

GELEIA REAL E O SEU PAPEL NO SUPERORGANISMO *Apis mellifera*

Pedro da Rosa Santos¹; Heber Luiz Pereira¹; Regina Conceição Garcia²;
Vagner de Alencar Arnaut de Toledo^{1*}

SAP 17685 Data envio: 29/08/2017 Data do aceite: 08/01/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 1, jan./mar., p. 14-19, 2018

RESUMO - Nas abelhas da espécie *Apis mellifera*, tanto as operárias quanto as rainhas se desenvolvem a partir de ovos fertilizados. O alimento que as larvas recebem determinará o seu destino, rainha ou operária. Entretanto, esta simplificação encobre a beleza dos detalhes de um processo muito mais complexo. Por esse motivo, a geleia real tem atraído o interesse de muitos pesquisadores, tanto na área da biologia comportamental quanto na de nutrição de abelhas. Diante disso, o objetivo deste trabalho é sintetizar a importância da geleia para os indivíduos que compõem o superorganismo numa colônia de abelhas melíferas, divulgando os estudos mais recentes sobre o tema, bem como sua produção comercial e a situação atual do mercado internacional na comercialização desse produto.

Palavras-chave: abelhas africanizadas, colônia, produção apícola, seleção genética.

ROYAL JELLY AND ITS ROLE IN SUPERORGANISM Apis mellifera

ABSTRACT - In *Apis mellifera* honeybees, both workers and queens are developed from fertilized eggs. The food that the larvae receive will determine their fate, queen or worker. However, this simplification masks the beauty of the details of a much more complex process. For this reason, royal jelly has attracted the interest of many researchers, both in the field of behavioral biology and honeybee nutrition. Therefore, the objective of this review is to synthesize the importance of the royal jelly to the individuals that compose superorganism in a honeybee colony, spreading the most recent studies on the subject, as well as its commercial production and an updated situation of the international market in the commercialization of this product.

Key words: Africanized honeybees, colony, beekeeping production, genetic selection.

INTRODUÇÃO

A uniformidade genética das células de um organismo é considerada como a principal diferença entre organismos individuais e superorganismos. Embora as células transportem o código genético completo, os próprios órgãos não podem sobreviver fora do organismo, que é a unidade central da seleção natural. A expressão dos genes em um órgão pode ter várias interações com a expressão dos genes em outros órgãos, no entanto, um superorganismo é composto por diferentes organismos geneticamente distintos e nem todo o gene é expresso em superorganismo, mas sim em cada organismo. Portanto, uma abelha é considerada um organismo e uma colônia de abelhas é considerada um superorganismo (MORITZ; SOUTHWICK, 1992).

Superorganismo também pode ser visto como uma unidade cooperativa que “programa” seus genes, classifica um grupo de células como um único organismo. Em muitas espécies de insetos sociais, podem existir lutas (conflitos) entre os membros do sexo feminino (operária e rainha) para ver quem irá realizar a postura dos ovos, em superorganismo isso não é muito comum (SEELEY, 2001). Apesar de todos os estressores que as abelhas enfrentam como patógenos, parasitas, pesticidas e manejo,

são resilientes e características de superorganismo as ajudam a combater essas ameaças quase constantes (SIMONE-FINSTROM, 2017; SPONSLER; JOHNSON, 2017).

A nutrição desempenha papel importante na resistência ao desequilíbrio fisiológico e, por meio do ajuste no consumo de nutrientes, como proteínas e carboidratos, muitos animais podem resistir melhor ao estresse. Uma nutrição deficiente pode contribuir para a diminuição da população de abelhas, aumentando sua vulnerabilidade a fatores de estresse abióticos, como pesticidas, e bióticos, como doenças (ARCHER et al., 2014).

Quando se fala em nutrição de abelhas, um dos temas mais relevantes é alimentação das crias da rainha. Nesse ponto a geleia real é quem assume o protagonismo, uma vez que se trata de uma secreção sintetizada pelas abelhas operárias para nutrir todas as larvas da colônia durante os três primeiros dias de vida. Após esse período, apenas as larvas de rainha continuam recebendo geleia real (HAYDAK, 1970; WYTRYCHOWSKI et al., 2013). A geleia real é o resultado da combinação de substâncias secretadas pelas glândulas hipofaríngeas e mandibulares das abelhas nutrízes. A combinação dessas substâncias

¹Dr., Universidade Estadual de Maringá (UEM), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Av. Colombo, 5790, Jardim Universitário, Maringá, Paraná. CEP 87020-900. E-mail: peter.zootecnia@gmail.com, heberlp@gmail.com, abelha.vagner@gmail.com. *Autor para correspondência.

²Dr^a., Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Rua Pernambuco, 1777, Centro, Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná. CEP 85960-000. E-mail: garcia.regina8@gmail.com

gera um produto de coloração amarelada, cremosa, viscosa e com sabor levemente picante (HAYDAK, 1970; MÄRGHITAŞ, 2008). Os principais constituintes da geleia real são: água (60% a 70%), açúcares (7% a 18%), proteínas (12% a 15%), gorduras (3% a 8%) e pequenas quantidades de minerais e vitaminas. Época do ano, espécie da abelha, clima, estado nutricional, método de produção e idade da larva podem alterar a composição química da geleia real, embora seus constituintes se mantenham relativamente constantes (LIU et al., 2008).

A geleia real é um produto derivado da colônia que pode ser produzido praticamente quase o ano inteiro em países de clima tropical, em regiões que possuem o clima com temperatura mais ou menos uniforme durante o ano. Isso porque mesmo quando há escassez no fluxo de néctar e pólen, as colônias podem receber suplementação alimentar sem comprometer o desenvolvimento natural, permitindo ao apicultor obter renda com suas colônias em períodos em que não há produção de mel (QUEIROZ et al., 2001).

Baseado nisso, este trabalho tem por objetivo revisar o papel e a importância da geleia real no desenvolvimento da colônia e dos indivíduos que compõem o superorganismo. São abordados também aspectos relacionados ao manejo de produção da geleia real e o potencial de crescimento de mercado desse produto no Brasil.

O PAPEL DA GELEIA REAL

A produção de geleia real se inicia poucos dias após a abelha operária emergir e reduz-se por volta do 10º dia. Após esse período produtivo há uma queda natural de produção devido à atrofia das glândulas hipofaringeanas e mandibulares, que podem retomar a produção caso haja necessidade da colônia, mesmo em abelhas forrageiras com mais de 30 dias de idade (RIBBANDS, 1952; FREE, 1980; WINSTON, 1991).

Feng et al. (2009) observaram que após o atrofiamento das glândulas cefálicas, as abelhas nutrizas se tornam abelhas campeiras e iniciam a secreção de outras enzimas, como a invertase. Goblirsch et al. (2013) relataram que durante períodos de estresse na colônia, seja por parasitas ou escassez de alimento, as abelhas operárias aumentam a produção do hormônio juvenil, responsável pela mudança na função da operária, que passa de abelha nutriz para abelha forrageira. Devido à alimentação das rainhas, tanto na fase larval quanto na fase adulta, ser composta somente por geleia real, acredita-se que essa substância contém moléculas que desempenham papel essencial na diferenciação das castas e na longevidade das rainhas (KUCHARSKI et al., 2008; KAMAKURA, 2011; PAVEL et al., 2014).

Para produzir geleia real, as operárias nutrizas precisam consumir pólen e serem estimuladas por fatores internos, como área de cria aberta e densidade populacional, e externos, como atividade de forrageamento das abelhas campeiras. Esse status de nutriz possui certa flexibilidade, permitindo às abelhas adaptação rápida às necessidades e condições da colônia, podendo ocorrer

transição funcional conhecida como plasticidade fenotípica (SCHAFASCHEK et al., 2016).

A colônia é um reflexo de sua rainha, que faz com que a população da mesma varie de acordo com a sua capacidade reprodutiva, isto é, da quantidade de ovos por ela depositados diariamente e da capacidade dessa colônia de se adaptar a diferentes condições ambientais. Uma rainha de qualidade, com capacidade para depositar grande quantidade de ovos, conseqüentemente resultará em uma colônia bastante populosa (BIENEFELD et al., 2007), aumentando a demanda de produção de geleia real pelas abelhas nutrizas. Ainda, a produção de cria, ou seja, de indivíduos que irão originar as abelhas operárias adultas, depende diretamente de fatores climáticos e disponibilidade de alimento (COSTA et al., 2007).

PRODUÇÃO DE GELEIA REAL

Toda colônia, privada da rainha, inicia a produção de realeiras escolhendo larvas jovens, com até três dias após a eclosão do ovo, para criarem uma nova rainha. Nesse tipo de condição encontramos a geleia real em quantidade significativa; portanto, para estimular a produção da geleia real, devemos fazer ou simular que as abelhas operárias ou mesmo a colônia como um todo se sintam órfãs (ROVERA, 1999; VAN TOOR, 2006; FERT, 2013).

A geleia pode ser coletada pelo apicultor simplesmente retirando a rainha da colônia e, após três a quatro dias, colher a geleia real depositada nas realeiras formadas. Toledo et al. (2012) observaram que a presença da rainha na colônia de abelhas africanizadas, mesmo nova, não inibiu a construção de realeiras, tanto em épocas de abundância de alimento como de escassez, comprovando o comportamento enxameatório. Portanto, teoricamente, seria fácil promover a indução desse processo para produzir rainhas ou geleia real em colônias de abelhas africanizadas.

Na apicultura moderna, o processo de produção de geleia real é bastante semelhante ao de produção de rainhas descrito por Doolittle (1889). O processo envolve a formação de uma colônia, que possa ser dividida com tela excludora em duas partes, sendo que uma delas não recebe a visita da rainha e as operárias são estimuladas, pela redução dos feromônios da rainha circulantes na colmeia, a criar novas rainhas.

As abelhas nutrizas são induzidas a secretar e depositar geleia real para alimentar as larvas em células artificiais para rainhas, contendo larvas recém-eclodidas (VAN TOOR, 2006). Para melhor aceitação das larvas transferidas, as mesmas devem ter até 36 h de vida ou, preferencialmente, menos, após a eclosão (ABD AL-FATTAH et al., 2003). As colônias escolhidas para produção de geleia real devem estar saudáveis e populosas. O primeiro passo é isolar a rainha na colmeia com tela excludora, colocando-se um sobreninho com um quadro porta-cúpulas entre dois favos contendo, preferencialmente, larvas com idade superior a 36 h de vida e pupas. Esses favos devem ser trocados periodicamente, a cada 10 dias, por novos favos contendo

também larvas mais velhas e cria fechada, assim como se realiza o manejo para produção de rainhas (FERT, 2013).

A divisão da colmeia em duas partes, isolando-se a rainha em uma delas, como citado anteriormente, tem o intuito de reduzir a quantidade de feromônio liberado pela rainha na parte órfã, estimulando as operárias a criar novas rainhas (VAN TOOR, 2006). Além disso, como a rainha isolada não tem acesso às realeiras recém construídas e aceitas, nenhuma das rainhas que estão sendo produzidas será morta pela rainha da colônia.

A produção de geleia real pode ser uma alternativa de renda para apicultores de regiões onde a produção de mel é baixa, em períodos de pouca florada ou regiões canavieiras, onde o melato da cana tem menor aceitação e menor valor de mercado se comparado ao mel tradicional. Conhecendo a importância do pólen para o adequado desenvolvimento da colônia, muitos apicultores procuram fornecer suplementação proteica durante os períodos de baixa florada. Quanto mais cria aberta estiver presente na colônia, maior será o estímulo de feromônios para que as abelhas nutrizas consumam maior quantidade de pólen para alimentar as larvas e a rainha (PANKIW et al., 2008).

Garcia e Nogueira-Couto (2005) e Toledo et al. (2010) obtiveram resultados que indicam influência de fatores ambientais, como temperatura máxima e umidade relativa do ar sobre aceitação das larvas transferidas, ou seja, temperaturas mais altas e com alta umidade favorecem a produção de geleia real. Faquinello et al. (2011) confirmaram que a produção de geleia real sofre grande influência do ambiente e afirmaram que a seleção para aumentar a produção por colônia aumentará a aceitação de larvas e a quantidade de geleia por cúpula.

A Universidade Estadual de Maringá, por meio do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, vem realizando, desde 2003, estudos sobre o melhoramento de características produtivas como a produção de mel e geleia real. Um dos primeiros trabalhos desenvolvidos foi o de Mouro e Toledo (2004) para avaliar a produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas e híbridas de cárnica na cidade de Maringá, Estado do Paraná. Subsequentemente, Toledo e Mouro (2005) avaliaram a produção de geleia real em colônias de abelhas europeias *Apis mellifera carnica* híbridas, em comparação às africanizadas selecionadas para a produção de geleia real, obtendo bons resultados com as abelhas africanizadas e indicando que esta abelha possui um alto potencial de seleção para produção de geleia real.

A partir de 2006, o programa de seleção passou a ser acompanhado pela genotipagem dos melhores indivíduos associando o marcador MRJP3 com a produção de geleia real (RUVOLO-TAKASUSUKI et al., 2016). Parpinelli et al. (2014) verificaram que a seleção de rainhas de *A. mellifera* africanizadas está mantendo os alelos *C*, *D* e *E* do loco MRJP3, sendo que os alelos *D* e *E* desse locus estão em maior frequência nas rainhas analisadas com melhores resultados produtivos.

Ostrovski-Tomporski et al. (2016) concluíram que os alelos *C*, *D* e *E* são os mais importantes quando as

características de produção avaliadas são a aceitação de larvas e produção de geleia real total por colônia e por cúpula, e destaca os genótipos *DE*, *DC* e *CE* que devem ser mantidos. Avaliando o grupo selecionado para geleia real, Schafaschek et al. (2016) observaram maior área de cria operculada e a infestação por *Varroa destructor* menor aos 90 dias quando comparado com colônias sem seleção.

QUALIDADE DA GELEIA REAL

Além de ser um produto essencial para a sobrevivência da colônia, diversas pesquisas têm demonstrado benefícios do consumo de geleia real na saúde humana, atuando principalmente como anti-inflamatório, antioxidante, bactericida e antitumoral, entre outros (MARTOS et al., 2008). Somado aos benefícios para a saúde, o alto valor de mercado tem atraído o interesse de diversos países em melhorar a qualidade e incentivar a produção da geleia real por parte dos apicultores. Ramadan e Al-Ghamdi (2012) observaram que a geleia real é utilizada na alimentação humana, em produtos medicinais e cosméticos.

Contudo, o mercado internacional exige não apenas quantidade, mas também qualidade, e nesse aspecto tem surgido diversos estudos comparando a geleia real produzida em diferentes regiões geográficas (ZHENG et al., 2011; BALKANSKA et al., 2012; WEI et al., 2013; WYTRYCHOWSKI et al., 2013). Por exemplo, Ferioli et al. (2007) encontraram que a geleia real produzida na Itália teve qualidade nutricional superior do que a produzida fora do continente europeu.

Uma das formas de se verificar a autenticidade e qualidade da geleia real é por meio quantificação de um ácido graxo específico da geleia real, conhecido como ácido 10-hidróxi-2-decenoico, também chamado de 10-HDA (SABATINI et al., 2009). Em virtude do ácido 10-HDA ser um marcador de qualidade, atualmente a quantidade desse ácido tem sido utilizada como parâmetro para determinar o preço da geleia real no mercado internacional (WEI et al., 2013). A quantidade mínima de 10-HDA deve ser de 1,4%, sendo que valores acima de 1,8% na geleia real permitem classificá-la como de qualidade superior (AQSIQ, 2008).

Sereia e Toledo (2013) não encontraram diferenças significativas na qualidade microbiológica da geleia real produzida em colônias de abelhas africanizadas recebendo suplementação proteica quando comparadas àquelas sem suplementação. Além disso, Sereia et al. (2010) verificaram que a suplementação proteica de abelhas africanizadas é rentável para o apicultor, pois o lucro obtido com a produção é maior que o investimento com a raça.

MERCADO PARA GELEIA REAL

Em um mercado ainda em franca expansão, a China domina a produção de geleia real, sendo responsável pela produção de aproximadamente 95% da produção mundial, o que representa cerca de 3.000 ton/ano (ZHENG et al., 2011; CAO et al., 2016). Zheng et al. (2011) relataram como a China se tornou o maior produtor de geleia real do mundo. Estes autores observaram que, com

incentivo governamental, as colônias de abelhas passaram por um processo de seleção e melhoramento genético durante décadas, permitindo a formação de uma nova linhagem de abelhas com alta produção de geleia real, conhecida como Zhejiang Royal Jelly Bee, que está espalhada atualmente por quase todo território chinês. Novas ferramentas e técnicas modernas permitiram ainda o uso da inseminação instrumental de rainhas, facilitando o controle de cruzamentos e a seleção para melhorar geneticamente as colônias voltadas para uma determinada característica produtiva.

Além disso, outras inovações para elevar a produção de 300 g de geleia real por colônia, ao ano, em 1980, para quase 10 kg por colônia, por ano, atualmente, foi o uso das cúpulas de maior volume, maior densidade de cúpulas por colônia e técnica de transferência de larvas em grande quantidade simultaneamente (CHEN et al., 2002; WU et al., 2015; CAO et al., 2016), o que permitiu aos apicultores maior agilidade e eficiência no manejo para produção de geleia, conseqüentemente, aumentando a produtividade. As empresas voltadas para o ramo da apicultura na China movimentaram juntas mais de US\$ 1,2 bilhões anualmente (ZHENG et al., 2011).

Embora seja uma área do agronegócio que cresce em ritmo acelerado no mundo (KHAN et al., 2009), a apicultura no Brasil ainda está atrás de muitos países de menor expressão no cenário mundial. A produtividade de mel no país é baixa, com média de 18 kg de mel por colônia anualmente (IBGE, 2013), por falta de incentivo governamental e utilização de tecnologia obsoleta e/ou falta de uso de tecnologia de ponta.

No Brasil, a produção de geleia real é praticamente insignificante, não sendo suficiente nem mesmo para abastecer o mercado interno. Apesar do número crescente nos valores de exportação de mel nos últimos anos, a apicultura brasileira passa por um momento de estagnação tecnológica. Isto é, os apicultores pensam que somente a qualidade genética das abelhas é suficiente para aumentar a produção. Porém, praticamente não se tem apresentado evolução significativa do seu potencial genético uma vez que para isso, deveria ter utilização de novas tecnologias. Com relação a este ponto, Almeida e Carvalho (2009) afirmaram que para se inserir no mercado internacional cada vez mais competitivo dos produtos apícolas, é preciso que os apicultores brasileiros inovem no gerenciamento e na utilização de tecnologias, passando a tratar a apicultura com uma visão empresarial e empreendedora.

O nível tecnológico é um fator determinante e as inovações são imprescindíveis para os ganhos de competitividade (KHAN et al., 2009). Por exemplo, a suplementação balanceada com base nas necessidades nutricionais das abelhas é um fator tecnológico e inovador que contribui para aumentar a aceitação de larvas transferidas e a produção de geleia real (SEREIA et al., 2010; TOLEDO et al., 2012). Em breve, teremos mais informações técnicas sobre nutrição de abelhas africanizadas aliada à produção.

CONCLUSÕES

Considerando estas informações, a produção de geleia real deve ser vista de forma mais profissional, visando maiores índices de produtividade, sendo que o melhoramento genético aliado a novas tecnologias poderão tornar rentável esse tipo de exploração. Para isso é de vital importância o estudo de novas técnicas de manejo e produção em colônias de abelhas africanizadas, bem como o desenvolvimento de programas de melhoramento genético com foco em seleção, para aumentar a produção e a produtividade da geleia real em colônias de abelhas africanizadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação Araucária (FA), pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD AL-FATTAH, M.A.; EL-BASIONY, M.N.; MAHFOUZ, H.M. Some environmental factors affecting the quality of artificial reared queens, (*Apis mellifera* L.) in north Sinai region, Egypt. **Mansoura University Journal of Agricultural Science**, Mansoura, v.28, n.8, p.6407-6417, 2003.
- ALMEIDA, M.A.D.; CARVALHO, C.M.S. **Apicultura: uma oportunidade de negócio sustentável**. Salvador: SEBRAE, 2009. 52p.
- AQSIQ. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of People's Republic of China. **The quality standard of royal jelly**. Boletim, Beijing: AQSIQ, 2008.
- ARCHER, C.R.; PIRK, C.W.; WRIGHT, G.A.; NICOLSON, S.W. Nutrition affects survival in African honeybees exposed to interacting stressors. **Functional Ecology**, Londres, v.28, n.4, p.913-923, 2014.
- BALKANSKA, R.; ZHELYAZKOVA, I.; IGNATOVA, M. Physico-chemical quality characteristics of royal jelly from three regions of Bulgaria. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v.4, n.3, p.302-305, 2012.
- BIENEFELD, K.; EHRHARDT, K.; REINHARDT, F. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects - a BLUP - animal model approach. **Apidologie**, Cham, v.38, n.1, p.77-85, 2007.
- CAO, L.F.; ZHENG, H.Q.; PIRK, C.W.W.; HU, F.L.; XU, Z.W. High royal jelly-producing honeybees (*Apis mellifera ligustica*) (Hymenoptera: Apidae) in China. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v.109, n.2, p.510-514, 2016.
- CHEN, S.; SU, S.; LIN, X. An introduction to high-yielding royal jelly production methods in China. **Bee World**, Abingdon, v.83, n.2, p.69-77, 2002.
- COSTA, F.M.; MIRANDA, S.B.; TOLEDO, V.A.A.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; CHIARI, W.C.; HASHIMOTO, J.H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.29, n.1, p.101-108, 2007.
- DOOLITTLE, G.M. **Scientific queen rearing**. In: NEWMAN, T.; SON, A. (Eds.). Chicago: 1889. 184p.

- FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.M.; OLIVEIRA, C.A.L.; SEREIA, M.J.; COSTA-MAIA, F.M.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Parameters for royal jelly production in Africanized honeybees. **Sociobiology**, Feira de Santana, v.57, n.3, p.495-509, 2011.
- FENG, M.; FENG, Y.; JIANKE, L. Proteomic analysis of honeybee worker (*Apis mellifera*) hypopharyngeal gland development. **BMC Genomics**, Londres, v.10, n.1, 2009.
- FERIOLI, F.; MARCAZZAN, G.L.; CABONI, M.F. Determination of (E)-10-hydroxy-2-decenoic acid content in pure royal jelly: a comparison between a new CZE method and HPLC. **Journal of Separation Science**, Weinheim, v.30, n.7, p.1061-1069, 2007.
- FERT, G. **Apicultura: criação de reinas**. Madrid: Mundi-Prensa, 2013. 128p.
- FREE, J.B. **A organização social das abelhas (Apis)**. São Paulo: EDUSP, 1980. 79p.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geleia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.27, n.1, p.17-22, 2005.
- GOBLIRSCH, M.; HUANG, Z.Y.; SPIVAK, M. Physiological and behavioral changes in honey bees (*Apis mellifera*) induced by *Nosema ceranae* infection. **PLoS One**, San Francisco, v.8, p.e58165, 2013.
- HAYDAK, M. H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.15, n.1, p.143-156, 1970.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas nacionais trimestrais**. 20ª ed.: Brasília: IBGE, 2013.
- KAMAKURA, M. Royalactin induces queen differentiation in honeybees. **Nature**, Basingstoke, v.473, n.7348, p.478-483, 2011.
- KHAN, A.S.; MATOS, V.D.; LIMA, P.V.P. Desempenho da apicultura no estado do Ceará: competitividade, nível tecnológico e fatores condicionantes. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.47, n.3, p.651-676, 2009.
- KUCHARSKI, R.; MALESZKA, J.; FORET, S.; MALESZKA, R. Nutritional control of reproductive status in honeybees via DNA methylation. **Science**, Washington, v.319, n.5871, p.1827-1830, 2008.
- LIU, J.R.; YANG, Y.C.; SHI, L.S.; PENG, C.C. Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.56, n.23, p.11447-11452, 2008.
- MĂRGHITAS, L.A. **Albinele și produsele lor**. București, ROM: Ceres, 2008. 393p.
- MARTOS, M.V.; NAVAJAS, Y.R.; LOPEZ, J.F.; ALVAREZ, J.A. Functional properties of honey, propolis and royal jelly. **Journal of Food Science**, Chicago, v.73, n.9, p.117-124, 2008.
- MORITZ, R.F.A.; SOUTHWICK, E.E. **Bees as superorganisms: an evolutionary reality**. Springer Science & Business Media, New York: Springer-Verlag, 1992. 395p.
- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Evaluation of *Apis mellifera* Carniolan and Africanized honey bees in royal jelly production. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.3, p.469-476, 2004.
- OSTROVSKI-TOMPOROSKI, K.R.; FAQUINELLO, P.; COSTA-MAIA, F.M.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; SANTOS, P.R.; TOLEDO, V.A.A. **Breeding program design principles for royal jelly**. In: CHAMBÓ, E.D. (Ed.). Beekeeping and bee conservation - advances in research. 1ª ed. Rijeka: InTech, 2016. p.39-62.
- PANKIW, T.; SAGILI, R.R.; METZ, B.N. Brood pheromone effects on colony protein supplement consumption and growth in the honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) in a subtropical winter climate. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v.101, n.6, p.1749-1755, 2008.
- PARPINELLI, R.S.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; TOLEDO, V.A.A. MRJP microsatellite markers in Africanized *Apis mellifera* colonies selected on the basis of royal jelly production. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.13, n.3, p.6724-6733, 2014.
- PAVEL, C.I.; MĂRGHITAS, L.A.; DEZMIRAN, D.S.; TOMOS, L.I.; BONTA, V., SAPCALIU, A.; BUTTSTEDT, A. Comparison between local and commercial royal jelly - use of antioxidant activity and 10-hydroxy-2-decenoic acid as quality parameter. **Journal of Apicultural Research**, Abingdon, v.53, n.1, p.116-123, 2014.
- QUEIROZ, M.L.; BARBOSA, S.B.P.; AZEVEDO, M. Produção de geleia real e desenvolvimento de abelhas *Apis mellifera*, na região semi-árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.2, p.449-453, 2001.
- RAMADAN, M.F.; AL-GHAMDI, A. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: a review. **Journal of Functional Foods**, Nova Iorque, v.4, n.1, p.39-52, 2012.
- RIBBANDS, C.R. Division of labour in the honeybee community. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, Londres, v.140, n.898, p.32-43, 1952.
- ROVERA, D.A. **Producción de jalea real**. Buenos Aires: Off Set 25, 1999. 134p.
- RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; POZZA, A.P.B.C.; OLIVEIRA, A.P.N.Z.; PARPINELLI, R.S.; COSTA-MAIA, F.M.; FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A. **Improvement and selection of honeybees assisted by molecular markers**. In: CHAMBÓ, E.D. (Ed.). Beekeeping and bee conservation - advances in research. 1ª ed. Rijeka: InTech, 2016. p. 63-75.
- SABATINI, A.G.; MARCAZZAN, G.L.; CARBONI, M.F.; BOGDANOV, S.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B. Quality and standardisation of royal jelly. **Journal of ApiProduct and ApiMedical Science**, Bristol, v.1, n.1, p.1-6, 2009.
- SCHAFASCHEK, T.P.; HICKEL, E.R.; PEREIRA, H.L.; OLIVEIRA, C.A.L.; TOLEDO, V.A.A. Performance of Africanized honeybee colonies settled by queens selected for different traits. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.38, n.1, p.91-100, 2016.

- SEELEY, T.D. The honey bee colony as a superorganism. In: SHERMAN, P.W.; ALCOCK, J. **Exploring animal behavior**. 3ª ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2001. p.294-301.
- SEREIA, M.J.; TOLEDO, V.A.A. Quality of royal jelly produced by Africanized honeybees fed a supplemented diet. **Food Science and Technology**, Campinas, v.33, n.2, p.304-309, 2013.
- SEREIA, M.J.; TOLEDO, V.A.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; SEKINE, E.S.; FAQUINELLO, P.; COSTA-MAIA, F.M. Viabilidade financeira da produção de geleia real com abelhas africanizadas suplementadas com diferentes nutrientes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.32, n.4, p.467-474, 2010.
- SIMONE-FINSTROM, M. Social immunity and the superorganism: behavioral defenses protecting honey bee colonies from pathogens and parasites. **Bee World**, Abingdon, v.94, n.1, p.21-29, 2017.
- SPONSLER, D.B.; JOHNSON, R.M. Poisoning a Society: A Superorganism Perspective on Honey Bee Toxicology. **Bee World**, Abingdon, v.94, n.1, p.30-32, 2017.
- TOLEDO, V.A.A.; MOURO, G.F. Produção de geléia real com abelhas africanizadas selecionadas e cárnicas híbridas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2085-2092, 2005.
- TOLEDO, V.A.A.; NOGUEIRA-COUTO, R.H.; MALHEIROS, E.B.; FAQUINELLO, P.; SEREIA, M.J. Produção de realeiras em colônias híbridas de *Apis mellifera* L. e longevidade de rainhas. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.5, n.2, p.176-185, 2012.
- TOLEDO, V.A.A.; NEVES, C.A.; ALVES, E.M.; OLIVEIRA, J.R.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; FAQUINELLO, P. Produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.32, n.1, p.93-100, 2010.
- VAN TOOR, R.F. **Producing royal jelly: a guide for the commercial and hobbyist beekeeper**. Tauranga, NZ: Bassdrum Books, 2006. 103p.
- WEI, W.T.; HU, Y.Q.; ZHENG, H.Q.; CAO, L.F.; HU, F.L.; HEPBURN, R. Geographical influences on content of 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid in royal jelly in China. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v.106, n.5, p.1958-1963, 2013.
- WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee**. London: Harvard University Press, 1991. 294p.
- WU, X.B.; ZHANG, F.; GUAN, C.; PAN, Q.Z.; ZHOU, L.B.; YAN, W.Y.; ZENG, Z.J. A new method of royal jelly harvesting without grafting larvae. **Entomological News**, Washington, v.124, n.4, p.277-281, 2015.
- WYTRYCHOWSKI, M.; CHENAVAS, S.; DANIELE, G.; CASABIANCA, H.; BATTEAU, M.; GUIBERTI, S.; BRION, B. Physicochemical characterization of French royal jelly: Comparison with commercial royal jellies and royal jellies produced through artificial bee-feeding. **Journal of Food Composition and Analysis**, Nova Iorque, v.29, n.2, p.126-133, 2013.
- ZHENG, H.Q.; HU, F.L.; DIETEMANN, V. Changes in composition of royal jelly harvested at different times: consequences for quality standards. **Apidologie**, Cham, v.42, n.1, p.39-47, 2011.
- ZHENG, H.Q.; WEI, W.T.; HU, F.L. Beekeeping industry in China. **Bee World**, Abingdon, v.88, n.2, p.41-44, 2011.