

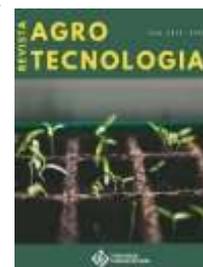
---

## SENSILAS ANTENAIAS DAS FORMIGAS E A INTERAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE

### SENSILLA ANTENNAL OF ANTS AND THE INTERACTION WITH THE ENVIRONMENT

Denise Eliane Euzébio Pinto<sup>1</sup>; Rosenilson Pinto<sup>2</sup>

---



**Resumo:** As formigas vivem em uma complexa organização social e são importantes bioindicadores pois respondem às variações no ecossistema. As antenas são os principais órgãos sensoriais responsáveis pela interação entre os indivíduos da colônia e sua percepção do ecossistema. Estes órgãos sensoriais permitem que os insetos detectem e respondam às variações ambientais por meio de inúmeras sensilas com diferentes formas e funções. Devido a importância das formigas como bioindicadores e a importância das sensilas antenais na percepção do ecossistema, o objetivo deste trabalho foi discutir os principais tipos e as funções das sensilas antenais encontradas nas formigas. Inúmeras sensilas são observadas ao longo das antenas das formigas. O maior número e tipos diferentes são observados nas extremidades das antenas. Estas sensilas são classificadas de acordo com sua forma e função. As sensilas antenais são imperceptíveis quando observamos uma formiga a olho nu, porém são importantes órgãos sensoriais responsáveis pela resposta das formigas as variações ambientais e sua interação com o ecossistema.

**Palavras-chave:** Órgãos sensoriais, detecção de estímulos, Attini, bioindicadores.

**Abstract:** Ants live in a complex social organization and are important bioindicators because they respond to variations in the ecosystem. The antennas are the main sensory organs responsible for the interaction between the individuals of the colony and their perception of the ecosystem. These sensory organs allow the insects to detect and respond to environmental variations through innumerable sensilla with different forms and functions. Due to the importance of the ants as bioindicators and the importance of the antennal sensillas in the perception of the ecosystem, the objective of this work was to discuss the main types and the functions of the antennal sensillas found in the ants. Numerous sensilla are observed along the antennas of the ants. The largest number and different types are observed at the ends of the antennas. These sensilla are classified according to their form and function. The antennal sensillas are imperceptible when we observe an ant with the naked eye, but important sensory organs responsible for the response of the ants are the environmental variations and their interaction with the ecosystem.

**Keywords:** Sensory organs, stimulus detection, Attini, bioindicators.

---

<sup>1</sup> Docente da Universidade Estadual de Goiás, UNU Campos Belos. E-mail: [denise.euzebio@ueg.br](mailto:denise.euzebio@ueg.br)

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, DSc em Entomologia. E-mail: [rsn.pinto@gmail.com](mailto:rsn.pinto@gmail.com)

Recebido: 05/10/2020 - Aceito: 21/04/2021

---

## INTRODUÇÃO

O estudo de artrópodes como bioindicadores tem sido uma técnica adotada para monitorar a qualidade ambiental em vários ecossistemas, tanto aquáticos quanto terrestres. A biodiversidade de artrópodes, como os insetos, pode estar relacionada com a estrutura e complexidade do ecossistema (PERRY, 2016). As variações ambientais como alterações na temperatura, umidade, luminosidade, podem modificar o comportamento dos insetos provocando migrações para locais mais favoráveis à sobrevivência da espécie, pois o inseto pode responder positiva ou negativamente ao estímulo recebido, permitindo a localização de alimentos, abrigos, parceiros sexuais, substrato para oviposição, avaliar a presença de predadores ou mover-se no ecossistema (KREBS 2008).

Os insetos possuem um sistema de comunicação altamente desenvolvido, permitindo que eles percebam rapidamente as alterações ambientais, sendo que a olfação é provavelmente o de maior relevância. Isto é evidenciado em estudos com olfatômetro, instrumento que mede a resposta dos insetos a odores, onde os

compostos químicos do ambiente são facilmente detectados e discriminados (MAHARJAN; JUNG, 2016).

A comunicação entre os membros de uma espécie e a percepção dos estímulos ambientais é realizado por meio de seus órgãos sensoriais, como ocorre no processo de cópula de algumas espécies de *Scarabaeidae fitófagos* que apresentam reconhecimento químico por meio das antenas onde aparecem várias estruturas responsáveis pela detecção dos odores envolvidos na comunicação (SALDANHA, et al., 2020). Em abelhas da espécie *Tetragonisca angustula*, estas estruturas começam a se desenvolver no estágio inicial de pulpa e estão completamente expostas em operárias recém-emergidas (DOHANIK et al., 2017). As antenas são dotadas de várias sensilas (MONTH 2018), podendo ser de diferentes tipos e se encontram distribuídas ao longo de toda superfície antenal. Os diferentes tipos de sensilas antenais apresentam diferentes funções e desempenham papéis importantes em vários comportamentos durante a vida do inseto. Os sinais percebidos do ambiente por meio das sensilas são transmitidos ao sistema

nervoso central e processados pelo cérebro, que envia uma mensagem de resposta ao estímulo (CHAPMAN et al., 2012).

As sensilas são classificadas de acordo com a sua forma e função (NASCIMENTO et al., 2013). A morfologia e abundância das sensilas antenais podem variar de acordo com as espécies, subespécies, e em alguns casos com o estágio de desenvolvimento (SILVA et al., 2010). Além disso, em algumas espécies podemos observar o dimorfismo sexual devido às diferenças encontradas nas sensilas antenais (KANG et al., 2012), e até mesmo em relação a diferenças correlacionadas com a localização geográfica de diferentes populações (NASCIMENTO et al., 2013).

A comunicação entre os insetos que vivem em colônias como as abelhas e as formigas se torna ainda mais importante, uma vez que constitui um fator chave para a organização social do grupo. As formigas são capazes de perceber as variações ambientais por meio dos sistemas sensoriais que são fundamentais para execução de suas atividades ao longo do ciclo de vida. Estes insetos podem ser importantes bioindicadores para o monitoramento ambiental (SOUZA et al., 2016), pois, apresentam alta diversidade,

são ecologicamente importantes, são diretamente afetadas por mudanças na disponibilidade de recursos e ninhos; e indiretamente por meio de uma complexa interação entre microclima e mudanças subsequentes na composição das espécies (PERRY, 2016). Além disso, os ecossistemas mais complexos com maior diversidade vegetal podem abrigar maior proporção de espécies de formigas, onde pode haver melhores condições para a comunidade de formigas epigéicas (SOARES et al., 2010).

Espécies como as formigas da tribo *Attini*, popularmente conhecidas como formigas cortadeiras, são cultivadoras de fungo do qual elas se alimentam. Estes insetos vivem em uma complexa organização social, suas colônias são formadas por milhões de indivíduos de castas diferentes, as quais desempenham diferentes papéis dentro da colônia, sendo esta divisão de tarefas muito importante para garantir sobrevivência destes organismos. O sucesso dessa organização social se deve, principalmente, a comunicação por meio de vários sinais químicos e mecânicos, do ambiente e entre os membros da colônia (BILLEN, 2006). Devido a importância do sistema sensorial para o funcionamento da colônia das

formigas e para sua perfeita interação com o ecossistema fazendo com que estes insetos se tornem ótimos bioindicadores, o objetivo deste trabalho foi discutir sobre os principais tipos e as funções das sensilas encontradas nas formigas.

## MATERIAL E MÉTODO

Para exemplificar os tipos de sensilas encontradas em formigas, operárias de *Atta robusta* foram coletadas em ninhos subterrâneos (Figura 1) e mantidas em álcool absoluto. As antenas direitas de dez formigas foram removidas com o auxílio de uma pinça metálica e foram utilizadas para análise de microscopia eletrônica de

varredura. As antenas foram lavadas com PBS (tampão de fosfato salino) e desidratadas com acetona em série ascendente (50 a 100%). Em seguida, as antenas foram submetidas à secagem no ponto crítico, montadas em bases de alumínio e metalizadas com a utilização do dispositivo de pulverização catódica. Posteriormente as mesmas foram observadas, em microscópio do tipo LEO VP1430 SEM no Núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV, e fotografadas para a descrição da morfologia e os tipos de sensilas identificadas.



**Figura 1.** A) Operárias da formiga cortadeira *Atta robusta*. B) Ninhos de *Atta robusta*.

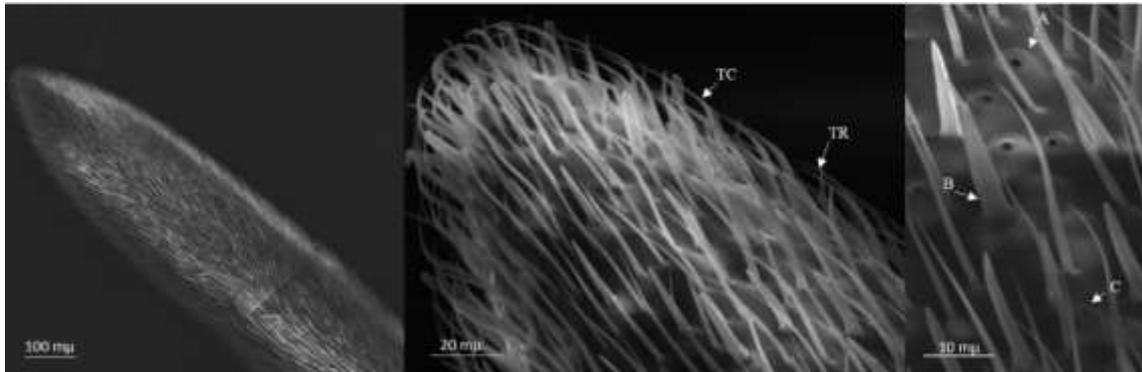
## RESULTADO E DISCUSSÃO

### Formato das antenas em formigas

As antenas das formigas têm a forma geniculada, composta por três seguimentos básicos, o escapo que liga a antena à cabeça, o pedicelo que fica entre o escapo e o flagelo, e o flagelo que é a parte mais longa da antena e composto por vários

flagelômeros (CHAPMAN et al. 2012). As operárias da espécie de formiga *Atta robusta* possuem antenas com comprimento médio de 7,32 milímetros, sendo que o flagelo é constituído de nove flagelômeros (EUZÉBIO et al., 2013). A concentração de sensilas é maior na

extremidade da antena, com maior número e tipos diferentes de sensilas nos flagelômeros distais (Figura 2).



**Figura 2.** Extremidade da antena da formiga cortadeira *Atta robusta* com inúmeras sensilas, TR (tricoides retas) e TC (tricoides curvadas). Detalhes das sensilas: A (ampulácea), B (basicônica) e C. (celocônica) na superfície da antena.

### **Complexidade e funções das sensilas antenais**

A complexidade e abundância de sensilas antenais estão intrinsecamente ligados com a diversidade ecológica e o comportamento de cada grupo de insetos. A importância das sensilas para a sobrevivência das formigas é demonstrada por meio da variedade de sensilas dedicadas à detecção de estímulos específicos como, os olfativos, mecânicos, químicos, térmicos ou hídricos, encontrados nas mais diferentes ordens de formigas (NAKANISHI et al., 2009, RUCHTY et al., 2009).

Observando detalhadamente a superfície de uma antena é possível

identificar vários tipos de sensilas, como as tricoides que são caracterizadas pela extremidade fina, e se dividem em dois subtipos. As tricoides retas são as mais comuns, sendo levemente curva, e as tricoides curvadas longas, com curvatura da extremidade mais acentuada que as tricoides retas. Os dois subtipos são abundantes no último flagelômero (Figura 2). Este tipo de sensila é normalmente encontrado em maior número comparando-se aos outros tipos. Estas sensilas podem estar relacionadas com a função de mecanorrecepção (MONTH 2018).

São observadas também, as sensilas basicônicas que são sensilas digitiformes, com base larga e extremidade cônica,

sendo mais grossa e menos comuns que as tricoides (Figura 2). A baixa ocorrência deste tipo de sensilas em relação as tricoides foi observado nas espécies de formigas *Atta robusta* (EUZÉBIO et al., 2013) e na espécie *Camponotus japonicus*, onde as sensilas basicônicas representam apenas cerca de 2% das sensilas totais (NAKANISHI et al., 2009).

As sensilas ampuláceas são encontradas em uma abertura com bordas proeminentes na superfície da antena, enquanto as sensilas celocônicas são pequenas aberturas redondas com bordas menos proeminentes em comparação à ampulácea. Em *Atta robusta* as sensilas ampuláceas e celocônicas são encontradas exclusivamente no final da antena (Figura 2).

As sensilas celocônicas podem estar associadas à termopercepção, como relatado para a espécie de formiga *Atta vollenweideri* (RUCHTY et al., 2009). Em *Atta vollenweideri* as sensilas celocônicas estão associadas a um neurônio termosensível que é adaptado para detectar pequenas variações de temperatura, proporcionando às formigas informações térmicas de seu microambiente, as quais podem ser usadas para orientação (RUCHTY et al., 2010).

A presença das sensilas termosensíveis são essenciais para os insetos, pois eles são pequenos e ectotérmicos, devido à sua baixa massa, os insetos aquecem ou arrefecem rapidamente e precisam responder imediatamente quando as condições térmicas são desfavoráveis (RUCHTY et al., 2010). A importância de manter-se em um ambiente com temperatura ideal para a sobrevivência da colonial é evidenciada na espécie de formiga *Camponotus rufipes*, que desloca a ninhada sempre que a temperatura do ambiente não está ideal para o desenvolvimento das mesmas nas colônias (WEIDENMÜLLER et al., 2009). No caso das formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex*, o local de nidificação e a profundidade dos ninhos depende da temperatura local do solo, as operárias se orientam de acordo com a temperatura do solo, levando a uma concentração da atividade de escavação nas camadas do solo onde ocorre a temperatura ideal para a espécie e, portanto, à construção de ninhos superficiais em solos frios e subterrâneos em solos quentes (BOLLAZZI et al., 2008).

As sensilas ampuláceas, que são encontradas somente no último flagelômero podem estar associadas a

detecção da concentração de CO<sub>2</sub> dentro dos ninhos (KLEINEIDAM et al., 2000). A capacidade de percepção da concentração de CO<sub>2</sub> em uma colônia de formigas é muito importante, uma vez que, com a respiração dos fungos e das formigas no espaço limitado das câmaras no ninho, quantidades consideráveis de O<sub>2</sub> são consumidos e CO<sub>2</sub> produzido, o que pode afetar a respiração das colônias (KLEINEIDAM; ROCES, 2000). Para insetos sociais o monitoramento dos níveis de CO<sub>2</sub> é de vital importância, já que esta substância é letal em altas concentrações e, tais concentrações podem ocorrer, em ninhos de formigas (OLIVEIRA, 2010).

Além das sensilas discutidas acima, outros tipos como campaniformes, placoides, chaeticas, são encontradas nas antenas de diferentes espécies de formigas (RENTHAL et al., 2003, MARQUES-SILVA et al., 2006). As diferentes sensilas encontradas em formigas variam com a espécie e a função exercida na comunicação.

Nos três últimos flagelômeros, é onde se observa a maior diversidade de sensilas antenais, como, tricoides curvas e retas, ampuláceas, basicônicas e celocônicas em *Atta robusta* (EUZÉBIO et al., 2013). Esta maior concentração de sensilas nos últimos

flagelômeros é comumente relatada em outras espécies de formigas (KLEINEIDAM et al., 2000, RUCHTY et al., 2009, NAKANISHI et al., 2009, SIDDIQUI et al., 2010). A distribuição desigual de sensilas ao longo da antena, com maior concentração nos últimos flagelômeros, também foi observada em *Camponotus japonicus* (NAKANISHI et al., 2009). Este fato pode estar relacionado ao comportamento das formigas de tatearem o ambiente com a ponta das antenas. RENTHAL et al., (2003) relata que a sensila basicônica localiza-se do lado da antena usado pelas formigas para tocar em superfícies, sugerindo a função de quimiorreceptores de contato.

## CONCLUSÃO

As sensilas antenais são estruturas que passam despercebidas quando olhamos uma formiga a olho nu. Apesar do tamanho reduzido, estas estruturas são muito complexas e fundamentais para a sobrevivência das formigas, pois é por meio delas que as formigas interagem com o meio e com os indivíduos que compõem a colônia. Estas complexas estruturas estão diretamente relacionadas com o comportamento da espécie e sua relação com o ecossistema. Assim, um ecossistema

desequilibrado certamente afetará o comportamento destes organismos.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Laboratório de Biologia Molecular de Insetos do Departamento de Biologia Geral e ao Núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV pelas valorosas contribuições para esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BILLEN, J. Signal variety and communication in social insects. **Proceedings of the Netherlands Entomological Society meeting**, v. 17, n. 1, p. 9-25, 2006.
- BOLLAZZI, M.; KRONENBITTER, J.; ROCES, F. Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. **Oecologia**, v. 158, n. 1 p. 165-175, 2008.
- CHAPMAN, R. F.; SIMPSON, S. J.; DOUGLAS, A. E. **The insects: structure and function**. 5 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 959 p.
- DOHANIK A V. T.; SOUZAB E. A.; LISBOAB L. C. O.; ZANUNCIO J. C.; SERRÃO J. E. Development of antennal sensilla of *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Meliponini) during pupation. **Brazilian Journal Biology**, v. 77, n. 2, p. 284-288, 2017.
- EUZÉBIO, D. E.; MARTINS, G. F.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Morphological and morphometric studies of the antennal sensilla from two populations of *Atta robusta* (Borgmeier 1939) (Hymenoptera: Formicidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 3, p. 663-668, 2013.
- KANG, G. J.; ZHU Z. R.; CHENG, J. A.; WAY, M. O. Antennal Sensilla of arthenogenetic and Bisexual *Lissorhoptrus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist**, v. 95, n. 1, p. 8-15, 2012.
- KLEINEIDAM, C.; ROCES, F. Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. **Insectes Sociaux**, v. 47, n. 3, p. 241-248, 2000.
- KLEINEIDAM, C.; ROMANI, R.; TAUTZ, J.; ISIDORO, N. Ultrastructure and physiology of the CO<sub>2</sub> sensillum ampullaceum in the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. **Arthropod Structure & Development**, v. 29, n. 1, p. 43-55, 2000.
- KREBS, C.J. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 6th. ed. San Francisco. 2008, 688 p.
- MAHARJAN, R.; JUNG, C. Olfactory, Response and Feeding Preference of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) to Potato Cultivars. **Environmental Entomology**, v. 45, n. 5, p. 1205-1211, 2016.
- MARQUES-SILVA, S.; MATIELLO-GUSS, C. P.; DELABIE, J. H. C.; MARIANO, C. S. F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Sensilla and secretory glands in the antennae of a primitive ant: *Dinoponera lucida* (Formicidae: Ponerinae). **Microscopy Research and Technique**, v. 69, n. 1, p. 885-890, 2006.
- MONTH J. E. **Análises morfológicas de sensilas antenais de abelhas do gênero Tetragonisca (Hymenoptera: Meliponini)**. Viçosa, 2018, 97 p. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/26726/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2021.
- NAKANISHI, A.; NISHINO, H.; WATANABE, H.; YOKOHARI, F.; NISSHIKAWA, M. Sex-specific antennal

- sensory system in the ant *Camponotus japonicus*: structure and distribution of sensilla on the flagellum. **Cell and Tissue Research**, v. 338, n. 1, p. 79-97, 2009.
- NASCIMENTO, M.; MARTINS, G. F.; FERNANDES-SALOMÃO. Estudo Comparativo das Sensilas Antenais de Operárias de *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) de Diferentes Altitudes, **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 1. p. 64-67, 2013.
- OLIVEIRA, J. F. **Caracterização do material magnético em antenas de formigas *Pachycondyla marginata*: um possível sistema magnetosensor**. 2010. 138 p. Tese (Doutorado em Físicas). Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro. Disponível em: [http://cbpfindex.cbpf.br/publication\\_pdfs/tese\\_comp\\_vf.2010\\_05\\_13\\_18\\_10\\_54.pdf](http://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/tese_comp_vf.2010_05_13_18_10_54.pdf). Acesso em: 21/05/2019.
- PERRY, J.; LOJKA, B.; RUIZ, L. G. Q.; DAMME, P. V.; HOUŠKA J, CUSIMAMANI, E. F. How natural Forest Conversion Affects Insect Biodiversity in the Peruvian Amazon: Can Agroforestry Help? **Forests**, v. 7, n. 82, p. 1-13, 2016.
- RENTHAL, R.; VELASQUEZ, D.; OLMOS, D.; HAMPTON, J.; WERGIN, W.P. Structure and distribution of antennal sensilla of the red imported fire ant. **Micron**, v. 34, n. 1, p. 405-415, 2003.
- RUCHTY, M.; ROCES, F.; KLEINEIDAM, C. J. Detection of Minute Temperature Transients by Thermosensitive Neurons in Ants. **Journal of Neurophysiology**, v. 104, n. 1, p. 1249-1256, 2010.
- RUCHTY, M.; ROMANI, R.; KUEBLER, L.S.; RUSCHIONI, S.; ROCES, F.; ISIDORO, N.; KLEINEIDAM, C.J. The thermo-sensitive sensilla coeloconica of leaf-cutting ants (*Atta vollenweideri*). **Arthropod Structure & Development**, v. 38, n. 1, p. 195-205, 2009.
- SALDANHA, F. G., RODRIGUES, S. R., AMARO, R. A., FUHRMANN, J. Description of mating behavior, life cycle, and antennal sensilla of *Cyclocephala putrida* Burmeister, 1847 (Coleoptera, Scarabaeidae, Dynastinae). **Biota Neotropica**, v. 20, n. 3, p. 1-8, 2020.
- SOARES S. A., ANTONIALLI-JUNIOR, W.F., LIMA-JUNIOR S. E. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em dois ambientes no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 76-81, 2010.
- SIDDIQUI, M. I.; MASHALY, A. M. A.; AHMED, A. M.; AL-MEKHLAFI, F. A.; AL-KHALIFA, M. S. Ultrastructure of antennal sensillae of the samsam ant, *Pachycondyla sennaarensis* (Hymenoptera: Formicidae), **African J. of Biotechnology**, v. 9, n. 41, p. 6956-6962, 2010.
- SILVA, C. C. A.; CAPDEVILLE, G.; MORAES, M. C. B.; FALCÃO, R.; SOLINO, L. F.; LAUMANN, R.A.; SILVA, J. P.; BORGES, M. Morphology, distribution and abundance of antennal sensilla in three stink bug species (Hemiptera: Pentatomidae). **Micron**, v. 41, n. 4, p. 289-300, 2010.
- SOUZA, J. L. P.; BACCARO, F. B.; LANDEIRO, V. L.; FRANKLIN, L; MAGNUSSON, W. E.; PEQUENO, P. A. C. L.; FERNANDES, I. O. F. Taxonomic sufficiency and indicator taxa reduce sampling costs and increase monitoring effectiveness for ants. **Diversity and Distributions**, v.22, n.1, p.111-122, 2016.
- WEIDENMÜLLER A.; MAYR C.; KLEINEIDAM C. J.; ROCES F. A experiência pré-imaginal e adulta modula o comportamento de resposta térmica das formigas. **Current Biology**, v. 19, n.1, p. 1897-1902, 2009.