

Número floral, clima, densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)

Mairon M. Da Silva¹, Claudio H. Bruckner¹, Marcelo Picanço² y Adrián J. Molina-Rugama²

1 Dept. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

2 Dept. de Biología Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, Fax: (031)8992537 Correo electrónico: picanco@mail.ufv.br

Recibido 30-VII-1998. Corregido 25-III-1999. Aceptado 16-IV-1999.

Abstract: The relationship of weather conditions, passion fruit vines (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) flower number, density of carpenter bees (*Xylocopa* spp., Hymenoptera: Anthophoridae) and effective pollinization was studied in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. Low levels of viable fruits (14.3%) were observed when there were less flowers/row (<0.8 flowers in anthesis/linear meter). When densities of flowers in anthesis were between 0.8 and 1.2, there was a higher proportion of viable flowers and more visits by *Xylocopa* spp. (maximum: seven visits/flower). Above 1.2 flowers in anthesis/linear meter there was a linear increase in the proportion of viable fruits and visits by *Xylocopa* spp. However, numbers were lower than in days with 0.8-1.2 flowers in anthesis/linear meter. The highest bee density (ca. 49 bees/ha/hr) was between 2:00 and 3:00 pm (temperature, relative humidity and insolation around 26 °C, 55% and 0.6 respectively). At higher temperatures and relative humidities, there was a decrease in *Xylocopa* spp. density, while higher densities high at more elevated insolation.

Key words: Passifloraceae, bees, weather, fruit set, reproductive success.

Las flores del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) son hermafroditas; sin embargo, autoincompatibles, y necesitan de la polinización cruzada para la fructificación (Akamine & Girolami 1959, Bruckner *et al.* 1995). Sus características facilitan la polinización cruzada: flores grandes, atrayentes, colores vistosos, fuertes olores, polen denso y néctar en abundancia en la base de la corona (Leitão Filho & Aranha 1974, Semir & Brown 1975). La fase de antesis es rápida y sincronizada, iniciándose en torno de las 12 hr; las flores se abren una única vez y se cierran al anochecer, no obstante, si no son fertilizadas se secan y caen (Cobert & Willmer 1980).

Después de la fase de antesis, los filamentos se doblan hasta que la superficie estigmáti-

ca esté al mismo nivel de las anteras. El periodo efectivo de polinización es aquel comprendido entre la completa curvatura de los filamentos y el cierre de las flores. El tiempo desde la abertura de la flor hasta la curvatura de los filamentos es cerca de 90 min (Ruggiero *et al.* 1978, Cereda & Urashima 1989). Sin embargo, mientras más tarde se abra la flor y mayor sea el tiempo para la curvatura de los filamentos, menor será el periodo efectivo para la polinización, ya que el estigma sólo es receptivo el día de la abertura de la flor. De esta forma, los estigmas recurvados están en posición de ser tocados por los insectos polinizadores, facilitando la retención de los granos de polen (Akamine & Girolami 1959), observándose la dehiscencia de las anteras antes de la total abertura de la flor (Cobert & Willmer 1980).

La polinización cruzada en el cultivo de maracuyá se logra mediante polinizadores como las abejas del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae), conocida en Brasil como "mamangava". Camillo (1978) verificó que los polinizadores del maracuyá amarillo en la región de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, son *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa grisescens* y *Xylocopa suspecta*. Estas son especies grandes que pueden alcanzar hasta 45 mm de largo, el dorso es desprovisto de pelos, hay apenas dos generaciones por año y el número de individuos producidos por la hembra varía entre dos y ocho (Camillo *et al.* 1986). El substrato principal para la nidificación es la madera de eucalipto (Camillo & Garofalo 1982). Por otro lado, Ruggiero *et al.* (1976) mencionaron que el viento tiene poca importancia como agente polinizador, debido al peso del grano de polen.

Nishida (1963) observó que con el aumento del número de abejas *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el cultivo de maracuyá, hubo una reducción en su fructificación. También, verificó una correlación positiva entre el aumento de la población de *Xylocopa* spp. y la fructificación, concluyendo que estas especies fueron polinizadores más eficientes que *A. mellifera*. Sin embargo, el éxito de la polinización realizado por *Xylocopa* spp. es muy variable. Esto se debe, en parte, a la existencia de muchos otros visitantes florales (que reducen la disponibilidad de polen) y a las condiciones climáticas (Ruggiero 1973, Cobert & Willmer 1980, Sazima & Sazima 1989, Leone 1990).

Por otro lado, la principal causa de la caída de las flores de maracuyá y consecuente reducción de su producción es la falta de polinización, por lo que se ha recomendado la polinización artificial. Con esa práctica Grisi Jr. (1973) obtuvo eficiencia de 78.96% en comparación al 12.0% obtenido en la polinización natural. Según Akamine & Girolami (1959), la formación de los frutos provenientes de la polinización natural por insectos es bajo, en comparación al obtenido con la polinización artificial. Por lo tanto, la polinización artificial es de gran importancia en las plantaciones de maracuyá; principalmente, en áreas donde hay baja densidad poblacional de insectos polini-

zadores y en plantaciones muy extensas, ya que por su dimensión, dificulta la eficiencia de los polinizadores en los períodos de gran floración. Sin embargo, la intensidad de visitas de *Xylocopa* spp. y los factores climáticos sobre la polinización natural no están debidamente documentados.

Se evaluó la influencia del número de flores en la fase de antesis (abertura floral), de la temperatura del aire, de la humedad relativa del aire y de la insolación sobre la densidad poblacional de las abejas del género *Xylocopa* y su actividad polinizadora en el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones se hicieron de febrero a junio de 1995, en el campo experimental de la "Universidade Federal de Viçosa", Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil, (2045' S; 4251' E, 651 msnm) con plantas en un área de 1728 m² de maracuyá con espaciamento de 3 x 3 m. La plantación estaba constituida por plantas propagadas por semilla, en sistema de "soporte", o sea, postes unidos por dos líneas de alambre galvanizado, a 6 y 74 cm a partir de la punta del mismo y distanciados a 6 m uno del otro en la misma línea y de 3 m entre líneas.

Se evaluó los siguientes tratamientos: una, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete y ocho visitas de *Xylocopa* spp. por flor y la selección de tres clases de flores en antesis: menos de 0.8 flores (clase 1), entre 0.8 y 1.2 flores (clase 2) y más de 1.2 flores (clase 3) en antesis por metro lineal de "soporte". En el inicio de la fase de antesis, 15 flores por tratamiento fueron etiquetadas y protegidas con sacos de malla fina de 20 cm de largo. Posteriormente, durante dos semanas y en el período de 13:00 hasta 17:00 hr, se descubrió las flores para observar el número de visitas de *Xylocopa* spp. según el tratamiento, pues es en ese período se da la fase de antesis y las flores están abiertas (Ruggiero 1973, Cobert & Willmer 1980). Después de completado el número de visitas establecidas para cada tratamiento, las flores fueron nuevamente protegidas y se determinó el porcentaje

de frutos formados. Paralelamente, la densidad poblacional de *Xylocopa* spp. en el área de estudio fue cuantificada durante el período mencionado y en intervalos de media hora, por un grupo de tres personas. Se registró la temperatura y la humedad relativa con un termohigrógrafo y la insolación con un heliógrafo durante el período experimental. Los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Lillifors y de homogeneidad de varianza de Cochran. El porcentaje de frutos formados fueron sometidos a análisis de varianza y regresión en función del número de visitas de *Xylocopa* spp./flor a $P < 0.05$, dentro de las tres clases de flores en antesis. Se hizo el mismo procedimiento para la densidad de *Xylocopa* spp. en función del número de flores en antesis, temperatura del aire, humedad relativa del aire e insolación. También los datos de temperatura del aire, humedad relativa del aire e insolación fueron analizados en función de la hora del día.

RESULTADOS

Con menos de 0.8 flores en la antesis/m linear de "soporte" (clase 1), el porcentaje de frutos formados fue bajo (aproximadamente 14%), sin observarse efecto significativo ($P < 0.05$) del número de visitas de *Xylocopa* spp. sobre la fructificación. En cambio, de 0.8 a 1.2 flores en la antesis/m linear de "soporte" (clase 2), hubo aumento en el porcentaje de frutos formados en función del número de visitas de *Xylocopa* spp. por flor. Flores visitadas siete veces, aproximadamente, obtuvieron 82% de sus frutos formados (Fig. 1). Cuando el número de flores en la antesis fue mayor que 1.2/m linear de "soporte" (clase 3), el porcentaje de frutos formados presentó comportamiento lineal positivo, en función del número de visitas de las abejas *Xylocopa* spp., sin embargo, ese porcentaje fue menor que el obtenido en la clase 2 (Fig. 1). El aumento de la densidad poblacional de *Xylocopa* spp. fue explicado por la ecuación de segundo grado en función del número de flores (hasta 1.2) en la antesis/m linear de "soporte" (Fig. 2).

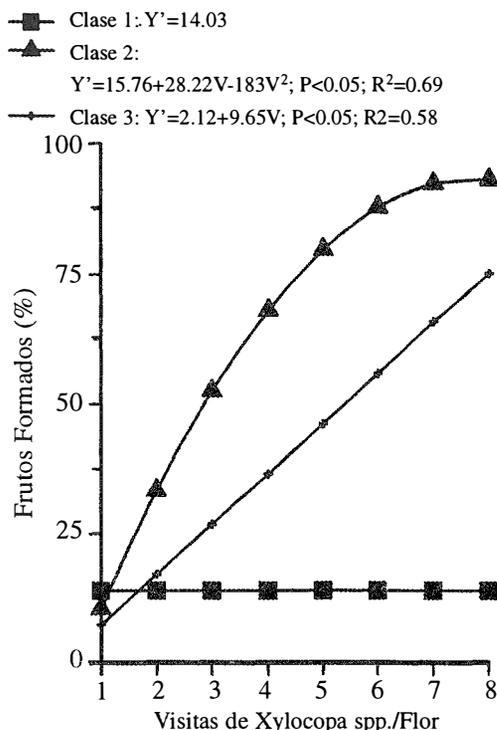


Fig. 1. Porcentaje de frutos formados de maracuyá (Y') en función del número de visitas de *Xylocopa* spp. /flor (V), dentro de las tres clases de flores en antesis. Clase 1: < 0.8 , Clase 2: $0.8 - 1.2$, Clase 3: > 1.2 flores en antesis/m linear de soporte.

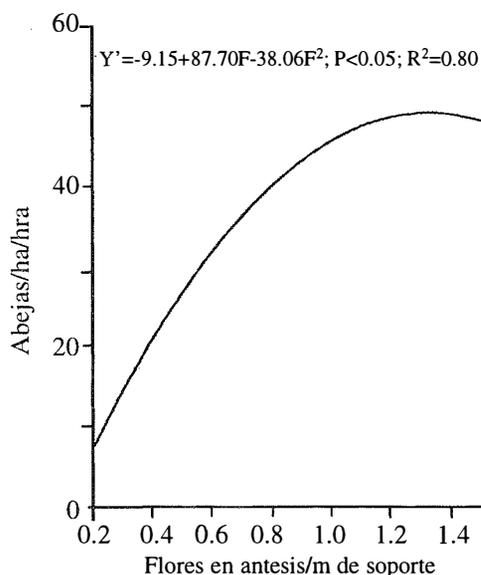


Fig. 2. Densidad de *Xylocopa* spp. (Y') en función del número de flores en antesis (F) en el cultivo de maracuyá. Viçosa, MG, Brazil. 1995.

De la misma forma, el número de abejas entre las 13: 00 y 17: 00 hr, presentó comportamiento cuadrático ($P < 0.05$), observándose mayor número de abejas entre las 14: 00 y 15: 00 hr. En este período, factores como la temperatura, humedad relativa e insolación alcanzaron valores en torno de 25.8 °C, 56.6% y 0.56, respectivamente (Fig. 3). Sin embargo, con temperatura mayor de 26°C hubo reducción en la densidad de las abejas *Xylocopa* spp. (Fig. 4), probablemente debido a los límites en la capacidad de control de la temperatura corporal de estos insectos, lo que puede indicar la existencia de una temperatura óptima para la actividad de esa abeja, coincidente con el horario de la fase de antesis. Con el aumento de la humedad relativa del aire de 55 a 80% durante el período de la tarde, se observó reducción en la densidad poblacional de la abejas *Xylocopa* spp. mientras que con el aumento de la insolación, la densidad de abejas presentó crecimiento exponencial (Fig. 4).

DISCUSIÓN

El bajo porcentaje de frutos formados, en la clase 1 (menos de 0.8 flores en la antesis por m lineal), puede ser explicado por el efecto de competición por polen entre las abejas estudiadas y otros polinizadores visitantes, principalmente, *A. mellifera*. Según Ruggiero *et al.* (1976), alta competición disminuye la cantidad de granos de polen suficientes para que *Xylocopa* spp. pueda realizar una polinización efectiva. Lo contrario fue observado en la clase 2 (entre 0.8 y 1.2 flores en la antesis por m lineal) cuando las abejas de *Xylocopa* spp. durante la recolecta del néctar realizaron una polinización más eficientemente (82%). No obstante, en la clase 3 (maior a 1.2 flores en la antesis por m lineal) hubo menor porcentaje de frutos formados. Esto puede estar relacionado con el menor tiempo de visitas por flor que realizaron las abejas, y mayor disponibilidad de néctar y polen encontrado (Waddington *et al.* 1981). Por lo tanto, en este caso hay necesidad de mayor número de visitas de esos insectos

para que la polinización sea más efectiva, pues cada flor necesitaría de una cantidad de granos de polen óptima. De acuerdo con Akamine & Girolami (1959) el número mínimo de granos de polen depositados en los estigmas, necesarios para garantizar la formación de frutos en maracuyá, es de aproximadamente 190.

Al igual que en trabajos realizados en plantíos de maracuyá por Nishida (1963), se observó un incremento en la densidad de *Xylocopa* spp. en función del número de flores (hasta 1.2), registrándose un horario pico entre 14: 00 y 15: 00 hr. La mayor densidad de *Xylocopa* spp. en este horario, posiblemente, esté relacionado con el mayor número de flores expuesta en la antesis en la plantación de maracuyá (Nishida 1963, Ruggiero 1973). Sihag (1993) estudiando el período de polinización en seis grupos de cucurbitáceas (*Beninncasa hispida*, *Cucumis melo*, *Cucurbita pepo*, *Luffa acutangula*, *L. cylindrica* y *Lagenaria siceraria*) por la abeja *Xylocopa fenestrada* F., también verificó una coincidencia en la actividad de las abejas con el período de abertura de las flores (antesis).

La actividad de recolecta de néctar y polen de *Xylocopa* spp. resultó afectada por factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa del aire y la insolación. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Akamine & Girolami (1959) y Ruggiero (1973), donde el tiempo nublado y lluvioso, redujeron la actividad de los insectos polinizadores. Giannotti *et al.* (1995), estudiando la actividad de vuelo de *Polistes lanio lanio* (Fabr.) (Hymenoptera: Vespidae), observaron que días largos y calientes son más favorables que los días cortos y fríos, y que durante el día en la presencia de baja humedad relativa y alta temperatura, hubo un aumento en la actividad de vuelo de esa avispa.

Por otro lado, Cobert & Willmer (1980) mencionaron que las abejas *Xylocopa mordax* (Smith) recolectaron el néctar de las flores de maracuyá con 45 a 50% de azúcar y la concentraron en torno de 62 a 63% antes de almacenarla. Todavía, estos autores notaron que cuando la humedad relativa del aire fue alta, esas abejas gastaron mayor tiempo concentrando el

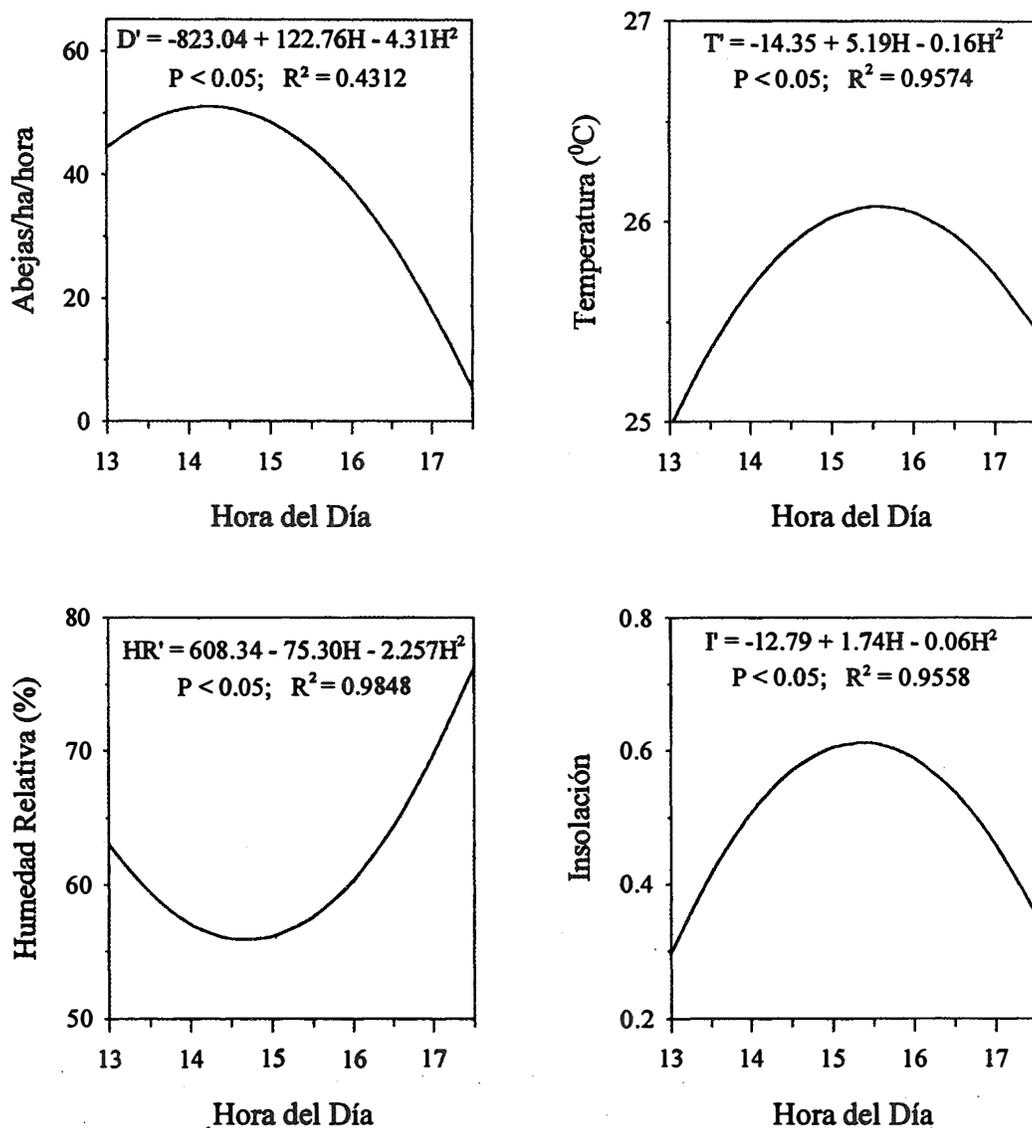


Fig. 3. Densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (D'), temperatura del aire (T'), humedad relativa del aire (HR') e insolación (I') en función de la hora del día. Viçosa, MG, Brazil. 1995.

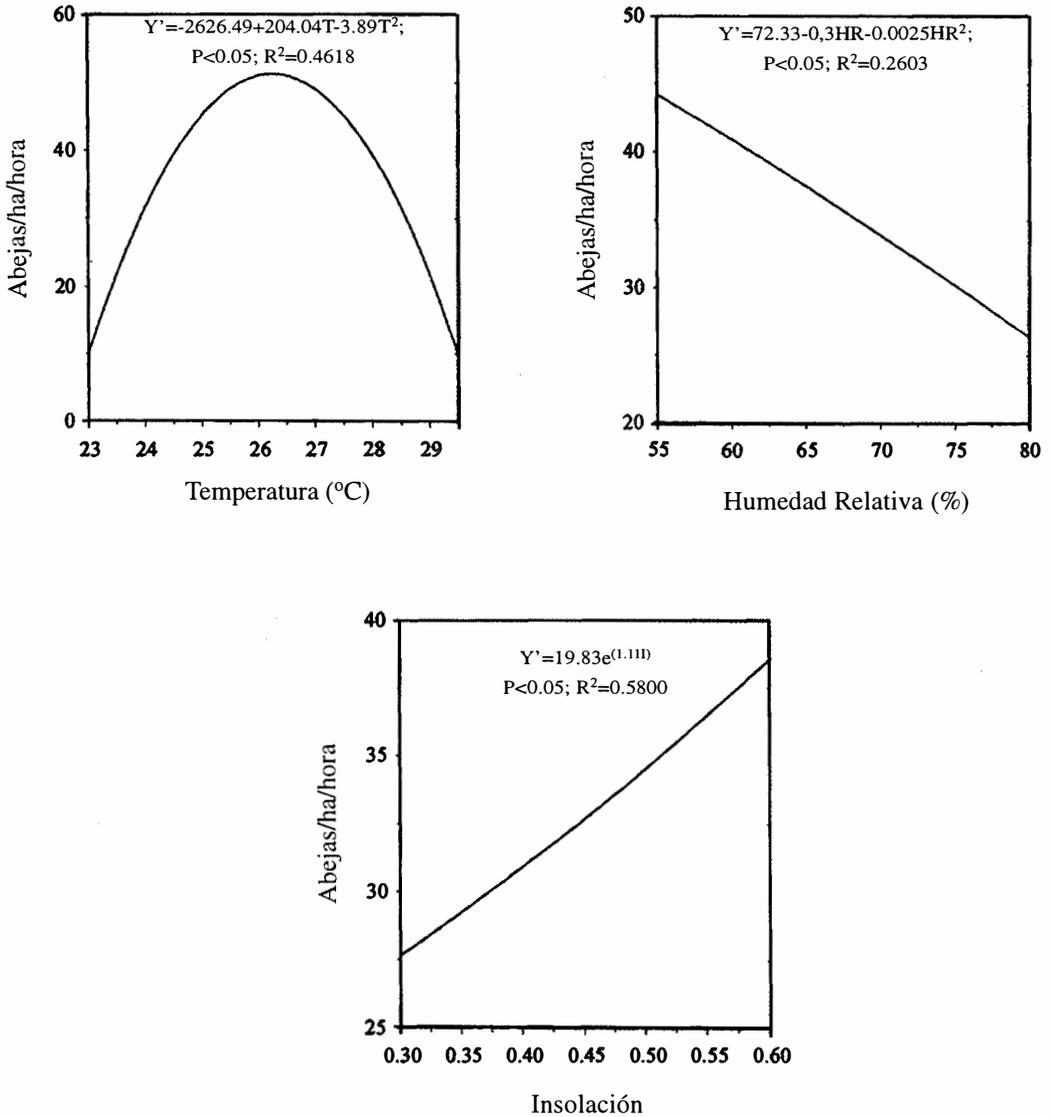


Fig. 4. Densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Y') en el cultivo de maracuyá en función de la temperatura (T), humedad relativa del aire (HR) e insolución (I'). Viçosa, MG, Brazil. 1995.

néctar antes de almacenarlo y hubo menos tiempo para visitar las flores. Sin embargo, Bailey *et al.* (1982) verificaron que la humedad relativa tiene poco efecto negativo en la actividad polinizadora de la abeja *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Apoidea). Sihag & Abrol (1986) observaron que la actividad de vuelo de las abejas *Apis florea* F. (Hymenoptera: Apidae) fue afectada por la temperatura y la concentración de azúcar en el néctar, los que a su vez están directamente relacionados con la humedad relativa. No obstante, el efecto individual de la concentración de azúcar en el néctar sería nulo si los factores abióticos son favorables para la actividad de vuelo de esa abeja.

Para los individuos de la subfamilia Meliponinae, la intensidad de luz aparentemente no tiene gran influencia sobre el vuelo, apenas durante el inicio y final del mismo; sin embargo, Panizzi & Parra (1991) observaron menor actividad de vuelo en días nublados que en días soleados. Sihag & Abrol (1986) verificaron que tanto la humedad relativa como la radiación solar afectaron de forma directa e indirecta en la actividad de vuelo de las abejas *A. florea*.

AGRADECIMIENTOS

Al "Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)", por las becas y ayudas concedidas para la realización de esta investigación.

RESUMEN

La influencia del número de flores en la antesis del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) y de los factores climáticos sobre la actividad polinizadora y densidad poblacional de las abejas del género *Xylocopa* fue estudiada en condiciones de campo. El menor porcentaje de formación de frutos (14.3%) se observó cuando había menos de 0.8 flores en la antesis/m linear de "soporte". Entre 0.8 y 1.2 flores en antesis/m linear de "soporte" se observó aumento en el porcentaje de frutos formados y en el número de visitas por parte de la abeja. Con más de 1.2 flores en la antesis/m linear de "soporte", hubo menor porcentaje de frutos formados en

función del número de visitas de la abeja. La mayor densidad de *Xylocopa* spp. (49 abejas/ha/hora) se observó entre las 14:00 y 15:00 hr cuando los factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa del aire y la insolación obtuvieron valores en torno de 26 °C, 55% y 0.56, respectivamente. Temperatura y humedad relativa del aire arriba de esos valores redujeron la densidad de *Xylocopa* spp., mientras que con mayor insolación fue verificado aumento en la misma.

REFERENCIAS

- Akamine, E.K. & G. Girolami. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. University of Hawaii, Honolulu. Agric. Exp. Sta., 44p. (Technical bulletin, 39).
- Bailey, W.G., H. Lerer & P.F. Mills. 1982. Humidity and the pollination activity of *Megachile rotundata*. Environ. Entomol. 11: 1063-1066.
- Bruckner, C.H., V.W.D. Casali, C.F. Moraes, E.A. Regazzi & E.A.M. Silva. 1995. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). Acta Horticulturae 370: 45-57.
- Camilo, E. 1978. Polinização do maracujazeiro, p.32-39. In Simpósio sobre a Cultura do Maracujazeiro, 2, 1978, Jaboticabal, SP, Anais.. Faculdade de Ciências Agrícolas e Veterinária de Jaboticabal: Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil.
- Camilo, E., C.A. Garofalo & G. Muccillo. 1986. On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moore) in southern Brazil: nest construction and biological cycle (Hymenoptera: Anthophoridae). Rev. Bras. Biol. 46: 383-393.
- Camilo, E. & C.A. Garofalo. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Olivier) and *Xylocopa griseescens* (Lepeletier) in southern Brazil. I. nest construction and biological cycle. Rev. Bras. Biol. 42: 571-582.
- Cereda, E. & A.S. Urashima. 1989. Estudo comparativo do florescimento em ramos podados e não podados no maracujazeiro *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. p. 379-385. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 10, 1989, Fortaleza, CE. Anais.. Sociedade Brasileira de Fruticultura: Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Cobert, & P.G. Willmer. 1980. Pollination of the yellow passionfruit: néctar, pollen and carpenter bee. J. Agricul. Sci. 95: 655-666.
- Giannotti, E., F. Prezoto & V.L.L. Machado. 1995. Foraging activity of *Polistes lanio lanio* (Fabr.) (Hymenoptera: Vespidae). An. Soc. Entomol. Brasil 24: 455-463.

- Grisi, Jr., C. 1973. Falta de polinização-a principal causa da queda excessiva de flores nos maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) na região de Votuporanga-SP. p. 427-431 *In* Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2, 1973, Viçosa, MG. Anais.. Sociedade Brasileira de Fruticultura: Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Leitão Filho, H.F. & C. Aranha. 1974. Botânica do maracujazeiro. p.1-13. *In* Simpósio sobre a Cultura do Maracujá, 1, 1974, Campinas. Anais.. Sociedade Brasileira de Fruticultura: Campinas, Brasil.
- Leone, N.R.F.M. 1990. Polinização do maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) em Araguari-MG. Teses M.Sc. Universidad Federal de Viçosa, Brasil.
- Nishida, T. 1963. Ecology of the pollinators of passion fruit. University of Hawaii, College of Tropical Agricultural, Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu. 38p. (Technical bulletin, 55).
- Panizzi, A.R. & R.P. Parra. 1991. Ecologia nutricional e suas implicações no manejo de pragas. Manole: São Paulo.
- Ruggiero, C. 1973. Estudos sobre a floração e polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). Teses Doctorado, UNESP: Jaboticabal, Brasil.
- Ruggiero, C., A. Lam Sanchez & D.A. Banzatto. 1976. Estudo da polinização natural e controlada em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). p.467-513. *In* Congresso Brasileiro de Fruticultura, 3, 1975, Rio de Janeiro. Anais.. Sociedade Brasileira de Fruticultura: Campinas, Brasil.
- Ruggiero, C., A. Lam Sanchez & A.C. Lipoli. 1978. Estudo sobre a autopolinização, desenvolvimento do ovário e curvatura dos estiletes em flores de maracujá amarelo *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Deg.). p.257-264. *In* Congresso Brasileiro de Fruticultura, 4, 1977, Salvador, BA. Anais.. Sociedade Brasileira de Fruticultura: Cruz das Almas, Bahia, Brasil.
- Sazima, I. & M. Sazima. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para polinização do maracujá (*Passifloraceae*). *Rev. Bras. Entomol.* 33: 109-118.
- Semir, J. & K.S. Browns. 1975. Maracujá: a flor da paixão. *Rev. Geogr. Universal.* Fev.: 41-47.
- Sihag, R.C. 1993. Behavior and the ecology of the subtropical carpenter bee, *Xylocopa fenestrata* F. 6. Foraging dynamics, crop hosts and pollination potential. *J. Apicul. Res.* 32: 94-101.
- Sihag, R.C. & D.P. Abrol. 1986. Correlation and path-coefficient analysis of environmental factors influencing flight activity of *Apis florea* F. *J. Apicul. Res.* 25: 202-208.
- Waddington, K.D., T. Allen & B. Heirich. 1981. Floral preferences of bumblebees (*Bombus edwardsii*) in relation to intermittent versus continuous rewards. *Animal Behavior*, 9: 779-784.