

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

JÉBUS FRANCO BUENO

Sistema automatizado de classificação de abelhas baseado em  
reconhecimento de padrões

São Paulo

2010

JÉBUS FRANCO BUENO

Sistema automatizado de classificação de abelhas baseado em  
reconhecimento de padrões

Tese apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do título de Doutor em Engenharia

Área de Concentração:  
Sistemas Digitais

Orientador:  
Prof. Dr. Antonio Mauro Saraiva

São Paulo  
2010

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**BUENO, J. F. Sistema automatizado de classificação de abelhas baseado em reconhecimento de padrões.** Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

À minha esposa Sonia e meu filho Guto  
pelas horas subtraídas de nosso convívio, à  
D. Clara e Dr. Armando Strazzacappa  
(ambos in memoriam), à D. Edith e Dr.  
André M. Moraes por terem me propiciado  
a oportunidade à Educação.

## AGRADECIMENTOS

Ao Criador, pela benevolência, de ter sempre me agraciado com a saúde e sabedoria, essenciais para seguir adiante nesta fascinante, porém árdua tarefa.

Ao Prof. Dr. Antonio Mauro Saraiva, pela orientação e estímulo para iniciar as pesquisas multidisciplinares em Computação e Biodiversidade.

À Escola Politécnica da USP, em especial seu corpo docente, que por sua magnanimidade transpõe barreiras e nos imerge na globalização do conhecimento.

Aos professores André Riyuiti Hirakawa, Carlos Eduardo Cugnasca e Pedro Luiz Pizzigatti Corrêa pela amizade e realizações alcançadas com os trabalhos conjuntos.

Aos servidores das secretarias do PCS e da Pós-graduação da POLI pela cortesia, amizade e presteza no atendimento às constantes solicitações.

Aos colegas do LAA que direta ou indiretamente deram a sua colaboração para a concretização deste trabalho, em especial à Bruna Buani com a implementação de alguns algoritmos.

Aos pesquisadores dos Laboratórios de Abelhas, APILAB do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e do Instituto de Biociências, em especial ao Prof. Dr. Tiago Maurício Franco e à Prof<sup>a</sup>. Dra. Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca pelo encanto do mundo das abelhas, especialmente as abelhas sem ferrão, e pelos vastos conhecimentos transferidos ao grupo do Laboratório de Automação Agrícola da Escola Politécnica da USP.

À Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, pela concessão de meu afastamento possibilitando a dedicação integral aos trabalhos de doutorado.

Aos colegas do Instituto de Computação da UFMT pela compreensão da importância da capacitação de todo o corpo docente, em nível de doutorado, visando alavancar o desenvolvimento das pesquisas em Computação no Estado, a promoção da melhoria substancial da qualidade dos cursos de graduação e a expansão da oferta de cursos de extensão e de pós-graduação à nossa comunidade mato-grossense.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do MEC pelo apoio financeiro durante o período de afastamento.

Por fim, ao emérito Prof. Dr. Paulo Nogueira-Neto, sem esquecer-me de citar todos os outros, que se dedicaram a nos relevar o admirável mundo das abelhas sem ferrão, que as palavras do sábio professor melhor ensinam em seu livro:

### **Abelhas Indígenas Sem Ferrão**

Atrás destas páginas, mostro como vive um povo. São os membros de uma nação dinâmica e operosa, cujas origens remontam a milhões de anos de evolução lenta e persistente. Se o leitor trata a Natureza a ferro e fogo, em minutos o seu machado destruidor arrasará a cidade e seus habitantes. Se, porém, o seu coração for amigo das maravilhas que nos proporcionou o Criador, preservará este pequeno reino e poderá entender melhor a Terra e a vida que a povoa. A salvaguarda dos recursos está em suas mãos.

## EPÍGRAFE

Quanto mais a ciência se divide em disciplinas especializadas, mais importante se torna encontrar princípios unificadores.

(Herman Haken, 1977)

*“Raffiniert ist der Herr Gott, aber boshaft ist er nicht. Die Natur verbirgt ihr Geheimnis durch die Erhabenheit ihres Wesens, aber nicht durch List”.*

“O Senhor é sutil, mas não malicioso. A Natureza não esconde seus segredos por malícia, mas sim por causa da própria altivez”.

(Albert Einstein em “Sutil é o Senhor...” A Ciência e a Vida de Albert Einstein de Abraham Pais, 1982)



## RESUMO

BUENO, Jésus Franco. **Sistema automatizado de classificação de abelhas baseado em reconhecimento de padrões**. 2010. 176 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

A crescente perda mundial de biodiversidade tem sido uma das preocupações da comunidade científica internacional que motivaram a criação em 1992 da Convenção sobre a Diversidade Biológica, tornando-se um tratado de compromisso aceito pelos governantes de 187 países e pela Comunidade Européia. A redução da biodiversidade, devido a vários fatores, como a ação antrópica e o aquecimento global, compromete a capacidade do planeta de sustentação da vida humana em face do esgotamento dos recursos e serviços por ela prestados. A conservação e uso sustentável da biodiversidade passa necessariamente pela aquilatação e conhecimento das espécies. Entre essas espécies as abelhas polinizadoras têm merecido especial atenção, pois a polinização das plantas é um serviço de ecossistema muito importante. Cerca de três quartos das mais de 240 mil espécies de plantas do mundo dependem de polinizadores e estima-se que as abelhas sejam responsáveis por mais de 70% do serviço global de polinização. Existem quase 20.000 espécies de abelhas descritas no mundo. No Brasil são conhecidas quase 400 espécies de abelhas (cerca de 300 são abelhas sem ferrão) e o número estimado é de mais de 3.000 espécies. No entanto, este enorme esforço taxonômico a ser realizado pode estar comprometido pelo impedimento taxonômico reconhecido na Declaração de Darwin de 1988 pela ONU. Uma contribuição para minimizar o impedimento taxonômico pode ser dada pelo desenvolvimento de sistemas automatizados de apoio à decisão de identificação. Os sistemas de identificação existentes são proprietários, ou foram desenvolvidos para grupo específicos de espécies e muitas vezes não são integrados. Este trabalho com foco na identificação de abelhas, notadamente nas abelhas sem ferrão, que apresentam redução da venação das asas, apresenta um modelo de sistema baseado em computador para automatizar o processo de identificação de abelhas com uma abordagem de

reconhecimento de padrões. Um modelo de sistema denominado ABeeS (*Automated Bee Identification System*) incorpora o conhecimento especializado para o reconhecimento automatizado de abelhas usando a imagem das asas. O modelo proposto apresenta as funcionalidades de um sistema de identificação de abelhas com o modelo de Caso de Uso e o fluxo de dados entre as atividades do processo de identificação com o modelo do Fluxo de Dados. Um modelo de banco de dados denominado Banco Entomológico de Espécies de Abelhas (BEE) foi proposto para armazenamento de resultados, treinamento e otimização do sistema ABeeS. Para levantar requisitos e avaliar a proposta foram desenvolvidos protótipos de partes do modelo no Labview, um ambiente de programação gráfica, que disponibiliza uma plataforma de visão computacional para aplicações de reconhecimento de padrões usando o método de correspondência de padrões (*pattern matching*). Um protótipo envolveu uma ferramenta para a definição dos marcos anatômicos nas imagens-padrão. Outro envolveu os resultados da extração automática dos marcos anatômicos e evidenciou que mostram que a capacidade do ABeeS em localizar automaticamente os gabaritos (*template*) dos marcos anatômicos na imagem da asa em análise depende do conhecimento especializado transferido para o sistema. Este conhecimento contribui para a seleção de uma região do entorno do marco anatômico para formação da imagem-gabarito. A definição precisa da área é muito importante para a acurácia do reconhecimento automatizado do marco anatômico. O ajuste dos parâmetros de treinamento e a qualidade da imagem da asa de abelha são determinantes para extração das características corretas. Parte integrante do modelo são algoritmos de classificação supervisionados, como o FNN4Bees desenvolvido no Laboratório de Automação Agrícola da POLI-USP, e que apresentou resultados satisfatórios. Este trabalho contribui com uma sistematização do processo de identificação de abelhas, servindo de guia para usuários dessa técnica, e o modelo obtido poderá ser utilizado para a implementação de um sistema real, na continuidade dos trabalhos.

Palavras-chave: Identificação Automatizada de Abelhas. Sistema Automatizado. Modelagem. Reconhecimento de Padrões.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

