menor quantidade de alimento em metabolismo (mg/mg de peso corporal/dia), enquanto que lagartas alimentadas com 'Tailandesa' utilizaram maior quantidade de alimento para manter o seu metabolismo (Tabela 4.2). O diferencial no dispêndio de energia entre os tratamentos pode ter sido compensado por maior consumo de folhas, como foi observado, principalmente, com lagartas alimentadas com a cultivar Tailandesa e, em menor grau, com aquelas que se alimentaram com as cultivares Korin e FM 3/3 (Tabela 4.1).

A relação entre TMR e TCR também foi constatada em estudos com lagartas de *B. mori* na análise das cultivares de amoreira Korin e IZ 56/4 em quatro idades de corte (PORTO et al., 2006). O mesmo foi confirmado por Bortoli et al. (2002), ao estudar as cultivares Fernão Dias, FM Shima-Miura, Formosa e Yamada, na qual verificou correlação positiva entre esses dois índices, independente da cultivar.

4.5.2.4 Digestibilidade aproximada (DA)

A digestibilidade aproximada (% do alimento ingerido que é assimilado), das cultivares pelo bicho-da-seda variou de 46,40 a 58,93% (Tabela 4.3). Entre as cultivares alternativas a variedade padrão Miura, as variedades Tailandesa e Korin foram digeridas com maior facilidade pelas lagartas. Estas apresentaram uma superioridade na eficiência de assimilação de 27 e 22%, respectivamente, em relação a cultivar padrão, enquanto, os híbridos SK 4 e FM 3/3 em torno de 12% (Tabela 4.3). Evangelista (1994) também encontrou diferenças significativas entre cultivares, constatando maior DA para a variedade Korin (34,87%) e menor para o híbrido FM SM (29,53%), enquanto que Miura, FM 86 e FM 3/3 apresentaram valores intermediários.

Baixos valores de digestibilidade podem ser atribuídos, entre outros fatores, a deficiência ou balanceamento inadequado de nutrientes, deficiência de água e alto teor de fibras indigeríveis (WALDBAUER, 1964; PAUL et al., 1992; RAHMATHULLA et al., 2004) ou pela presença de aleloquímicos (BECK; REESE, 1976 apud PARRA, 1991).

Os valores de DA obtidos com todas as cultivares seguiram tendência inversa ao teor de fibra presente nas folhas (Tabela 4.1), ou seja, aquelas com menores teores ('SK 4', 'Tailandesa' e 'Korin') foram digeridas em maior quantidade pelo inseto (Tabela 4.3).

Tabela 4.3. Percentagem de Digestibilidade Aproximada (D.A), Eficiência da Conversão do Alimento Ingerido (ECI) e Digerido (ECD) e Custo Metabólico (C.M) de lagartas de *B. mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. ($25 \pm 3^\circ\text{C}$; $80 \pm 10\%$ UR).

Cultivares	DA	ECI	ECD	CM
Miura	46,40 \pm 0,74 d	17,96 \pm 0,28 bc	39,55 \pm 1,22 a	60,45 \pm 1,22 d
Korin	56,47 \pm 0,92 a	17,76 \pm 0,27 bc	32,31 \pm 1,22 cd	67,69 \pm 1,22 ab
Tailandesa	58,93 \pm 0,62 a	16,27 \pm 0,22 d	27,72 \pm 0,43 d	72,28 \pm 0,43 a
FM 3/3	51,75 \pm 0,86 b	17,46 \pm 0,42 cd	34,57 \pm 1,30 bc	65,43 \pm 1,30 bc
FM 86	47,68 \pm 0,67 cd	18,69 \pm 0,24 ab	39,79 \pm 0,97 a	60,21 \pm 0,97 d
SK 1	50,47 \pm 0,79 bc	17,36 \pm 0,27 cd	35,22 \pm 1,22 abc	64,78 \pm 1,22 bcd
SK 4	52,22 \pm 0,99 b	19,61 \pm 0,39 a	38,61 \pm 1,37 ab	61,39 \pm 1,37 cd

* Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.5.2.5 Eficiência de conversão do alimento ingerido em biomassa (ECI)

As lagartas alimentadas com o híbrido SK 4 apresentaram maior capacidade de utilizar eficientemente o alimento ingerido para o crescimento do que com as demais cultivares, porém não diferiu do híbrido FM 86 (Tabela 4.3). Isso significa que com a mesma quantidade de alimento, o inseto alcança, em um espaço de tempo menor, o peso máximo com essas duas cultivares (SK 4 e FM 86) do que se fosse alimentado com as demais. No entanto, Evangelista (1994) trabalhando em condições diferentes das realizadas no presente estudo, não constatou diferenças significativas nos valores de ECI entre as cultivares Miura, Korin, FM 86 e FM 3/3 obtendo valores de ECI inferiores aos verificados no presente estudo. Diferenças na ECI também foram encontradas com lagartas alimentadas com as cultivares Fernão Dias, FM Shima-Miura, Formosa e Yamada (BORTOLI et al., 2002) e com IZ 56/4 e Korin (PORTO et al., 2006).

Segundo Waldbauer (1964, 1968) a ECI varia com a digestibilidade e com o valor nutricional do alimento, com a ingestão de nutrientes e com as

quantidades proporcionais da porção digerível do alimento que são, em parte, convertidas em substâncias do corpo e metabolizadas para a produção de energia de manutenção. Sendo assim, as possíveis causas das diferenças na eficiência da utilização do alimento pelas lagartas podem ser atribuídas a um ou mais dos vários fatores acima citados, os quais estão relacionados às características intrínsecas de cada cultivar.

4.5.2.6 Eficiência de conversão do alimento digerido em biomassa (ECD)

A eficiência de conversão do alimento digerido, ou seja, a percentagem de alimento assimilado que é convertido em substância corpórea foi significativamente maior com a variedade Miura, e com os híbridos FM 86, SK 1 e SK 4 (Tabela 4.3). Contudo, Evangelista (1994) não encontrou diferenças significativas entre as percentagens de ECD para lagartas alimentadas com as cultivares Miura, Korin, FM SM, FM 86 e FM 3/3.

A eficiência de conversão também varia com o valor nutricional do alimento e com o nível de ingestão de nutriente, não dependendo diretamente da digestibilidade (WALDBAUER, 1968). A ECD decresce com o aumento da porção de alimento assimilado gasto para a produção de energia. Essa relação inversa pode ser constatada no presente trabalho, onde lagartas alimentadas com a variedade Tailandesa apresentaram maior TMR e menor valor de ECD (Tabelas 4.2 e 4.3).

A cultivar Tailandesa e Korin embora tenham apresentado os maiores valores de DA, registraram baixos índices de ECI e ECD. A menor adequação dessas cultivares possivelmente se deva a fatores que inibem a conversão de alimento ingerido e digerido em biomassa. Segundo Reese (1979) apud Vendramim (1983), este fato pode ser atribuído à presença de substâncias que bloqueiam a utilização de nutrientes ou a taxas desfavoráveis de aminoácidos.

4.5.2.7 Custo metabólico (CM)

A maior percentagem de alimento digerido que foi transformado em energia ocorreu com lagartas que se alimentaram com a variedade Korin e Tailandesa, sendo que apenas esta última diferiu significativamente das demais (Tabela 4.3). As lagartas que se alimentaram das cultivares Miura e FM 86 utilizaram menos alimento para produzir energia metabólica, porém esse custo não diferiu significativamente dos obtidos quando se alimentaram com 'SK 1' e 'SK 4'. Segundo Scriber e Slansky (1981), maior custo metabólico pode ser atribuído à presença de determinadas substâncias nos alimentos que afetam a fisiologia do inseto.

Embora lagartas alimentadas com folhas de 'Tailandesa' tenham apresentado um custo metabólico superior a 70 % da biomassa assimilada, estas tiveram taxa de crescimento semelhante à observada pelas lagartas alimentadas com a maioria das cultivares. Isso se deve possivelmente ao fato de que o maior dispêndio de energia pelas lagartas tenha sido compensado pelo maior consumo desta cultivar de amoreira (Tabela 4.3).

Observou-se que em alguns índices nutricionais, embora tenham ocorrido diferenças significativas entre as cultivares, estas foram relativamente pequenas. Isso se deve possivelmente, ao grau de especificidade entre *B. mori* e a amoreira, e por estarem sendo avaliadas, neste estudo, cultivares com boa aceitação pelas lagartas.

Tendo em vista que maiores índices refletem uma maior adequação nutricional do alimento ao inseto, os resultados de ECI e ECD obtidos com as cultivares SK 4, SK 1 e FM 86, indicam ser estes os alimentos mais adequados para *B. mori* (Tabela 4.3). Além disso, as menores taxas de consumo e metabólica das três cultivares confirmam a superioridade destas, destacando-se 'SK 4', cujas lagartas apresentaram resultados desejáveis em um maior número de parâmetros avaliados.

Considerando-se os resultados relativos à composição bromatológica das cultivares e à nutrição quantitativa das lagartas, verificou-se que o híbrido SK 4 é o mais promissor para utilização na exploração comercial de *B. mori*. Suas folhas contêm maiores teores de nutrientes e as lagartas alimentadas com esse híbrido mostraram-se eficientes na conversão do alimento ingerido e digerido

em biomassa. Apresentaram também baixa TCR e baixo CM. Portanto, a maior adequação nutricional do híbrido SK 4 às lagartas do bicho-da-seda, constatada neste estudo, pode explicar em grande parte, os bons resultados de produção e qualidade de casulos, proporcionados por esse alimento na criação de *B. mori*, confirmados por Meneguim et al. (2007) e pelo artigo A deste trabalho.

4.6 Conclusões

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

A composição bromatológica, quanto aos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e extrato etéreo, do híbrido SK 4 é superior a da variedade padrão, Miura.

Entre as cultivares de amoreira alternativas à variedade padrão Miura, 'SK 4' é a mais adequada para a alimentação de lagartas do bicho-da-seda, pois, apresenta superioridade nutricional, é um alimento ingerido em menor quantidade, proporciona às lagartas boa digestibilidade e taxa de crescimento, baixo custo metabólico, e uma das maiores eficiências de conversão do alimento ingerido e digerido em biomassa.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Considerando-se, conjuntamente, os resultados relativos à qualidade foliar, à nutrição quantitativa e à produção e qualidade tecnológica de casulos, entre as cultivares de amoreira alternativas à variedade padrão Miura, os híbridos SK 4 e FM 3/3 são as cultivares mais favoráveis para serem utilizadas na exploração sericícola paranaense.

REFERÊNCIAS

ADOLKAR, V. V.; RAINA, S. K.; KIMBU, D. M. Evaluation of various mulberry *Morus* spp. (Moraceae) cultivars for the rearing of the bivoltine hybrid race Shaanshi BV-333 of the silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v.27,n.1, p.6-14, 2007.

AKRAM, W.; ZAFAR, U.; LEE, J. J. Silkworm growth and silk yield on selected supplemented/un supplemented mulberry varieties. **Korean Journal of Entomology**, v.32, n.4, p.201-204, 2002.

ALMEIDA, J. E.; FONSECA, T. C. Mulberry germplasma and cultivation in Brazil. 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/005/X9895E/X9895E00.HTM>>. Acesso em: 29 out. 2007

ASHFAQ, M.; AHMAD, N.; ALI, A. Effects of optimum dosages of nitrogen, potassium, calcium and copper on silkworm, *Bombyx mori* L. development and silk yield. **South Pacific Stusy**. v.18, n.2, p.47-50, 1998.

ASHFAQ, M.; REHMAN, M. A.; ALI, A. The impact of optimum dosages of mineral in various combination on larval development and silk production of *Bombyx mori* L. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.3, n.9, p.1391-1392, 2000.

ATAÍDE, L. T. **Diagnóstico da atividade sericícola na base territorial do Paraná centro e identificação de gargalos tecnológicos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná.

BAQUAL, M. F.; DAS, P. K. Influence of biofertilizers on macronutrient uptake by the mulberry plant and its impact on silkworm bioassay. **Caspian Journal Environmental Science**, v.4, n.2, p.98-109, 2006.

BASIT, M. A.; ASHFAQ, M. Collaborative effect of optimum dosages of N, K, Ca, P and Mn on the larval development and silk yield of *Bombyx mori* (L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.2, n.3, p.1002-1005, 1999.

BIASIOLO, M.; DA CANAL, M. T.; TORNADORE, N. Micromorphological characterization of tem mulberry cultivars (*Morus* spp.). **Economic Botany**, v.58, n.4, p.639-646, 2004.

BORGONOVÍ, A. Técnica da fiação e da classificação da seda. **Boletim Técnico de Sericicultura**, Campinas, n.8, 53 p, 1955.

BORTOLI, A. S. et al. Índices de consumo e utilização de cultivares de amoreira por *Bombyx mori* L. **Revista de Agricultura**, v.77, n.1, p.65-77, 2002.

BOSCHINI, C. F., DORMOND, H. H.; CASTROL, A. H. Composición química de la morera (*Morus alba*), para uso em la alimentación animal: densidade y frecuencias de poda. **Agronomía Mesoamericana**, v.11, n.1, p.41-49, 2000.

BOUÇAS, C. **Seda une Bratac e assentados em Bastos**. 2006 Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/resenhaeletronica/ImprimeMatéria.asp?cod=263760>>. Acesso em: 21 out. 2007.

CHALUVACHARI; BONGALE, U. D. Evaluation of leaf quality of some germoplasm genotypes of mulberry through chemical analysis and bioassay with silkworm, *Bombyx mori* L. **Indian Journal of Sericulture**, v.34, n.2, p.127-132, 1995.

CIFUENTES C., C. A.; SOHN, K. W. **Manual técnico de sericicultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico**. Pereira, Convenio SENA-CDTS, 1998.

COMMISSION SÉRICICOLE INTERNATIONALE. **Non reeling method**. Disponível em: <<http://www.inserco.org/reglement.php?rub=2>>. Acesso em: 29 mar. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento/MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. **Exportações**. 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/indicadores/0205_balanca_exportacao.xls>. Acesso em: 18 jun. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento/MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. **Conjuntura da seda**. Jun. 2006. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/cas/semanais/semana05a09062006/conjuntura_seda_05_a_09_d_jun_de_2006.pdf>. Acesso em: 21 out. 2007.

CTCS – PR - Câmara Técnica do Complexo da Seda do Estado do Paraná. Relatório Takii. **Perfil da sericicultura no Estado do Paraná**. Safra 2006/2007. Curitiba. 2007.

DADD, R. H. Qualitative requirements and utilization of nutrients: insects. In: RECHCIGL Jr., M. ed., **CRC Handbook. Series in Nutrition and Food. Section D. Nutritional Requirements**. Cleveland, CRC Press, 1977, v.1. p.305-346.

DINGLE, J. G. et al. **Silk production in Austrália**. ACT: RIRDC (Publication n. 05/145), 2005.

ESWARAN, R.; SEVERKODIYONE, S. P.; BASKARAN, S. Effect of 3% suspensions of whet and tapioca flours on cocoon characters and fecundity of mulberry silkworm, *Bombyx mori* Linn. **Journal of Experimental Zoology India**, v.7, n.1, p.161-164, 2004.

ETEBARI, K.; MATINDOOST, L. Application of multi-vitamins as supplementary nutrients on biological and economical characteristics of silkworm *Bombyx mori* L. J. **Asian-Pacific Entomol.**, v.8, n.1, p.107-112, 2005.

EVANGELISTA, A. **Índices Nutricionais e desempenho do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) alimentado com diferentes cultivares de amoreira**. 1994. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal.

FERNANDES, S. O. **Bicho-da-seda: produção cresce entre os pequenos**. 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8702>>. Acesso em: 21 out. 2007.

FIAÇÃO DE SEDA BRATAC. **Catálogo de cultivares de amoreira**. Bastos: Fiação de Seda BRATAC S.A. v.1, 2001.

FONSECA, A. S. et al. Perda de água pelas folhas de amoreira *Morus alba* L., nas esteiras de criação de bicho-da-seda, *Bombyx mori* L. **Boletim da Indústria animal.**, v.33, n.2, p.313-317, 1976.

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

GOERING, H. K.; VAN SOEST. **Forage Fiber Analyses. (Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications)**. Agricultural Handbook. n. 379, USDA, Washington D.C. 1970, 20 pp.

GOYAL, S. K.; TENGURIA, R. K.; SAXENA, R. C. Nutritional management of *Morus alba* for good quality cocoon production. **International Journal of Chemical Scienc.** v.1, n.4, p.440-445, 2003.

HAMANO, K., IKEDA, A., SHEN, W. Relationship between food consumption and molting of the silkworm, *Bombyx mori*. **Proceedings of the Japan Academy**, v.70, Ser. B, n.1. p.146-150, 1994.

HANADA, Y.; WATANABE, J. K. Manual de criação do bicho-da-seda. Curitiba: Cocamar, 1986.

HANIF, M. A.; ISLAN, B. N. Nutrient contents of mulberry leaves and their effect on silk production by *Bombyx mori* L. **Bangladesh Journal of Zoology**, Bangladesh, v.15, n.2, p.131-136, 1987.

ITO, T.; KOBAYASHI, M. Rearing of the silkworm. In: TAZIMA, Y. **The silkworm: an important laboratory tool**. Tokyo: Kodansha Ltd, 1978. cap. 5, p.83-102.

ITO, T. Silkworm nutrition. In: TAZIMA, Y. **The silkworm: an important laboratory tool**. Tokyo: Kodansha Ltd, 1978. cap. 7, p.121-157.

JAVED, H.; GONDAL, M. H. Effect of food supplementation by N and ascorbic acid on larval mortality of silkworm (*Bombyx mori* L.). **Asian Journal of Plant Sciences**, v.1, n.5, p.556-557, 2002.

KASTURI BAI, A. R., Sience and study of the silkworm. **Sericologia**, Lyon, v.24, n.4, p.455-471, 1984.

KERENHAP, W.; THIAGARAJAN, V.; KUMAR, V. Biochemical and bioassay studies on the influence of different organic manures on the growth of mulberry variety V₁ and silkworm, *Bombyx mori* Linn. **Caspian Journal Environment Science**. v.5, n.1, p.51-56, 2007.

KIM, B. H. **Raw silk reeling**. Sri Lanka: Associated Business Centre Limited Colombo, 1989.

KOGAN, M.; COPE, D. Feeding and nutrition associated with soybeans. 3. Food intake, utilization and growth in the soybean looper *Pseudoplusia includens*. **Annals of the Entomological Society of America**, v.67, p.66-72, 1974.

LEE, Y. Silk reeling and testing manual. **Fao Agricultural Services Bulletin**, n.136 1999. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x2099E/x2099e00.htm#con>>. Acesso em: 29 out. 2007.

MAHMOOD, R.; MUHAMMAD, T. J.; MUHAMMAD, I. K. Effects of food from mulberry treated with urea “N” on larval development and cocoon weight of silkworm (*Bombyx mori* L.). **Journal of Research (Sciences)**, v.12, n.2. p.123-129, 2001.

MAHMOOD, R.; MUHAMMAD, T. J.; MUHAMMAD, I. K. Effect of nitrogen (Farm yard manure + Urea) treated mulberry trees on the larval development and cocoon weight of silkworm, (*Bombyx mori* L.). **Asian Journal of Plant Sciences**, v.1, n.2. p.93-94, 2002.

MENDONÇA, G.A. **Utilização de híbridos de amoreira na produção de casulos do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.)**. 1994. 59p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MENEGUIM, A.M. et al. Influência de cultivares de amoreira *Morus* spp. Sobre a produção e qualidade de casulos de bicho-da-seda, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Neotropical Entomology**, v.36, n.55, p.670-674, 2007.

MIRANDA, J. E., BONACIN, G. A.; TAKAHASHI, R. Produção e qualidade de folhas de amoreira em função da época do ano e de colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.499-504, 2002.

MIRANDA, J. E.; TAKAHASHI, R.; SILVA, A. F. Efeitos de genótipos de amoreira sobre o desenvolvimento e a produção do bicho-da-seda. **Revista de Agricultura**, v.74, p.69-177, 1999.

NAGADEVARA, V. **Composite quality index of silk cocoons_application of discriminant analysis**. 2004. Journal of the Academy of Business and Economics. Disponível em: <http://findarticles.com/p/articles/mi_m0OGT/is_1_4/ai_n8690412>. Acesso em: 18 mai. 2008.

NARASIMHAMURTY, C. V.; DONATUS, E.; PILLAI, S. V. Chemical composition of mulberry during preservation and leaf storage. **Sericologia**, v.27, n.4, p.623-627, 1987.

NEGREIROS, J. **Biologia comparada em nutrição quantitativa de *Philosamia ricini* (Drury, 1777) (Lepidoptera-Saturnidae) em quatro genótipos de mamona (*Ricinus communis* L.)** 1989. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz /USP, Piracicaba.

OKAMOTO, F.; RODELLA, R. A. Produção de casulos do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) e sua relação com características morfológicas e bromatológicas da folha de amoreira (*Morus* spp.). **Boletim da Indústria Animal**, v.61, n.2, p.91-99, 2004.

OKAMOTO, F.; RODELLA, R. A. Características morfo-anatômicas e bromatológicas de folhas de amoreira em relação às preferências do bicho-da-seda. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.195-203, 2006.

PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A. R.; Parra, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas aplicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. cap. 2, p.9-66.

PARRA, J. R. P.; KOGAN, M. Comparative analysis of methods for measurements of food intake and utilization using the soybean looper, *Pseudoplusia includens* and artificial media. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.30, n.1, p.45-57, 1981.

PATIL, S. V.; DANDIN, S. B.; MALLIKARJUNAPPA, R. S. Evaluation of improved mulberry genotypes based on leaf yield, quality and bioassay using silkworm race, PM x NB4D2. **Indian Journal of Sericulture**, v.42, n.1, p.61-62, 2003.

PAUL, D. C.; SUBBA RAO, G.; DEB, D. C. Impact of dietary moisture on nutritional indices and growth of *Bombyx mori* and concomitant larval duration. **Journal Insect Physiology**, v.38, n.3, p.229-235, 1992.

PELICANO, A. et al. Calidade de hojas de morera y su influencia en la cria del gusano de seda, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Idesia**, v.22, n.2, p.49-53, 2004.

PETKOV, M.; MIRCHEVA, D. Composition and digestibility of nutrients in leaves of different mulberry varieties in experiment with silkworms. Zhivotnov " dni Nauki v. 19, n. 3, p. 123-128, 1979. apud **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.51, n.5, p.372, 1981.

PORTO et al. Consumo e utilização do alimento pelo bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.), alimentado com dois cultivares de amoreira em diferentes idades de corte. **Ciência Animal Brasileira**. v.7, n.2, p.53-166, 2006.

PORTO, A. J.; Okamoto, F.; Almeida, J. E. Effect de quatre clones de Murier (*Morus* spp.) a trois estades de developpement sur lês caracteristiques du cocon du ver a soie (*Bombyx mori* L.). **Sericologia**, v.38, n.2, p.347-351, 1998.

PORTO, A. J. **Efeito da idade de corte de dois cultivares de amoreira no desempenho e características do casulo do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.

PORTO, A. J. Aspectos nutricionais do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.59, n.1, p.79-99, 2002.

PORTO, A. J.; OKAMOTO, F. Sistemas de utilização de dois cultivares de amoreira em duas idades de crescimento vegetativo, no desempenho do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.57, n.2, p.171- 178, 2000.

PORTO, A. J.; OKAMOTO, F.; OTSUK, I. P. Estudo de cultivares de amoreira e de técnicas de manejo alimentar no desempenho do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.60, n.1, p.71-82, 2003.

PUROHIT, K. M.; KUMAR, T. P. Influence of various agronomical practices in Indian on the leaf quality in mulberry, a review. **Sericologia**, v.36, n.1, p.27- 41, 1996.

RAJABI KANAFI, R. et al. A review on nutritive effect of mulberry leaves enrichment with vitamins on economic traits and biological parameters of silkworm *B. mori* L. **Invertebrate Survival Journal**, Iran, v.4, n.2, p.86-91, 2007.

RAHMATHULLA, V. K. et al. Association of moisture content in mulberry leaf with nutritional parameters of bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.). **Acta Entomologica Sinica**, v.47, p.701-704, 2004.

RIZZARDI, C.; ALLARA, G. Curso de formacion sericola. **Artesanias de america**, Cuenca, n.58, p.33-74, 2005.

SAKAGUCHI, B. Postembrionic development of the silkworm. In: TAZIMA, Y. **The silkworm: an important laboratory tool**. Tokyo: Kodansha Ltd, 1978. cap. 3, p.31-51.

SÁNCHEZ, M. D. Mulberry: an exceptional forage available almost worldwide. **World Animal Review**, FAO, Roma, v.93, n.1, p.21, 2000.

SÁNCHEZ, M. D. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org//DOCREP/005/X9895E/x9895e02.htm>>. Acesso em 26 jun. 2008.

SANNAPPA, B. et al. Influence of nitrogenous source fertilizers on yield and foliar constituents of rainfed mulberry. **Mysore Journal of Agricultural Sciences.**, v.34, p.147-152, 2000.

SARKAR, A. Effects of feeding different races of silkworm (*Bombyx mori* L.) with mulberry (*Morus indica* L.) leaves varying in ploidy level. **Sericologia**, v.33, n.1, p.25-34, 1993.

SCARPELLI, E. et al. Análise química da folha da amoreira *Morus alba* L. **Boletim Técnico de Sericicultura**, v.54, p.1-11, 1969.

SCHOESER, M. **Silk**. New Haven and London: Yale University Press, 2007.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY Jr., F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.26, p.183-211, 1981.

SHANKAR, M. A. et al. Response of silkworm (*Bombyx mori* L.) to mulberry varieties, spacing and potassium sources under rainfed condition. **Crop Research**, v.24, n.1, p.53-57, 2002.

SHANKAR, M. A.; RANGASWAMY, B. T. Effect of applied nitrogen and potassium on mulberry leaf yield and quality in relation to silkworm cocoon characters. **Better Crops International**, v.13, n.2, p.20-21, 1999.

SHANKAR, M. A.; SHIVASHANKAR, K. Effect of sources of nitrogen on filament length, cocoon yield and silk quality. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v.28, p.157-164, 1994.

SHANKAR, M. A.; SHIVASHANKAR, K.; DEVAIAH, M. C. Effect of feeding mulberry leaves deficient in secondary nutrients on larval growth, development, cocoon weight and silk quality. **Sericologia**, v.34, n.3, p.511-518, 1994.

SILVA, D. J. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1988.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. Viçosa. UFV, 2002.

SLANSKY, F., SCRIBER, J.M. Food consumption and utilization. In: KERKUT, A.A., GILBERT, L.I. Eds. **Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology**. Oxford: Pergamon Press, 1985. Cap. I. p.87-163.

SLANSKY Jr., F.; RODRIGUEZ, J. G. Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview. In: SLANSKY Jr., F.; RODRIGUEZ, J. G. eds., **Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders, and Related Invertebrates**. New York. J. Wiley & Sons, 1987, p.1- 69.

SOARES JUNIOR, D. Relações contratuais no sistema agroindustrial da seda: uma análise a partir da nova economia das instituições. In: III SemeAd, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EAD/FEA/USP, out. 1998.

SOLDEVILLA, G. F. Influencia de la altura de corte sobre los rendimientos de biomassa de la morera (*Morus alba*). **Revista Computadorizada de Producción Porcina**. v.11, n.2, p.57-67, 2004.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SUSHEELAMMA, B. N.; DANDIN, S. B.; URS, M. K. P. Studies on interrelationship of agro-biological traits of mulberry with qualitative traits of silkworm (*Bombyx mori* L.). **Advances in Plant Sciences**, v.19, n.1, p.239-242, 2006.

TAKABAYASHI, C. et al. Comparative studies between exfoliation reeling tension and reeling performance of indian pure and hybrid races. **Sericologia**, v.34, n.2, p.287-300, 1994.

TAKAHASHI, R.; LANDIM, C. C.; KRONKA, S. N. Desenvolvimento da glândula sericígena do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) sob a influência dos diferentes tipos de adubação na amoreira. **B. Industr. Anim.**, v.47, n.2, p.121-125, 1990.

TAKAHASHI, R. **Características vegetativas e nutricionais de cultivares de amoreira utilizadas na alimentação do bicho-da-seda (*Bombyx mori*) (Lepidoptera-Bombycidae)**. 1996. Tese de Livre-docência - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, SP.

TAKAHASHI, R.; KRONKA, R. N. Efeitos dos diferentes tipos de adubação na produção de amoreira (*Morus alba*). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.46, n.1, p.157-164, 1989.

THANGAMANI, R.; VIVEKANANDAN, M. Physiological studies and leaf nutrient analysis in the evaluation of best mulberry varieties. **Sericologia**, v.24, n.3, p.317-324, 1984.

TINOCO, S. T. J. et al. **Manual de Sericicultura**. Campinas: CATI, 2000. (Manual Técnico 75).

VASUMATHI, B. V. et al. Studies on the relationship between cocoon parameters and raw silk uniformity characteristics. **Journal of Insect Biotechnology and Sericology**, v.73, p.47-56, 2004.

VENDRAMIM, J. D.; LARA, F. M.; PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de cultivares de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) por *Agrotis subterrânea* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera-Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v.12, n.2, p.129-144, 1983.

WALDBAUER, G. P. The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan.) (Lepidoptera: Sphingidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.7, n.3, p.253-269, 1964.

WALDBAUER, G. P. The consumption and utilization of food by insect. **Advances in Insect Physiology**, New York, v.5, p.229-288, 1968.

WATANABE, J. K.; YAMAOKA, R. S.; BARONI, S. A. **Cadeia produtiva da seda: diagnósticos e demandas atuais**. Londrina: IAPAR, 2000.