



bioetanol

DE CANA-DE-AÇÚCAR

P&D PARA PRODUTIVIDADE
E SUSTENTABILIDADE

Luís Augusto Barbosa Cortez
Coordenador

Blucher

 **FAPESP**

BIOETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

P&D PARA PRODUTIVIDADE E SUSTENTABILIDADE

Blucher

BIOETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

P&D PARA PRODUTIVIDADE E SUSTENTABILIDADE

Luís Augusto Barbosa Cortez

Coordenador

Blucher

1ª edição – 2010
Editora Edgard Blücher

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed. do
Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa.
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-012 – São Paulo – SP – Brasil
Fax 55 11 3079 2707
Tel 55 11 3078 5366
editora@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e
sustentabilidade / Luís Augusto Barbosa Cortez,
coordenador. – São Paulo : Blucher, 2010.

Vários autores.
Vários organizadores.
ISBN: 978-85-212-0531-9

1. Agricultura sustentável 2. Biocombustíveis
3. Bioenergia 4. Biotecnologia 5. Cana-de-açúcar –
Indústria – Brasil 6. Etanol I. Cortez, Luís Augusto
Barbosa.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos direitos reservados pela Editora Edgard Blücher
Ltda.

10-06180

CDD-636.9

Índices para catálogo sistemático

1. Bioetanol de cana-de-açúcar: Pesquisa e
desenvolvimento para produtividade e sustentabilidade:
Engenharia agrícola 636.9

Os autores agradecem a todos os pesquisadores e instituições que colaboraram para o projeto PPP Etanol Fapesp o qual possibilitou a realização deste livro.

Instituições Parceiras do Projeto PPP Etanol-Fapesp



Instituição Parceira



Instituições Participantes



Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol



SOBRE O COORDENADOR

Luís Augusto Barbosa Cortez

Graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp, M.Sc. pela Université Laval em Québec, Canadá e PhD pela Texas Tech University em Lubbock, EUA. Professor titular na Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Foi Coordenador do Nipe/Unicamp (1998-2002) e Coordenador de Relações Internacionais da Unicamp (2002-2009). Atualmente é Coordenador Adjunto da Diretoria Científica da Fapesp e Assessor da Diretoria no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

SOBRE OS ORGANIZADORES

André Tosi Furtado

Doutor em Ciências Econômicas pela Université Paris 1 (Panthéon-Sorbonne), França, 1983. Atualmente é professor do Instituto de Geociências da Unicamp.

Antonio Bonomi

Engenheiro químico. PhD em Engenharia Química pela University of Minnesota, USA, 1977. Diretor de Avaliações Tecnológicas do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) desde 2008. Pesquisador sênior do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – São Paulo de 1983 a 2008. Trabalha há mais de 20 anos no desenvolvimento da tecnologia de produção de etanol, com várias publicações na área. Atualmente é diretor de Biocombustíveis da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA).

Arnaldo Walter

Graduado em Engenharia Mecânica pela Unicamp em 1980. Mestre e doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp em 1994. Professor assistente doutor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Atualmente é coordenador do Programa de Sustentabilidade do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Luís Augusto Barbosa Cortez

Graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp, M.Sc. pela Université Laval em Québec, Canadá e Ph.D pela Texas Tech University em Lubbock, EUA. Atualmente é professor titular na Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Foi coordenador do Nipe/Unicamp, de 1998 a 2002 e coordenador de Relações Internacionais da Unicamp (2002-2009). É coordenador adjunto da Diretoria Científica da Fapesp e assessor da Diretoria no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Manoel Regis Lima Verde Leal

Graduado em Engenharia Aeronáutica pelo ITA em 1964. PhD em Engenharia Mecânica pela Kansas State University em 1971. Desenvolveu atividades de P&D em engenharia no setor sucroalcooleiro, no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), de 1986 a 2004. Atualmente é coordenador do Programa de Sustentabilidade do Etanol no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) e diretor de P&D do Centro de Energias Alternativas e Meio Ambiente (CENEA).

Oscar A. Braunbeck

Engenheiro industrial com mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola, MSU/EUA. Orientou 25 dissertações e teses como professor da Feagri/Unicamp. Desde 1980 dedicado à pesquisa e projeto de equipamentos para a mecanização da cana de açúcar, atuando no Centro de Tecnologia Copersucar, na Unicamp e atualmente é diretor do Programa de Agricultura de Baixo Impacto no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), com ênfase no plantio direto, colheita de cana crua e palha.

Paulo Sérgio Graziano Magalhães

Professor titular da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp em 1979, com doutorado em Engenharia Agrícola pela University of Cranfield, Inglaterra, em 1986. Atua, nesta área, com ênfase em projeto e desenvolvimento de máquinas agrícolas; e agricultura de precisão na área de cana-de-açúcar.

Rodrigo Lima Verde Leal

Graduado em Engenharia Elétrica pela Unicamp em 1995, pós-graduado em Administração de Empresas pela FGV em 2002 e mestrado em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp em 2007. Atualmente é pesquisador da Fundação CPqD. Possui experiência na área de gestão da inovação, atuando principalmente nos seguintes temas: tecnologias de informação e comunicação (TIC), análise de viabilidade, prospecção e planejamento tecnológico, regulação e políticas públicas.

SOBRE OS AUTORES

Ademar Hakuo Ushima

Pesquisador do Centro de Tecnologias Ambientais e Energéticas (CETAE) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), graduado em Engenharia Química pela EPUSP; M.Sc. em Térmica e Fluidos pela Engenharia Mecânica da Unicamp. Atua no IPT desde 1978 desenvolvendo trabalhos em gaseificação de biomassa, resíduos industriais e municipais e conservação de energia no setor industrial. Professor convidado dos cursos Geração Distribuída e Cogeração: Tecnologia e Gestão – MBA/USP, Combustão Industrial (IPT), Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético (IEE) e Gestão Estratégica em Meio Ambiente (MAUA).

Adriano V. Ensinas

Professor adjunto do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC e pesquisador colaborador da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas. Áreas de pesquisa: análise de sistemas térmicos, modelagem e integração de processos industriais e aproveitamento energético de resíduos agroindustriais e urbanos.

Alceu de Arruda Veiga Filho

Economista, pesquisador científico da Agência Paulista de Tecnologia de Agronegócios (APTA) e mestre em PC&T pela Unicamp. Dedicar-se a estudos sobre economia canavieira. Atuou na elaboração de programas de desenvolvimento agrícola, tendo ocupado vários postos de direção na Secretaria da Agricultura e Abastecimento (SAA).

Alexandra Pardo Policastro Natalense

Graduada em Física Teórica, com mestrado e doutorado pela Unicamp, na área de espalhamento de elétrons por moléculas e pós-doutorada em química, pela Texas A&M University, na área de fotoionização molecular. Atualmente é assistente do diretor do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) e realiza pesquisas envolvendo a quebra da hemicelulose por impacto de elétrons.

Alexandre de Sene Pinto

Professor de Agronomia do Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, São Paulo. Membro do Conselho Deliberativo da Bug. Graduado em Engenharia Agrônoma e mestrado em Entomologia pela Unesp/Jaboticabal e doutorado em Entomologia Agrícola pela Esalq/USP. Trabalha desde 1989 com controle biológico de pragas, especialmente nas culturas da cana-de-açúcar, citros, milho e soja; além de biologia de insetos, seletividade de agroquímicos a insetos e polinização.

Alfred Szwarc

Engenheiro mecânico, M.Sc. em controle da poluição ambiental, especialista em prevenção e controle da emissão de poluentes no setor de transportes. Atualmente é diretor da ADS Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável, atuante nas áreas de meio ambiente e energia, é consultor técnico da União da Indústria da Cana-de-Açúcar (Unica). É membro do Conselho Diretor da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA).

Amanda Pereira de Souza

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Metodista de São Paulo e mestrado em biologia celular e estrutural pela Universidade Estadual de Campinas. É doutoranda do Departamento de Botânica da USP e desenvolve pesquisa na área de fisiologia e bioquímica vegetal com cana-de-açúcar.

André César Vitti

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa em 1993. Mestrado em 1998, doutorado em 2003 e pós-doutorado em 2006 realizados no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). Atualmente é pesquisador científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) – Especialidade em fitotecnia, solos e nutrição de plantas.

André Meloni Nassar

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Esalq/USP e doutor e mestre pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade/USP. É diretor geral do Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE) desde 2007, tendo sido gerente geral da mesma organização desde seu lançamento em 2003. Acumula vários anos de experiência, auxiliando tecnicamente associações de classe do agronegócio brasileiro em temas relacionados a comércio internacional, negociações internacionais, barreiras ao comércio e temas ambientais. É coordenador do projeto de modelagem de uso da terra do ICONE.

André Tosi Furtado

Doutor em Ciências Econômicas pela Université Paris 1 (Panthéon-Sorbonne), França, em 1983. Professor do Instituto de Geociências da Unicamp.

Andres da Silva

Engenheiro Agrícola e mestre em Engenharia Mecânica (Térmica e Fluidos) pela Unicamp. Trabalhou nos últimos 15 anos no Canadá, EUA e México com cultivo protegido e diversas produções hidropônicas. Especializado na concepção de projetos integrados e na gestão de complexos de estufas agrícolas de alta tecnologia no Brasil pela empresa Estufas Agrícolas Comércio e Assessoria Ltda (EACEA).

Anete Pereira de Souza

Graduada em Engenharia Agrônoma pela Esalq/USP, em 1984. Doutora em biologia celular e molecular pela Université de Paris XI (Paris/Sud), em 1992. Atualmente é professora titular do Departamento de Biologia Vegetal, da Unicamp, na área de genética vegetal. Atua principalmente nas áreas de genética vegetal e biologia molecular, com ênfase em mapeamento genético molecular, análise da diversidade genética e estrutura e expressão de proteínas relacionadas à fitopatogenicidade.

Antonio Augusto Franco Garcia

Mestre e doutor em Genética e Melhoramento de Plantas pela Esalq/USP. Fez pós-doutorado em Genética Estatística no Bioinformatics Research Center, Department of Statistics, da North Carolina State University, em Raleigh, USA. Suas principais pesquisas consistem em desenvolver e/ou adaptar métodos genético-estatísticos.

Antonio Bonomi

Engenheiro químico. PhD em Engenharia Química pela University of Minnesota, USA, 1977. É diretor de Avaliações Tecnológicas do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) desde Novembro de 2008. Pesquisador sênior do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – São Paulo de 1983 a 2008. Trabalha há mais de 20 anos no desenvolvimento da tecnologia de produção de etanol, com várias publicações na área. Atualmente é diretor de Biocombustíveis da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA).

Araken Alves Lima

Economista com especialização em Economia Agroindustrial pela UFAL, mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente e doutorado em Economia Aplicada, ambos pela Unicamp. Atualmente trabalha no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), onde desempenha a função de coordenador de mestrado em propriedade intelectual e inovação.

Arnaldo Walter

Graduado em Engenharia Mecânica pela Unicamp em 1980. Mestre e doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp em 1994. Professor assistente doutor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Atualmente é coordenador do Programa de Sustentabilidade do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Beatriz Acquaro Lora

Bióloga, especialista em Gestão Ambiental, M.Sc. em Energia, pesquisadora do Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio) – IEE/USP.

Brigitte J. Feigl

Professor doutor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), atuando nas linhas de pesquisa voltadas à avaliação das taxas de emissão dos gases do efeito estufa pelo setor agropecuário e dos efeitos da mudança do uso da terra e do manejo do solo sobre a dinâmica do carbono e da biomassa microbiana do solo e sua diversidade funcional.

Camila Martins Garcia

Bacharelado em Química pela Unicamp em 2003, mestrado em Química Inorgânica pela Unicamp em 2006. Atualmente licenciada do curso de doutorado em Química Inorgânica pela Unicamp, atua como chefe de Laboratório de Biodiesel da Biomassa.

Camilo Sixto López Garzón

Engenheiro químico pela Universidade Nacional de Colômbia, concluiu mestrado em Engenharia Química da Unicamp, tem experiência em Processos Bioquímicos, atuando principalmente em processos de fermentação e biorreatores. Atualmente desenvolve doutorado em Processos Biotecnológicos na Technical University of Delft, Holanda.

Carlos Clemente Cerri

Professor titular do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). Desenvolve programas de pesquisa em colaboração com instituições nacionais e internacionais nas áreas: alterações dos estoques de carbono do solo, emissões de gases do efeito estufa e as relações com a sustentabilidade ambiental e as interações dos Biocombustíveis com o Aquecimento Global.

Carlos Eduardo Pellegrino Cerri

Engenheiro agrônomo formado na Esalq/USP, mestrado e doutorado pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor do Departamento de Ciência do Solo da Esalq/USP, onde desenvolve pesquisas relacionadas à dinâmica da matéria orgânica do solo sob condições de clima tropical.

Carlos Eduardo Vaz Rossell

Graduado em Engenharia Química pela Universidade de La República, Uruguai, em 1970. M.Sc. em 1972 e Dr.Sc. em 1976 em Engenharia de Alimentos na Unicamp. Em 1980, trabalhou no Centro de Tecnologia Copersucar entre 1980 e 2005 como engenheiro de processos, coordenador de processos, chefe da Divisão de Processos Industriais e engenheiro especialista. Atualmente é coordenador do Programa Industrial do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Carlos Henrique de Brito Cruz

Graduado em Engenharia Eletrônica pelo ITA e doutorado em Ciências pelo Instituto de Física da Unicamp. Foi diretor do Instituto de Física, pró-reitor de Pesquisa e reitor da Unicamp. Foi presidente da Fapesp, onde atualmente é diretor científico. É membro da Academia Brasileira de Ciências.

Cássia Regina Limonta Carvalho

Graduada em Engenharia Química Industrial pela Universidade de Ribeirão Preto em 1980, com mestrado em Química Analítica pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, 1996. É pesquisadora científica do Instituto Agrônomo, em Campinas, desde 1994. É especialista em Química Analítica e Química de Vegetais.

Cristiane Sanchez Farinas

Engenheira Química pela UFSCar, 1992; mestrado, 2001 e doutorado, 2004, em Engenharia Química pela Unicamp e pós-doutorado em Engenharia Química pela UFRJ COPPE, 2006. Atualmente é pesquisadora da Embrapa Instrumentação Agropecuária e docente credenciada no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da UFSCar. Tem experiência em Processos Bioquímicos, atuando principalmente nos seguintes temas: fermentação, biorreatores, produção de enzimas e purificação de proteínas.

Cristina d'Urso de Souza Mendes

Engenheira química formada pela EQ/UFRJ e M.Sc. pela Escola de Química/UFRJ e atualmente doutoranda na área de Gestão e Inovação Tecnológica. Atua como pesquisadora em Propriedade Industrial no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), na Divisão de Estudos e Programas (Diespro), desenvolvendo estudos de prospecção e monitoramento tecnológico, utilizando patentes como fonte de informação.

Cylon Gonçalves da Silva

Bacharel (UFRGS), mestre (UCBerkeley) e doutor em Física (UCBerkeley), trabalhou nas áreas de magnetismo e física teórica de semicondutores. Foi diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, secretário nacional de Políticas e Programas de P&D do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), diretor do Genius Instituto de Tecnologia e atualmente é coordenador adjunto da Fapesp, onde assessora a Diretoria Científica. É membro da Academia Brasileira de Ciências e professor emérito da Unicamp.

Edgardo Olivares Gómez

Engenheiro Mecânico pela Universidad de Oriente, em Cuba. Mestrado e doutorado pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp nas áreas de pirólise e gaseificação de biomassa. Foi professor pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e atualmente desenvolve pesquisas no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Eduardo de Almeida

Graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp, concentra seus estudos no aproveitamento energético da biomassa e subprodutos derivados do setor sucroalcooleiro participando de cursos, projetos de desenvolvimento tecnológico e pesquisas relacionadas ao assunto. Aluno de mestrado da FEQ/Unicamp.

Eduardo Delgado Assad

Doutorado em Hidrologie Et Mathematique pela Université de Montpellier II (Scien. et Tech Du Languedoc), França, 1987. Atualmente é chefe de Pesquisas da Embrapa Informática.

Eduardo Winter

Graduado em Química Industrial pela PUC/PR e mestrado e doutorado em Química Analítica pelo IQ/Unicamp. Atualmente exerce a função de professor/pesquisador de mestrado profissional em Propriedade Intelectual e Inovação do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), atuando nas áreas de prospecção tecnológica e indicadores de C&T&I.

Efraim Albrecht Neto

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São Carlos e mestre em Máquinas Agrícolas pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Atualmente é Coordenador de Projeto de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas na Fapesp. É colaborador em projetos ligados ao Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

Electo Eduardo Silva Lora

Doutorado em construção de geradores de vapor e reatores pela Universidade Politécnica São Petersburgo, Rússia, 1988. Professor adjunto da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

Euler Hoffmann Melo

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009, e estagiário do Centro Nacional de Referência em Biomassa CENBIO, em 2008 e 2009, no projeto Bioetanol para o Transporte Sustentável (BEST).

Evaristo Eduardo de Miranda

Agrônomo, mestre e doutor em Ecologia pela Universidade de Montpellier, na França. Coordenou diversos projetos e programas de pesquisa na área de agricultura e meio ambiente, tem mais de 200 trabalhos científicos. Foi professor do Instituto de Biociência da USP e atualmente é pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite.

Fábio Luis Ferreira Dias

Graduado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jabotical/Unesp em 1994, mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP em 1997, doutor em Produção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jabotical/Unesp em 2001. Atualmente é pesquisador científico IV da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (IAC/APTA) e diretor do Polo Regional Centro Sul-APTA.

Fábio Ricardo Marin

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Esalq/USP, formado em 1998, com mestrado e doutorado em Física do Ambiente Agrícola pela mesma instituição. Faz pós-doutorado pela University of Florida, em projeto sobre modelagem da cana-de-açúcar. Atualmente é pesquisador da Embrapa, atuando em projetos de pesquisa em avaliação de riscos climáticos, zoneamento agrícola e modelagem de crescimento de plantas com foco na cultura da cana-de-açúcar. Docente do mestrado profissional em Agroenergia da FGV/ESALQ/Embrapa e em Engenharia Ambiental da PUC Campinas. É docente do Programa de Pós-Graduação em Física do Ambiente Agrícola da Esalq/USP.

Fabíola Cristina Ribeiro de Oliveira

Graduada em Ciências Econômicas pela Unimep e mestre em Economia Aplicada pela Esalq/USP. Atualmente faz parte da equipe do Grupo de Estudos da Magistratura do Trabalho (GEMT), grupo de extensão e pesquisa da Esalq sobre o mercado de trabalho agrícola.

Francisco Rosillo-Calle

M.Sc., PhD, pesquisador, Imperial College, Inglaterra, tem aproximadamente 30 anos de experiência na área de energia da biomassa. Publicou mais de 80 artigos e livros e editou vários livros. Colabora em muitos projetos internacionais de pesquisas e possui grande conhecimento no Programa Nacional do Álcool no Brasil – sobre o qual escreveu a sua tese de doutorado em 1985. Ministra aulas sobre energia de biomassa no mestrado e doutorado em vários países.

George Jackson de Moraes Rocha

Graduado em Engenharia Industrial Química pela Faculdade de Lorena-USP (1989), mestrado em 1995 e doutorado em 2000 pela USP. Atualmente é professor na Escola de Engenharia de Lorena-USP e assessor na implementação dos processos e equipamentos no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Atua na área de Conversão de Biomassa Vegetal.

Giampaolo Queiroz Pellegrino

Engenheiro florestal pela Universidade de São Paulo, 1991; especialização em Energia Nuclear na Agricultura, 1989; mestrado em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola) pela USP, 1995; e doutorado em Engenharia Agrícola – Água e Solo pela Unicamp, 2001. Atualmente é pesquisador em Mudanças Climáticas Globais da Embrapa Informática Agropecuária. Atua em mudanças climáticas globais e seus impactos na agricultura, análise de tendências, modelagem ambiental, simulação de cenários, bacia hidrográfica, geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Gilberto de Martino Jannuzzi

Professor adjunto de Sistemas Energéticos, da Unicamp. Concluiu o doutorado em Energy Studies – University of Cambridge, em 1985, e pós-doutorado na Universidade da Califórnia/Berkeley. Atualmente é diretor executivo da organização não governamental International Energy Initiative. Publicou mais de 35 artigos em periódicos especializados e 70 trabalhos em anais de eventos. Possui quatro livros publicados. É coordenador do Nipe/Unicamp.

Glaucia Mendes Souza

Professora associada do Instituto de Química-USP e coordenadora do Programa de Bioenergia da Fapesp (Bioen). Participa de várias iniciativas em genômica e genômica funcional, sendo coordenadora do Projeto Sucest de Sequenciamento do Genoma da Cana-de-Açúcar desde 2003. Estuda redes regulatórias da cana-de-açúcar, identificação de genes associados a tratos agrônomicos de interesse, bioinformática e produção de transgênicos.

Guido Zacchi

Professor de Engenharia Química desde 1989 na Lund University, Suécia. Sua pesquisa está direcionada para o campo de produção de biocombustíveis e obtenção de produtos químicos a partir de materiais lignocelulósicos. Seu grupo de pesquisas possui uma unidade de desenvolvimento de processos para investigação em etanol lignocelulósico. Orientou cerca de 30 alunos de doutorado e mais de 60 alunos de mestrado. Publicou aproximadamente 150 artigos científicos em revistas científicas. Possui 4 patentes.

Heitor Cantarella

Graduado em Agronomia pela Unesp-Botucatu, em 1974; M.Sc. em 1981 e PhD em 1983 em Fertilidade do Solo pela Iowa State University, EUA. Pesquisador científico do Instituto Agrônomico (IAC) desde 1975. Atualmente é especialista em fertilidade do solo e nutrição de plantas.

Henry Joseph Jr.

Químico especializado em combustão, combustíveis, biocombustíveis e poluição veicular. Trabalha no Desenvolvimento de Produtos da Volkswagen do Brasil desde 1981 e, atualmente, é responsável pelos Laboratórios de Motores e Emissões Veiculares. É presidente da Comissão de Energia e Meio Ambiente da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e conselheiro da Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA).

Hilton Silveira Pinto

Professor da Unicamp. Formado pela ESALQ/USP com doutorado em Agronomia pela Unesp e pós-doutorado na Universidade de Guelph, Canadá. Coordenou e coordena 23 projetos de pesquisas com financiamentos nas áreas de riscos e de mudanças climáticas na agricultura. Publicou artigos científicos e capítulos de livros no Brasil e no exterior. Recebeu dois prêmios de méritos científicos.

Isabel Cristina Sertá Fraga

Graduada em Química pela Universidade Estadual de Maringá em 1983, mestrado em 1989 e doutorado em 1997 em Química Analítica Inorgânica pela PUC-RJ. Atualmente é pesquisadora do Inmetro na área de Metrologia Química, com ênfase em Eletroquímica (pH e condutividade eletrolítica).

Isaías Carvalho Macedo

Graduado em Engenharia Mecânica pelo ITA em 1967; PhD em Engenharia Mecânica, University of Michigan, USA, 1971. Professor de Engenharia Mecânica no ITA e Unicamp, até 1983; ensino e pesquisa em sistemas de energia. Por 20 anos, 1981 a 2001, planejou e coordenou programas de pesquisa e desenvolvimento no Centro de Tecnologia Copersucar. Desde 2001 trabalha como consultor em energia (governo federal e empresas privadas); na Unicamp, foi assessor da Reitoria e coordena projetos de energia da biomassa, como pesquisador visitante do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Nipe/Unicamp).

João Furtado

Graduado em Economia pela Unicamp em 1981, mestre em 1990 e doutor em Economia em 1997, pela Universidade de Paris XIII. Atualmente é professor na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Coordenou o Grupo de Estudos em Economia Industrial (Unesp) e o Diretório da Pesquisa Privada. Trabalha com temas relacionados com a Economia da Tecnologia e da Inovação e com Políticas Industriais e Tecnológicas. É coordenador adjunto da Diretoria Científica da Fapesp, na área de Inovação (programas PIPE e PITE). Fundou e é sócio-diretor da Elaborar Consultoria.

Joaquim E. A. Seabra

Graduado em Engenharia de Alimentos pela Unicamp, com doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos em 2008, também pela Unicamp. Durante o doutorado, analisou opções tecnológicas para o aproveitamento integral da biomassa de cana, incluindo a avaliação do ciclo de vida do etanol. Atua como pós-doc no National Renewable Energy Laboratory (NREL, EUA) na área de Biorefinery Analysis, dando atenção especial à biomassa da cana. É pesquisador do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Jorge Luis Donzelli

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Unesp, especialista em Manejo de Solos e Cana-de-Açúcar. Especialização em Irrigação e Drenagem pela Esalq/USP. Trabalhou no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e atualmente é coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC/Piracicaba).

José Antonio Bressiani

Engenheiro agrônomo, com mestrado e doutorado (Esalq/USP) em Genética e Melhoramento de Plantas. Área de atuação: melhoramento genético da cana-de-açúcar.

José Carlos Felton

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Faculdade de Ciências Agrônomicas/Unesp, com mestrado e doutorado em Fitotecnia pela Unesp. É pesquisador científico III do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desde 2004. Tem experiência na área de nutrição de plantas, manejo de culturas produtoras de raízes e tubérculos, conhecimentos teóricos e aplicados em estatística e geoprocessamento.

José Dílcio Rocha

Graduado pela Unicamp, mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) e doutorado na Área de Materiais e Processos de Fabricação também na FEM, da Unicamp. Atualmente trabalha na nova unidade EMBRAPA-Agroenergia.

José Goldemberg

Doutor em Ciências Físicas pela USP, da qual foi reitor de 1986 a 1990. Foi presidente da Companhia Energética de São Paulo (CESP); presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; secretário de Ciência e Tecnologia; secretário do Meio Ambiente da Presidência da República; ministro da Educação do Governo Federal e secretário do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Coordenou a Comissão de Bioenergia do Estado de São Paulo.

José Luiz Olivério

Graduado em Engenharia Mecânica de Produção pela Escola Politécnica da USP. Atualmente é vice-presidente de Tecnologia e Desenvolvimento da Dedini S/A Indústrias de Base. Representa a indústria de equipamentos na Câmara Setorial do Biodiesel e, de 2004 a 2007, na Câmara do Açúcar e do Alcool, ambas do Ministério da Agricultura. É membro do Conselho de Tecnologia e do Conselho Superior do Agronegócio, da Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP), do Conselho de Orientação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e do Conselho Consultivo Internacional (Fundação Dom Cabral).

José Roberto Miranda

Graduado em Ciências Biológicas pela USP e doutor em Ecologia Aplicada pela Université des Sciences et Techniques de Montpellier e pela École Pratique des Hautes Études, Paris Vième – Sorbonne, França. Foi docente da USP e atualmente é pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, onde desenvolve pesquisas na área de Agroecologia e Biodiversidade. Possui mais de uma centena de trabalhos técnicos e científicos, vários capítulos de livros e livros publicados.

José Roberto Moreira

Graduado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP. Doutor em Física pela USP. Atualmente é pesquisador na Universidade de Princeton, Estados Unidos e pesquisador na Universidade de Tohoko, Japão. É professor de Física e Energia da USP. Autor coordenador do Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas – IPCC.

José Roberto Postali Parra

Professor titular do Depto de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola – Esalq/USP, membro da Academia Brasileira de Ciências, membro da The Academy of Sciences for the Developing World (TWAS), pesquisador 1A do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e comendador da Ordem Nacional do Mérito Científico – Presidência da República.

Juan Harold Sosa Arnao

Doutor em Engenharia Mecânica pela Unicamp em 2007. Pesquisador da empresa Equipalcool Sistemas Ltda. Áreas de pesquisa: análise de sistemas térmicos, desenvolvimento de caldeiras aquatubulares para queima de biomassa e de resíduos urbanos, secagem de bagaço, leite fluidizado borbulhante e circulante.

Juan Miguel Mesa Pérez

Graduado em Engenharia Química pela Universidade de Oriente, Cuba, doutorado em sistema de termoconversão de biomassa vegetal na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente é sócio da empresa Bioware Tecnologia.

Julio Maria M. Borges

Atual sócio-diretor da JOB Economia e Planejamento. Professor do Departamento de Economia da USP, com artigos publicados no Brasil e exterior. Foi o economista responsável pela Assessoria de Economia e Planejamento da Copersucar durante 14 anos. Atualmente é conselheiro de usinas de açúcar e álcool no Brasil e é membro de instituições nacionais e internacionais relacionadas a açúcar, álcool e energia.

Jurandir Zullo Junior

Graduado em Matemática Aplicada, 1985; e Engenharia Agrícola, 1987; mestrado em Matemática Aplicada, 1990; e doutorado em Engenharia Elétrica, 1994, todos pela Unicamp. Atualmente é pesquisador do Cepagri/Unicamp desde 1987 e foi diretor do Centro de agosto de 2002 a agosto de 2008. Tem experiência nas áreas de agrometeorologia, sensoriamento remoto e modelagem matemática.

Katia Tannous

Graduada em Engenharia química pela UCS/RS, 1985; Mestre pela Unicamp, 1989; e doutora pelo Institut National Polytechnique de Toulouse (INP), França, 1993; pós-doutorado na University of Waterloo, Canadá, 1999 a 2000; especialista em educação, 2004, pela PUC – Campinas. Atualmente é educadora, pesquisadora e professora associada na Unicamp.

Karine Miranda Oliveira

Graduada em Ciências Biológicas pela Unicamp (2001) e doutorado e pós-doutorado em Genética e Biologia Molecular pela mesma instituição, 2006 e 2008, respectivamente. Atualmente é pesquisadora sênior no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). Tem experiência na área de Genética, com ênfase em Genética Vegetal e Melhoramento.

Ladislau Martin Neto

Doutorado em Física Aplicada pela USP de São Carlos. Pós-Doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade da Califórnia, Berkeley, Estados Unidos. Pesquisador da EMBRAPA Instrumentação Agropecuária. Orientador do Programa de Pós-Graduação da USP – Instituto de Química de São Carlos. Pesquisador de Produtividade em Pesquisa do CNPq, nível I-C. Atualmente é coordenador Embrapa Labex USA em Beltsville desde 2009.

Leticia Ledo Marciniuk

Graduada em Química pela Universidade Estadual de Maringá (2003) e mestrado em Química Inorgânica pela Unicamp, 2007, sob orientação do professor Dr. Ulf Schuchardt. Atualmente, faz doutorado em Engenharia Química na Universidade Federal de São Carlos, sob orientação do professor Dr. Dilson Cardoso, na área de catálise heterogênea para produção de biodiesel.

Lúcia Carvalho Pinto de Melo

Graduada em Engenharia Química pela UFPE em 1973, mestre em Física pela UFPE em 1976, mestre em Energia e Meio Ambiente pela Universidade da Califórnia em 1980, cursos de pós-graduação no Massachusetts Institute of Technology – MIT. É presidenta do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desde 2005. Ocupou a Secretaria Executiva Adjunta do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Foi secretária de Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco e presidente da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco (Facepe). É pesquisadora titular da Fundação Joaquim Nabuco (Fundaj). É comendadora do Mérito Científico Nacional.

Luciana Rossini Pinto

Graduada em Engenharia Agrônoma pela FCAV/Unesp, com mestrado pela FCAV/Unesp e doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Esalq/USP. Atualmente é pesquisadora científica do Centro de Cana do Instituto Agrônomo de Campinas. Área de atuação: biotecnologia.

Luís Augusto Barbosa Cortez

Graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp, M.Sc. pela Université Laval em Québec, Canadá e PhD pela Texas Tech University em Lubbock, EUA. Atualmente é professor titular na Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Foi coordenador do Nipe/Unicamp, de 1998 a 2002 e coordenador de Relações Internacionais da Unicamp (2002-2009). É coordenador adjunto da Diretoria Científica da Fapesp e assessor da Diretoria no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Luis Carlos Corrêa Carvalho

Graduado em Engenharia Agrônoma, pela Esalq/USP, pós-graduação na FEA/USP e Vanderbilt University (USA). Foi executivo em organizações públicas e privadas ligadas a cana-de-açúcar, açúcar e álcool; presidente da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Açúcar e do Álcool, do Governo Brasileiro, de 2003 a 2007; conselheiro do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), de 2004 a 2007. Atualmente é diretor da Canaplan e diretor das Usinas do Grupo Alto Alegre e vice-presidente da Associação Brasileira de Agribusiness (Abag).

Luiz Augusto Horta Nogueira

Graduado em Engenharia Mecânica pela Unesp Guaratinguetá, mestre e doutor pela Unicamp. Foi diretor da Agência Nacional de Petróleo (ANP), catedrático pelo Memorial da América Latina. Atualmente é professor titular da UNIFEI, onde trabalha na área de biomassa para fins energéticos.

Manoel Regis Lima Verde Leal

Graduado em Engenharia Aeronáutica pelo ITA em 1964, PhD em engenharia mecânica pela Kansas State University em 1971. Desenvolveu atividades de P&D em engenharia no setor sucroalcooleiro, no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), de 1986 a 2004. Atualmente é coordenador do Programa de Sustentabilidade do Etanol no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) e diretor de P&D do Centro de Energias Alternativas e Meio Ambiente (CENEA).

Marcelo Khaled Poppe

Graduado em Engenharia Elétrica pela UFRJ em 1972, mestre em Economia da Inovação e Economia de Sistemas Energéticos pela Université de Paris IX – Dauphine e Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, em 1985. Diretor, depois secretário de Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia de 2001 a 2003. Atualmente é assessor do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), onde lidera estudos nas áreas de energia e mudança do clima.

Marcelo M. R. Moreira

Graduado em Economia pela PUC-RJ e com mestrado em Economia das Instituições e Desenvolvimento pela Universidade de São Paulo. Desde 2007, é pesquisador do Instituto de Estudos de do Comércio e Negociações Internacionais, onde é especialista em modelagem econômica do setor sucroenergético, biocombustíveis e mudança direta e indireta do uso da terra.

Marcelo Valadares Galdos

Graduado em International Agricultural Development em Kansas, EUA. Mestre em Gestão de Recursos Agroambientais pelo Instituto Agrônomo de Campinas e doutor em Ciência do Solo pela Esalq/USP. Atualmente desenvolve pesquisas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) em Avaliação de Ciclo de Vida de produtos agrícolas, com ênfase em emissões de gases do efeito estufa e sequestro de carbono no solo.

Márcia Justino Rossini Mutton

Graduada em Engenharia Agrônoma pela FCAV/Unesp, com mestrado em Produção Vegetal pela FCAV/Unesp, doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Esalq/USP. Atualmente é professora livre-docente do Departamento de Tecnologia da FCAV/Unesp, atuando nas áreas de produção de matéria-prima de qualidade para o setor sucroalcooleiro, biotecnologia das fermentações e tecnologia de produção de açúcar, álcool e subprodutos.

Marco Aurélio Pinheiro Lima

Físico teórico com graduação e mestrado em Física Atômica e Molecular pela USP e doutorado em Química pelo Caltech, EUA. Atualmente é professor titular da Unicamp. Publicou mais de 120 artigos em revistas indexadas e tem mais de 1.600 citações. É um dos editores da revista *European Physical Journal D*. É diretor do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Marcos Guimarães de Andrade Landell

Graduado em Engenharia Agrônoma pela FCAV/Unesp, mestrado e doutorado pela FCAVJ/Unesp em Produção Vegetal. Atualmente é pesquisador científico do Centro de Cana do Instituto Agronômico de Campinas. Área de atuação: melhoramento genético da cana-de-açúcar.

Marcos Silveira Buckeridge

Desde 1998 desenvolve pesquisas sobre as repostas de plantas nativas e cultivadas no Brasil às mudanças climáticas, estudando fotossíntese, crescimento e metabolismo. É um dos criadores e coordenadores do programa BioEn – Fapesp, coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) do Bioetanol e diretor científico do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Atualmente é professor de fisiologia vegetal no Instituto de Biociências da USP e editor de revistas internacionais de bioenergia.

Maria das Graças de Almeida Felipe

Graduada em Ciências Exatas e Tecnológicas com licenciatura plena em Biologia pela UFV em 1981, mestre em Microbiologia Agrícola (UFV-1988). Doutorada pela USP em 1994, em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica na área de Tecnologia de Fermentações. Atualmente é docente e pesquisadora da EEL-USP atuando no campo da Biotecnologia Industrial com enfoque na biomassa vegetal, particularmente co-produtos agroindustriais.

Maria Valnice Boldrin Zanoni

Graduação em Química pela FFCLRP/USP, mestrado e doutorado em Físico-Química pela IFQSC/USP, pós-doutorado na University of Loughborough/UK. Livre-Docente em Química Analítica (FFCLRP/USP), professora visitante na University of Wisconsin/USA e University of Oxford/UK. Atualmente é professora no IQ/Unesp.

Marie-Anne Van Sluys

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1983, e doutorado pela Universidade de Paris XI (Paris-Sud), 1989. É professora titular da USP e responsável pelo laboratório GaTE-LBMP. Atua na área de genética, com ênfase em biologia molecular. Atualmente é coordenadora adjunta e membro do Programa BIOEN da Fapesp.

Martial Bernoux

Engenheiro agrônomo, doutor pelas universidades de São Paulo e de Orléans (França). Desde 1999 é pesquisador do Institut de Recherche pour le Développement (IRD) da França. Co-responsável da Equipe “Carbono e Mudanças Globais” da Unidade de Pesquisa Eco&Sols.

Mats Galbe

Pesquisador sênior do Departamento de Engenharia Química na Lund University, na Suécia. Fez seu MScChE e PhD na Lund University. Tem mais de 20 anos de experiência na produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos. É atualmente responsável pelo desenvolvimento de uma unidade de processo nacional para a produção de etanol situada em Lund, onde também atua como orientador de estudantes de doutorado.

Mauro Alexandre Xavier

Graduado em Engenharia Agrônoma pela UFSC. Mestrado pela FCAV/Unesp em Produção Vegetal. Pesquisador do Centro de Cana do Instituto Agronômico (IAC) de Campinas. Área de atuação: melhoramento genético da cana-de-açúcar.

Miguel Angelo Mutton

Graduado em Engenharia Agrônoma, mestre em Produção Vegetal, ambos pela FCAV/Unesp, doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Esalq/USP. Professor assistente doutor do Departamento de Produção Vegetal da FCAV/Unesp, atuando nas áreas de Sistemas de Produção e Manejo Sustentável da Cultura da cana-de-açúcar.

Miguel Taube-Netto

Fundador e presidente da UniSoma Matemática para Produtividade S.A., graduou-se em Engenharia Aeronáutica pelo ITA em 1963 e obteve seu PhD no Department of Industrial and Operations Engineering da Universidade de Michigan em 1972. Foi coordenador de pós-graduação do Departamento de Matemática Aplicada do IMECC – Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica da Unicamp. Ganhador do 1995 Franz Edelman Award, concedido pelo Informs.

Mirna Ivonne Gaya Scandiffio

Doutorado e mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Unicamp. No Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), trabalhou em áreas relacionadas à sustentabilidade. Como pesquisadora do Nipe/Unicamp, participou do Projeto Etanol. Na área acadêmica, coordenou o curso superior de Administração. Leciona disciplinas nas áreas de administração estratégica, energias renováveis e não renováveis, sustentabilidade, qualidade e meio ambiente, para cursos de graduação e pós-graduação.

Nelson Ramos Stradiotto

Graduado em Química pela FFCLRP/USP, mestrado e doutorado em Físico-Química pela IFQSC/USP, pós-doutorado na University of Southampton/UK. Livre-Docente em Química Analítica pela FFCLRP/USP. Professor visitante na University of Loughborough/UK e University of Oxford/UK. Professor titular em Química (FFCLRP/USP). Atualmente é professor no IQ/Unesp.

Nilson Antonio Miguel Arraes

Graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp, especialização em Economia do Sistema Agroalimentar (Cefas), mestrado em Engenharia de Sistemas, doutorado em Saneamento e Meio Ambiente pela Unicamp. Atualmente é professor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão na área de gestão rural, em especial, gestão da produção e gestão ambiental (privada) e gestão de áreas rurais periurbanizadas (pública).

Orlando Melo de Castro

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Esalq/USP, pesquisador do Centro de Solos do Instituto Agronômico (IAC) desde 1978. Diretor geral do IAC de 2004 a 2008. É coordenador da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA) desde 2008.

Oscar A. Braunbeck

Engenheiro industrial com mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola, MSU/EUA. Orientou 25 dissertações e teses como professor da Feagri/Unicamp. Desde 1980 dedicado à pesquisa e projeto de equipamentos para a mecanização da cana de açúcar, atuando no Centro de Tecnologia Copersucar, na Unicamp e atualmente é diretor do Programa de Agricultura de Baixo Impacto no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), com ênfase no plantio direto, colheita de cana crua e palha.

Patrícia Maria Guardabassi

Engenheira química, M.Sc. em Energia. Pesquisadora do Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio) e Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP).

Paulo Paschoal Borges

Graduado em Engenharia Metalúrgica pela UFRJ em 1983, mestrado em 1989 e doutorado em 1999 em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela UFRJ-RJ. Atualmente é pesquisador do Inmetro, com experiência na área de metrologia química e ênfase em eletroquímica (pH e coulometria).

Paulo Sérgio Graziano Magalhães

Graduado em Engenharia Agrícola pela Unicamp em 1979, com doutorado em Engenharia Agrícola pela University of Cranfield, Inglaterra, em 1986. Professor titular da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Atua na área de engenharia agrícola, com ênfase em projeto e desenvolvimento de máquinas agrícolas e agricultura de precisão na área de cana-de-açúcar.

Paulo Sérgio Machado Botelho

Graduado em Engenharia Agrônoma, mestrado, doutorado em Entomologia e pós-doutorado pela Esalq/USP. Professor associado do Departamento de Biotecnologia Vegetal da UFScar. De 1975 a 1990, atuou no extinto IAA/Planalsucar. Tem-se dedicado ao estudo de pragas da cana-de-açúcar e controle biológico de pragas agrícolas.

Pedro Ramos

Economista, mestre e doutor em Economia Aplicada à Administração pela Eaesp/FGV. Professor/pesquisador do Núcleo de Economia Agrícola e Ambiental do IE/Unicamp, trabalha com o tema da evolução e estrutura da agropecuária brasileira e com história econômica do Brasil, autor do livro *Agroindústria canavieira e propriedade fundiária no Brasil*, tendo organizado outros livros sobre temas afins.

Raffaella Rossetto

Graduada em Engenharia Agrônoma, Esalq/USP, mestrado em Energia Nuclear na Agricultura, pela Cena/USP, doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, Esalq/USP. Pesquisadora científica nível VI da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA) – Programa de Cana-de-açúcar do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

Renata Marcheti

Graduada em Direito pela FADIS e possui licenciatura plena em Letras pela FFCL, da Barão de Mauá. Mestre em Direito Constitucional pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, doutora em Direito das Relações Econômicas Internacionais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Professora de Direito junto da Faculdade de Economia, Contabilidade e Administração de Empresas (FEARP), da USP. Atua como advogada, foi gerente jurídico do Grupo Nestlé Brasil Ltda. e gerente geral jurídico da Votorantim Metais Ltda. Sua experiência em direito tem ênfase em direito empresarial, M&A, tributário e bioenergia.

Renata Martins

Graduada em Administração de Empresas em 1995, mestranda em Energia na Universidade Federal do ABC. Pesquisadora científica, desde 2005, do Instituto de Economia Agrícola (IEA); da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA). Atua na área de gestão de tecnologia e de processos inovativos, com ênfase em biocombustíveis.

Renata Torres Gomes de Souza

Mestranda em Engenharia Agrícola pela Unicamp, ganhadora do prêmio CREA-SP de formação profissional pela mesma faculdade. Atua como PMO na área de Supply Chain da Whirlpool S.A. No setor sucroalcooleiro, atuou em consultoria e como engenheira de projetos da DEDINI. Nessa empresa, como membro da Engenharia de Desenvolvimento e Novos Negócios, esteve diretamente envolvida em análises de palhão para fins de cogeração de energia. Especialista em análise de viabilidade técnico-econômica de projetos e confecção de *business plan*.

Ricardo Yassushi Inamasu

Graduado em Engenharia Mecânica e doutor pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP, realizou pós-doutorado em Engenharia de Biosistema da Universidade de Nebraska. Atualmente é pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária e também docente colaborador da Universidade de São Paulo. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: instrumentação para agricultura de precisão, robótica agrícola, sensoriamento de alta resolução e eletrônica embarcada em máquinas agrícolas. É membro da Força Tarefa Isobus Brasil.

Roberto Campos Giordano

Graduado pela Poli-USP, mestre pela Unicamp e doutor pela EPUSP em Engenharia Química. Pós-doutorado em Engenharia Bioquímica no MIT, EUA. Docente da UFSCar desde 1980. Atualmente é professor titular da UFSCar e coordenador do Laboratório de Desenvolvimento e Automação de Bioprocessos. Suas atividades de pesquisa visam ao desenvolvimento de biorreatores não convencionais, à modelagem, simulação, otimização e validação de estratégias de controle de bioprocessos.

Rodolfo Hoffmann

Graduado na Esalq/USP em 1965 e foi professor em tempo integral nessa instituição de 1966 a 1996. Atualmente é professor do Instituto de Economia da Unicamp. Seus principais temas de estudo e pesquisa são as medidas de desigualdade e pobreza, a distribuição da renda no Brasil e o processo de modernização da agricultura.

Rodolfo Quintero-Ramirez

Graduado em Engenharia Química pela UNAM (1972), mestre pelo MIT (1974) e doutor pela Universidad de Manchester (1977). Atualmente é professor do Departamento de Processos e Tecnologia da Divisão de Ciências Naturais e Engenharia da Universidad Autónoma Metropolitana, México e Investigador Nacional nivel III del SNI desde 1989.

Rodrigo Aparecido Jordan

Graduado em Engenharia Agrícola em 1998 e mestre em Engenharia Agrícola em 2000, ambos pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Doutor em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI /Unicamp) em 2005.

Rodrigo Gazaffi

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas (Esalq/USP) e atualmente faz pós-doutorado em Genética Estatística sob supervisão do Dr. A. Augusto F. Garcia. Trabalha com melhoramento de plantas e mapeamento de QTLs em populações experimentais e progênies de irmãos completos (diploides e poliploides).

Rodrigo Lima Verde Leal

Graduado em Engenharia Elétrica pela Unicamp (1995), pós-graduado em Administração de Empresas pela FGV (2002) e mestrado em Política Científica e Tecnológica pela Unicamp (2007). Atualmente é pesquisador da Fundação CPqD. Possui experiência na área de gestão da inovação, atuando principalmente nos seguintes temas: tecnologias de informação e comunicação (TIC), análise de viabilidade, prospecção e planejamento tecnológico, regulação e políticas públicas.

Rogério Cezar de Cerqueira Leite

Professor Emérito da Unicamp, membro do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, presidente do Conselho de Administração da Associação Brasileira de Tecnologia de Luz Síncrotron (ABTLuS) e membro do Conselho Editorial da Folha de São Paulo.

Sabrina Feldman

Coordenadora de comunicação do Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE).

Sabrina Moutinho Chabregas

Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Esalq/USP (2002). Especialista em Tecnologia Agroindustrial da Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool – Centro de Tecnologia Canaveira (CTC).

Sérgio Tamassia Barreira

Graduado em Engenharia Agrônoma, em 1975, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP e MBA em Gestão Empresarial e Finanças, pela ESAMC. Em 1976, iniciou suas atividades na Codistil S/A, como Engenheiro de Projetos na Divisão de Açúcar e Etanol; exercendo, ao longo da carreira, cargos de Gerência e Diretoria de Engenharia. Atualmente, trabalha na Dedini, ocupando o cargo de diretor executivo da Divisão de Negócios BIO – Equipamentos e Plantas. Exerce, também, o cargo de diretor superintendente da DAP – Dedini Automação de Processos.

Silvana Creste

Graduada em Engenharia Agrônoma pela FCA/Unesp, com mestrado em Ciências Biológicas pela Unesp e doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Esalq/USP. Atualmente é pesquisadora científica do Centro de Cana do Instituto Agrônomo de Campinas. Área de atuação: biotecnologia.

Silvia Azucena Nebra

Pesquisadora do Nipe/Unicamp. Professora titular aposentada da Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp (1980-2005). Áreas de pesquisa: diagnóstico/otimização de sistemas térmicos, secagem de produtos agroindustriais.

Sílvia Maria Stortini González Velázquez

Graduada em Engenharia Química pela Fundação Armando Álvares Penteado em 1985, mestre em 2000 e doutora, em 2006, em Energia pelo Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE), da USP. Professora da Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado, professora da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, pesquisadora do Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), atuando principalmente na geração de energia a partir de fontes renováveis, particularmente a biomassa, e na utilização de biocombustíveis líquidos.

Sílvio Cezar Pereira Rangel

Graduado em Economia pela Universidade Federal de Mato Grosso, e em Direito pela Universidade de Cuiabá. Pós-graduado em Gestão Empresarial pela Universidade de São Paulo (USP), Fundação Instituto de Administração (FIA). Atualmente é gerente da divisão de biodiesel na Usina Barralcool S/A, desde seu projeto inicial até implantação e funcionamento, em 2006.

Suani Teixeira Coelho

Doutora em Energia pela USP, Professora do Programa Interunidades de pós-graduação em Energia da USP, Coordenadora do Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio) – Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE/USP), Secretária adjunta de Meio Ambiente – Governo Geraldo Alckmin – Estado de São Paulo.

Tamás Szmrecsányi (1936 – 2009)

Filósofo. Mestrado em Economia pela New School for Social Research. Doutor em Economia pela Unicamp. Pós-doutor pela University of Oxford, Inglaterra. Lecionou na Esalq/USP e foi livre docente/Unicamp. Professor titular de História Social da C&T/Unicamp, professor visitante da Université de Toulouse I, França, e da Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Equador). Autor de vários livros, com destaque para *O planejamento da agroindústria canaveira do Brasil (1930-1975)*, e organizador de coleções pela Editora Hucitec. Fundou e presidiu a Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica.

Telma Teixeira Franco

Graduação e mestrado pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas e doutorado em Engenharia Bioquímica pela University of Reading, Inglaterra. Atualmente é professora livre docente da Engenharia Química da Unicamp e coordenadora do Laboratório de Engenharia Bioquímica, Biorrefinaria e Produtos de Origem Renovável. Possui experiência em bioprocessos. Atua em uso de biomassa para obtenção de moléculas de uso industrial, caracterização e aplicação de quitosana/biopolímeros em filmes inteligentes, tecnologia enzimática, biorrefinaria processos fermentativos e fotobiorreatores

Teresa Losada Valle

Graduada em Engenharia Agrônoma pela Esalq/USP, com mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas e doutorado em Agronomia, também pela Esalq/USP. Pesquisadora científica VI do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) desde 1982. Tem 27 anos de experiência no desenvolvimento de ciência e tecnologia com a cultura da mandioca, assessora projetos nacionais e internacionais. Desenvolveu várias variedades de mandioca com alto impacto agrícola.

Thomaz Fronzaglia

Graduado em Engenharia Agrônoma em 1999 e mestre em Administração pela Universidade de São Paulo em 2003. É analista da Secretaria de Gestão e Estratégia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa desde 2007. Foi pesquisador no Instituto de Economia Agrícola (IEA/Apta) entre 2005 e 2007. Atua em análise prospectiva, planejamento estratégico, gestão da inovação e economia das organizações e das instituições.

Ulf Friedrich Schuchardt

Graduado em Química na Universidade de Marburg, Alemanha, em 1973; doutor em Química Inorgânica na Universidade de Muenchen, Alemanha, em 1975. Pós-doutorado no Instituto Max-Planck, Alemanha. Desde 1976 é professor de Química Inorgânica da Unicamp. Aposentado e pesquisador sênior do CNPq desde 2007.

Vadson Bastos do Carmo

Graduado em Química e Especialização em Engenharia da Qualidade, ambos pela Unicamp. Especialização em Gestão Empresarial pela USP, mestrado em Engenharia de Produção pela Unimep, mestrado em Gerenciamento de Sistemas de Informações pela PUC, doutorando em Engenharia Química pela Unicamp. Experiência de mais de 25 anos em empresas multinacionais e nacionais (Dow, Degussa, Elekeiroz, Sebrae, Fatec, Dedini) nas áreas de pesquisa e desenvolvimento, gestão tecnológica e empresarial.

Vanderléia Radaelli

Economista, doutoranda em Política Científica e Tecnológica (IG/Unicamp).

Wanderley Dantas dos Santos

Doutor em Biologia Celular pela Universidade Estadual de Maringá por sua pesquisa sobre os mecanismos alelopáticos do ácido ferúlico. Atualmente, investiga o papel dos fenilpropanoides na recalcitrância à hidrólise da parede celular da cana-de-açúcar no Instituto de Biociências da USP.

William Lee Burnquist

Engenheiro Agrônomo, PhD e melhorista. Atualmente é gerente de desenvolvimento estratégico do Centro de Tecnologia Canaveira-CTC. Tem extensa experiência em melhoramento genético e biotecnologia de cana-de-açúcar, coordenou grupos de pesquisadores e desenvolveu mais de 40 variedades de cana que, coletivamente, ocupam 50% do mercado brasileiro. É um membro ativo da International Society for Sugarcane Technologists (ISSCT), para o qual foi eleito, em 2010, vice-chairman para uma gestão de três anos.

BIOENERGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL: SUSTENTABILIDADE, REDUÇÃO DE EMISSÕES E SEGURANÇA ENERGÉTICA

Carlos Henrique de Brito Cruz
Diretor científico da Fapesp

O etanol de cana-de-açúcar forneceu, em 2007, 16,3% da energia para o transporte terrestre (excluindo estradas de ferro) e 37,6% da energia total fornecida pelo combustível líquido para os motores do ciclo de Otto. Este último percentual já chegou a ser 51% em 1988.

Além da energia extraída e armazenada no etanol, a queima do bagaço de cana gera o calor que a usina utiliza. Com frequência cada vez maior, o bagaço tem sido matéria-prima para a geração de eletricidade e revendido à rede elétrica. A energia total, gerada a partir da cana no Brasil, atingiu, em 2007, 15,9% da energia produzida no País; o número faz da cana a segunda mais importante fonte de energia para o Brasil, depois do óleo e superando a hidroeletricidade.

Além de ter os custos de produção mais baixos do mundo, o etanol de cana produzido no Brasil tem outra vantagem importante: na região Centro-Sul do País, somente uma unidade da energia fóssil é usada para cada 8-9 unidades da energia produzidas pelo etanol de cana. A redução das emissões do carbono beneficia-se também do *ethanol* do *sugarcane*: para cada metro cúbico de etanol de cana usado como combustível, há uma redução de 2,1 a 2,4 t de CO₂, emitido na atmosfera.

A cana-de-açúcar chegou ao Brasil em 1532. No “modelo brasileiro”, açúcar e etanol são produzidos concomitantemente, o que tem trazido benefícios técnicos e o aumento proeminente na competitividade de ambos os produtos no mercado internacional. Aproximadamente 50% da sacarose de cana

produzida no País está dirigida hoje à produção do açúcar; a metade é usada para produzir o etanol. Pesquisa e Desenvolvimento – P&D industrial e acadêmica ajudaram a aumentar continuamente a produtividade do etanol, especialmente durante os últimos 33 anos, a uma taxa de 3,2% por ano. O aumento de produtividade possibilitou economia da área plantada por um fator de 2,6.

Em 2007, a área plantada com cana para a produção do Etanol era 3,4 MHa, correspondente a 1% da terra arável total disponível no Brasil. 63% do Etanol produzido no Brasil vem do Estado de São Paulo, onde a produtividade é a mais elevada, ultrapassando 7 mil litros por hectare. A maior parte da expansão recente está acontecendo na região Centro-Oeste do País, em terras degradadas de pasto.

O interesse mundial pelos biocombustíveis, especialmente a partir de 2004, abriu para o Brasil importantes oportunidades e trouxe também grandes desafios. Vale notar que o mercado para gasolina do mundo foi de aproximadamente 1,17 trilhões de litros em 2002, de modo que, para satisfazer a uma demanda de 10% dessa energia, seria necessário produzir aproximadamente 150 bilhões de litros do etanol combustível. Isso equivale a 10 vezes a produção brasileira atual.

Desde 1975, com o início do Programa Proálcool, o Brasil vinha desenvolvendo, praticamente sem competição (e também sem muito interesse mundial), o uso de biocombustível. Os preços elevados do petróleo, vigentes até 2008, e a crescente atenção aos malefícios trazidos pelas emissões

de gases estufa mudaram essa confortável posição quase monopolista. Por um lado, os avanços científicos levaram tomadores de decisões dos Estados Unidos e Europa a acreditarem que seria possível produzir biocombustíveis, a partir do processamento de celulose, usando-se técnicas de hidrólise e/ou de gaseificação, de forma economicamente viável. O preço do petróleo, que chegou a US\$ 120 o barril em meados de 2008 (mesmo que tenha caído a partir do início da crise econômica global atual), facilitou a formação dessa convicção favorável à viabilidade do etanol celulósico. Por outro lado, a partir do Relatório Científico do IPCC, publicado em 2008, segundo o qual o aquecimento global tem sólida base científica; torna-se portanto, essencial a tomada de medidas para se reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Desde o lançamento do Proálcool, o Brasil vinha sendo o grande e, praticamente, único ator relevante nesse campo. O cenário mudou: hoje, países mais desenvolvidos decidiram adotar o uso de biocombustíveis e dedicam à viabilização desse objetivo recursos financeiros e empresariais e parte expressiva de sua capacidade de pesquisa e desenvolvimento. Em 2007, o Brasil perdeu a posição de primeiro produtor mundial de etanol para os Estados Unidos. A produção norte-americana está baseada em milho, menos eficiente do que a cana-de-açúcar em vários aspectos. A velocidade do avanço tecnológico tende a aumentar e a possibilidade de descobertas revolucionárias podem resultar em modificações relevantes, positivas ou negativas, para o Brasil.

Simultaneamente, no novo cenário, a perspectiva de aumento na produção mundial de biocombustíveis trouxe ao debate dois tópicos relevantes. O primeiro deles é o fato de o aumento ser percebido como potencial fator de competição por áreas aráveis, o que encareceria a produção de alimentos. Em segundo lugar, questões relacionadas à sustentabilidade da produção de biocombustíveis ganharam realce, especialmente aquelas ligadas a estudos sobre Análise de Ciclo de Vida.

Todas essas recentes modificações enfatizam a importância da pesquisa para a aquisição de novos conhecimentos na área da bioenergia. Mais ainda, destacam a necessidade de a pesquisa sobre biocombustíveis no Brasil também mudar de patamar – de uma situação relativamente confortável, em que a competição externa era praticamente inexis-

tente, para uma na qual a competição inclui, agora, as maiores potências científicas do planeta.

O enfrentamento desses desafios requer ações dos vários atores envolvidos nas políticas nacionais para ciência e tecnologia. A Fapesp, atenta ao assunto, iniciou desde 2005 debates com membros da comunidade de pesquisa paulista sobre a pesquisa em bioenergia. A aprovação do projeto Diretrizes de Políticas Públicas para a Agroindústria Canavieira no Estado de São Paulo, sob a responsabilidade do Prof. Luís Augusto Barbosa Cortez, da Unicamp, dentro do Programa Fapesp de Pesquisa em Políticas Públicas, foi um importante passo nessa direção.

Os estudos e as conclusões desenvolvidos pelo projeto são apresentados nesta obra. O trabalho envolveu a realização de 20 *workshops* temáticos que mobilizaram mais de 500 pesquisadores.

A agenda de pesquisa científica e tecnológica, que resulta desse estudo abrangente e sistemático, mostra a importância dos estudos ligados à sustentabilidade da produção de energia a partir da cana. Mostra também como as possibilidades de aumento de eficiência e produtividade poderão advir de avanços científicos e como a interconexão entre os desafios é relevante.

É essencial que o Brasil, e o Estado de São Paulo, tomem as medidas necessárias para intensificar a atividade de P&D em universidades, institutos e empresas, nos temas abrangidos nesta obra. A posição de destaque do País no uso de bioenergia depende disso, especialmente no momento em que os avanços científicos apontam para uma segunda geração de biocombustíveis, baseados no processamento de açúcares extraídos da celulose contida na biomassa. Para esse fim, a Fapesp anunciou, em 2008, o Programa Fapesp de Pesquisa sobre Bioenergia, o Bioen Fapesp.

O Programa Fapesp de Pesquisa sobre Bioenergia, Bioen, visa articular a P&D na área, usando laboratórios acadêmicos e industriais e, com isso, ampliar e aplicar o conhecimento nos campos relacionados à produção do etanol no Brasil. O Programa Fapesp para a Pesquisa sobre o Etanol tem um núcleo sólido para apoiar a pesquisa acadêmica exploratória relacionada a esses tópicos. Espera-se que essas atividades exploratórias gerem conhecimento novo e formem os cientistas e os profissionais essenciais para avançar a capacidade da indústria em tecnologias relacionadas ao etanol.

Além disso, o Programa Fapesp para a Pesquisa em Etanol estabelece parcerias com a indústria para cofinanciamento de atividades cooperativas de P&D entre laboratórios industriais e laboratórios acadêmicos nas universidades e nos institutos de pesquisa. Para cada uma dessas colaborações, os detalhes e temas são especificados de acordo com o interesse dos parceiros privados e de acordo com o compromisso da Fapesp de promover a pesquisa no Estado de São Paulo. Outras agências da pesquisa de governos federais e de outros estados foram convidadas a participar do programa da Fapesp para a pesquisa sobre o etanol: o CNPq já aprovou um regime de cofinanciamento, com expressivos recursos do Pronex, que foi usado nos editais publicados em 2008. A Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, Fapemig, já aprovou convênio de cooperação com a Fapesp para cofinanciamento de P&D, em colaboração entre pesquisadores paulistas e mineiros.

O Bioen Fapesp inclui cinco divisões principais:

- a) Ciência e tecnologia da planta de cana-de-açúcar, incluindo genômica, melhoramento

e tecnologias para o cultivo e colheita da cana-de-açúcar.

- b) Tecnologias industriais de produção de etanol.
- c) Aplicações do etanol para veículos: motores do ciclo de Otto e células combustíveis.
- d) Tecnologias de biorrefinarias.
- e) Temas horizontais: impactos sociais e econômicos, estudos ambientais e uso da terra.

As primeiras chamadas de propostas de pesquisa foram lançadas pela Fapesp, em 2007 e 2008, e somaram investimentos previstos de R\$ 89 milhões para os quatro anos seguintes. Novas chamadas serão anunciadas neste ano.

O trabalho do Prof. Cortez e da equipe que ele reuniu, apresentado nesta obra, é uma riquíssima contribuição do Bioen Fapesp para o desenvolvimento da P&D sobre bioenergia no Brasil. Esperamos que estimule a comunidade de pesquisa a continuar na busca de novos desafios científicos e tecnológicos e que represente um marco na sua superação.

APRESENTAÇÃO

Luís Augusto Barbosa Cortez
Coordenador do projeto PPP Etanol Fapesp

O livro *Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade* foi elaborado a partir dos trabalhos realizados entre agosto de 2006 e março de 2009, dentro do Projeto “Diretrizes de Políticas Públicas para a Pesquisa Científica e Tecnológica em Bioenergia no Estado de São Paulo” (<http://www.apta.sp.gov.br/cana/>), coordenado pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético Nipe da Unicamp e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp.

O Projeto PPP Etanol Fapesp teve como instituição parceira a Agência Paulista de Tecnologia em Agronegócios – APTA (a qual reúne instituições como o IAC, IEA, ITAL) e contou com a participação das seguintes instituições:

- Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)
- Centro Nacional de Referência de Biomassa (Cenbio)
- Centro de Tecnologia Canavieira (CTC)
- Dedini S.A. Indústrias de Base
- Embrapa Brasileira Agropecuária (Embrapa)
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)
- Universidade Estadual Paulista (Unesp)
- Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
- Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
- Universidade de São Paulo (USP)

Além dos participantes acima relacionados, a obra teve a participação de pesquisadores especialistas em diversos temas que abrangem desde as questões voltadas para os aspectos políticos e de sus-

tentabilidade até os específicos de desenvolvimento tecnológico no setor sucroalcooleiro no Brasil.

O projeto PPP Etanol Fapesp teve como produto a realização de 18 workshops tecnológicos. Os quais tiveram como objetivo a realização de diagnósticos e elaboração de prospecção e desenvolvimento de cenários visando à elaboração de propostas de PD&I e de propostas de diretrizes, estratégias e políticas públicas para o setor sucroalcooleiro.

Os *workshops* tecnológicos, que cobriram toda a cadeia produtiva da cana-de-açúcar ao uso final do etanol, tiveram o objetivo de subsidiar a construção das diretrizes, através da identificação dos gargalos do setor, distribuídos pelas áreas de atuação e especialização, integrando toda a equipe participante, inclusive promovendo o envolvimento de outros especialistas que não participam diretamente do projeto e de representantes da cadeia produtiva, de forma a alavancar o potencial de sustentabilidade e crescimento e atender à demanda da sociedade.

Por meio dos *workshops* foi possível para os autores deste livro criarem indicadores e medirem o desempenho do setor sucroalcooleiro, além da realização de diagnósticos, análise dos resultados e identificação de gargalos ao longo da cadeia produtiva.

O livro é, portanto, uma coletânea de documentos obtidos através dos workshops e papers de especialistas, visando identificar gargalos e oportunidades de pesquisa e desenvolvimento do etanol combustível, considerando a realidade brasileira. A partir do diagnóstico efetuado pode-se definir diretrizes e estratégicas para o desenvolvimento de

TABELA 1 *Workshops* Tecnológicos realizados pelo projeto PPP Etanol Fapesp.

Tema	Instituição responsável	Data
Produção de Etanol	EEL/USP	10/11/2006
Colheita, Transporte, Recuperação da Palha	Feagri/Unicamp	29/11/2006
Hidrólise	IPT	11/12/2006
Sustentabilidade	IEA/APTA	14/06/2007
Melhoramento Genético e Biotecnologia	IAC/APTA	28/06/2007
Produção Vegetal e Modelagem Agrícola	Esalq/USP	17/07/2007
Pragas da Cana-de-Açúcar	Esalq/USP	14/08/2007
Cana Energia	FEQ/Unicamp	05/10/2007
Vinhaça	FCA/Unesp	10/10/2007
Cogeração	FEM/Unicamp	23/01/2008
BTL (<i>Biomass to Liquids</i>)	IPT	26/02/2008
Aspectos Ambientais	Cenbio/Cetesb	16/04/2008
Impactos da Evolução do Setor	APTA/CATI	16/05/2008
Produção de Etanol: qualidade da matéria-prima	EEL/USP	30/05/2008
Gerenciamento Agrícola do Setor Sucroalcooleiro	CTC	02/10/2008
Uso da Água na Produção de Etanol de Cana-de-Açúcar	FEM/Unicamp	24/11/2008
Instrumentação e Automação Agrícola e Agroindustrial	Embrapa Instrumentações	28/11/2008
Fotossíntese	Fapesp	18/02/2009

políticas públicas para o setor. O conjunto das pesquisas e das políticas deverá compor o caminho para direcionar a cadeia produtiva da situação atual para o desenvolvimento desejado. Um exemplo disso é o Programa Bioen da Fapesp lançado em 2008 para estimular os esforços de pesquisa e formação de recursos humanos para a pesquisa em Bioenergia. O Programa Bioen-Fapesp além de um forte núcleo de pesquisa básica, conta com parcerias com empresas como a Dedini, Braskem e Oxitenio.

O envolvimento do corpo técnico da APTA, universidades e setor privado irá possibilitar a adoção de políticas que visam manter a competitividade do setor sucroalcooleiro no Brasil.

Este livro é apresentado em 5 partes, com seus respectivos organizadores:

- Estratégias de Políticas Públicas para o Etanol (Luís Augusto Barbosa Cortez)
- Sustentabilidade da Produção e do Consumo de Biocombustíveis (Arnaldo Walter e Manoel Regis Lima Verde Leal)
- Novo Modelo Agrícola para Cana-de-Açúcar (Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Oscar A. Braunbeck)
- Novo Modelo Industrial e Usos Finais do Etanol (Antonio Bonomi)
- *Roadmapping* Tecnológico para o Etanol (André Tosi Furtado e Rodrigo Lima Verde Leal)

No final foi realizado um *workshop* de conclusão que possibilitou eleger as principais **Diretrizes de Políticas Públicas para o Etanol**.

Parte 1 ESTRATÉGIAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O ETANOL

Luís Augusto Barbosa Cortez (organizador)

1	INTRODUÇÃO.....	3
	<i>Luís Augusto Barbosa Cortez</i>	
2	A ESTRATÉGIA BRASILEIRA PARA O ETANOL.....	17
	<i>Rogério Cezar de Cerqueira Leite</i>	
3	A ESTRATÉGIA DE SÃO PAULO PARA O ETANOL.....	19
	<i>José Goldemberg</i>	
4	DESAFIOS DA PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO EM BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL.....	27
	<i>Lúcia Carvalho Pinto de Melo e Marcelo Khaled Poppe</i>	
5	ESCALANDO O MONTE TERAWATT.....	35
	<i>Cylon Gonçalves da Silva</i>	
6	QUESTÕES AMBIENTAIS (IMPACTOS LOCAIS E GLOBAIS) E ENERGÉTICAS: A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E A OCUPAÇÃO DAS TERRAS NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	41
	<i>Evaristo Eduardo de Miranda</i>	
7	EVOLUÇÃO DO SETOR CANA NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	53
	<i>Luiz Carlos Corrêa de Carvalho</i>	
8	O PAPEL DOS CENTROS DE PESQUISAS ESTADUAIS DE SÃO PAULO NA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM BIOENERGIA.....	63
	<i>Orlando Melo de Castro</i>	
9	INSTRUMENTOS DE APOIO À P&D EM ETANOL.....	73
	<i>João Furtado e Vanderléia Radaelli</i>	
10	MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DA CADEIA PRODUTIVA DO ETANOL PROVENIENTE DA CANHA-DE-AÇÚCAR SOB ENFOQUE DOS PEDIDOS DE PATENTES: CENÁRIO BRASILEIRO.....	87
	<i>Eduardo Winter, Araken Alves Lima e Cristina d'Urso de Souza Mendes</i>	

11	ALIMENTOS VERSUS COMBUSTÍVEIS: PODEMOS EVITAR O CONFLITO?	101
	<i>Francisco Rosillo-Calle</i>	
12	INTEGRANDO COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS PARA A BIORREFINARIA SUCROALCOOLQUÍMICA.....	115
	<i>Vadson Bastos do Carmo e Katia Tannous</i>	
13	ÁLCOOL COMBUSTÍVEL: CONSOLIDAÇÃO DO MERCADO INTERNO E ESTRATÉGIA PARA CRIAR O MERCADO EXTERNO.....	125
	<i>Julio Maria M. Borges</i>	
14	ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR E A INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA LATINO-AMERICANA.....	133
	<i>Luiz Augusto Horta Nogueira</i>	
15	SISTEMAS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS E BIODIVERSIDADE FAUNÍSTICA: O CASO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM MANEJO ORGÂNICO E AGROECOLÓGICO.....	141
	<i>José Roberto Miranda</i>	
16	A NECESSIDADE DE PESQUISA BÁSICA PARA CANA E ETANOL	151
	<i>Marco Aurélio Pinheiro Lima e Alexandra Pardo Policastro Natalense</i>	
17	A IMPORTÂNCIA DO DIREITO E DAS DISCUSSÕES JURÍDICAS NAS QUESTÕES DE BIOENERGIA.....	157
	<i>Renata Marchetti</i>	

Parte 2 SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO E DO CONSUMO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Arnaldo Walter e Manoel Regis Lima Verde Leal (organizadores)

1	INTRODUÇÃO.....	173
	<i>Arnaldo Walter e Manoel Regis Lima Verde Leal</i>	
2	O IMPACTO DO USO DO ETANOL NA QUALIDADE DO AR DAS GRANDES CIDADES.....	185
	<i>Alfred Szwarc</i>	
3	AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO	195
	<i>Jurandir Zullo Junior, Hilton Silveira Pinto, Eduardo Delgado Assad, Fábio Ricardo Marin e Giampaolo Queiroz Pellegrino</i>	
4	ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO E FLUXO DE GASES DO EFEITO ESTUFA NO AGROSSISTEMA CANA-DE-AÇÚCAR.....	203
	<i>Carlos Clemente Cerri, Brigitte J. Feigl, Marcelo Valadares Galdos, Martial Bernoux e Carlos Eduardo Pellegrino Cerri</i>	
5	GOVERNANÇA DO ETANOL BRASILEIRO: IMPLICAÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE	217
	<i>Thomaz Fronzaglia e Renata Martins</i>	
6	ASPECTOS AMBIENTAIS DA CADEIA DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO....	241
	<i>Suani Teixeira Coelho, Beatriz Acquaro Lora e Patrícia Maria Guardabassi</i>	

7	O EMPREGO E A RENDA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DE SÃO PAULO	255
	<i>Rodolfo Hoffmann e Fabíola Cristina Ribeiro de Oliveira</i>	
8	USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR	271
	<i>Gilberto de Martino Jannuzzi</i>	
9	IMPACTOS DA EVOLUÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO: SUMÁRIO DAS QUESTÕES QUE BALIZARÃO UMA EVOLUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	279
	<i>Alceu de Arruda Veiga Filho, Tamás Szmrecsányi e Pedro Ramos</i>	
10	EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA RELACIONADAS AO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	291
	<i>Joaquim E. A. Seabra, Isaías Carvalho Macedo e Manoel Regis Lima Verde Leal</i>	
11	NECESSIDADE DE TERRAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL.....	301
	<i>Luís Augusto Barbosa Cortez, Manoel Regis Lima Verde Leal, André Meloni Nassar, Marcelo Ramalho Moreira, Sabrina Feldman, Miguel Taube-Netto e Andres da Silva</i>	

Parte 3 **NOVO MODELO AGRÍCOLA PARA CANA-DE-AÇÚCAR**

Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Oscar A. Braunbeck (organizadores)

1	INTRODUÇÃO.....	319
	<i>Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Oscar A. Braunbeck</i>	
2	GENÔMICA E BIOTECNOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR: ESTADO DA ARTE, DESAFIOS E AÇÕES	325
	<i>Glauucia Mendes Souza e Marie-Anne Van Sluys</i>	
3	MELHORAMENTO GENÉTICO E MAPEAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	333
	<i>Rodrigo Gazaffi, Karine Miranda Oliveira, Anete Pereira de Souza e Antonio Augusto Franco Garcia</i>	
4	A ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO REGIONAL NO DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA BIOENERGIA.....	345
	<i>Marcos Guimarães de Andrade Landell, Silvana Creste, Luciana Rossini Pinto, Mauro Alexandre Xavier e José Antonio Bressiani</i>	
5	IMPORTÂNCIA DO GERMOPLASMA NO DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR COM PERFIL AGROENERGÉTICO	353
	<i>Silvana Creste, Luciana Rossini Pinto, Mauro Alexandre Xavier e Marcos Guimarães de Andrade Landell</i>	
6	A FOTOSSÍNTESE EM CANA-DE-AÇÚCAR E SUA IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA PARA ENFRENTAR AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS.....	359
	<i>Amanda Pereira de Souza e Marcos Silveira Buckeridge</i>	
7	AS ROTAS PARA O ETANOL CELULÓSICO NO BRASIL	365
	<i>Marcos Silveira Buckeridge, Wanderley Dantas dos Santos e Amanda Pereira de Souza</i>	

8	MANUTENÇÃO DA FERTILIDADE E RECUPERAÇÃO DOS SOLOS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ...	381
	<i>Raffaella Rossetto, Fábio Luis Ferreira Dias, André César Vitti e Heitor Cantarella</i>	
9	FERTILIZANTES PARA A CANA-DE-AÇÚCAR.....	405
	<i>Heitor Cantarella e Raffaella Rossetto</i>	
10	UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DA VINHAÇA	423
	<i>Miguel Angelo Mutton, Raffaella Rossetto e Márcia Justino Rossini Mutton</i>	
11	CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS COMO UM COMPONENTE-CHAVE PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	441
	<i>José Roberto Postalí Parra, Paulo Sérgio Machado Botelho e Alexandre de Sene Pinto</i>	
12	AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DA MECANIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	451
	<i>Oscar A. Braunbeck e Paulo Sérgio Graziano Magalhães</i>	
13	COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR E PALHA	465
	<i>Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Oscar A. Braunbeck</i>	
14	INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO NA CADEIA CANA-ETANOL: ALGUMAS OPORTUNIDADES NO MANEJO AGRÍCOLA.....	477
	<i>Ricardo Yassushi Inamasu e Ladislau Martin Neto</i>	
15	LOGÍSTICA DO TRANSPORTE DE MATÉRIA-PRIMA E RESÍDUOS DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	487
	<i>Oscar A. Braunbeck e Efraim Albrecht Neto</i>	
16	AS TECNOLOGIAS DE GERENCIAMENTO AGRÍCOLA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO.....	505
	<i>Nilson Antonio Miguel Arraes, Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Jorge Luis Donzelli</i>	
17	OUTRAS MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL.....	519
	<i>Manoel Regis Lima Verde Leal, Teresa Losada Valle, José Carlos Felton e Cássia Regina Limonta Carvalho</i>	

Parte 4 NOVO MODELO INDUSTRIAL E USOS FINAIS DO ETANOL

Antonio Bonomi (organizador)

1	INTRODUÇÃO.....	543
	<i>Antonio Bonomi e Maria das Graças de Almeida Felipe</i>	
2	PRODUÇÃO DE ETANOL: ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS	547
	<i>Maria das Graças de Almeida Felipe</i>	
3	A QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	553
	<i>Maria das Graças de Almeida Felipe</i>	
4	EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DO PROCESSAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA ETANOL E ENERGIA ELÉTRICA.....	561
	<i>Manoel Regis Lima Verde Leal</i>	

5	WORKSHOP POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA RESIDUAL DA CANA: OPORTUNIDADES, DESAFIOS E AÇÕES NECESSÁRIAS – RELATÓRIO FINAL	577
	<i>Arnaldo Walter</i>	
6	AUMENTO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PLANTAS PRODUTORAS DE AÇÚCAR, ETANOL E ENERGIA ELÉTRICA	583
	<i>Adriano V. Ensinas, Juan Harold Sosa Arnao e Silvia Azucena Nebra</i>	
7	INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO NA AGROINDÚSTRIA DA CADEIA CANA-ETANOL	601
	<i>Cristiane Sanchez Farinas, Ladislau Martin Neto e Roberto Campos Giordano</i>	
8	NECESSIDADES DE P&D NA ÁREA INDUSTRIAL EM VINHAÇA	619
	<i>Luís Augusto Barbosa Cortez, Carlos Vaz Rossell, Rodrigo Aparecido Jordan, Manoel Regis Lima Verde Leal e Electo Eduardo Silva Lora</i>	
9	A PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PROCESSOS DE SEGUNDA GERAÇÃO	637
	<i>Edgardo Olivares Gómez, Renata Torres Gomes de Souza, George Jackson de Moraes Rocha, Eduardo de Almeida e Luís Augusto Barbosa Cortez</i>	
10	PRODUÇÃO INTEGRADA DE BIODIESEL NA USINA BARRALCOOL	661
	<i>José Luiz Olivério, Sérgio Tamassia Barreira e Silvio Cezar Pereira Rangel</i>	
11	WORKSHOP HIDRÓLISE DE MATERIAL LIGNOCELULÓSICO	679
	<i>Antonio Bonomi</i>	
12	PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS	697
	<i>Mats Galbe e Guido Zacchi</i>	
13	HIDRÓLISE DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA	717
	<i>Rodolfo Quintero-Ramirez</i>	
14	A PIRÓLISE RÁPIDA COMO PRECURSORA DE BTL	733
	<i>Juan Miguel Mesa Pérez, José Dílcio Rocha e Luís Augusto Barbosa Cortez</i>	
15	TECNOLOGIAS BTL	741
	<i>Ademar Hakuo Ushima</i>	
16	CANA ENERGIA	751
	<i>Manoel Regis Lima Verde Leal</i>	
17	NOVAS POSSIBILIDADES DE NEGÓCIOS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO: ALCOOLQUÍMICA E BIORREFINARIA	761
	<i>Telma Teixeira Franco e Camilo Sixto López Garzón</i>	
18	OPÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AS FUTURAS BIORREFINARIAS DE CANA	773
	<i>Joaquim E. A. Seabra e Isaías Carvalho Macedo</i>	
19	LOGÍSTICA PARA ESCOAMENTO DE ETANOL	785
	<i>Mirna Ivonne Gaya Scandiffio</i>	
20	PROJETO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O ETANOL: QUALIDADE E NORMALIZAÇÃO DO ETANOL	801
	<i>Antonio Bonomi</i>	

21	QUALIDADE DO ETANOL COMBUSTÍVEL: MATERIAIS DE REFERÊNCIA E MÉTODOS DE ANÁLISE	813
	<i>Nelson Ramos Stradiotto, Maria Valnice Boldrin Zanoni, Isabel Cristina Serta Fraga e Paulo Paschoal Borges</i>	
22	QUESTÕES RELATIVAS AO USO FINAL DO ETANOL (COMBUSTÍVEL E QUÍMICA): O MOTOR A ÁLCOOL – PASSADO, PRESENTE E FUTURO	829
	<i>Henry Joseph Jr.</i>	
23	USO DO ETANOL EM MOTORES CICLO DIESEL	841
	<i>Jose Roberto Moreira, Silvia M. S. G. Velázquez e Euler Hoffmann Melo</i>	
24	QUESTÕES RELATIVAS AO BIODIESEL E AO ETANOL: USO DO ETANOL NA TRANSESTERIFICAÇÃO	853
	<i>Leticia Ledo Marciniuk, Camila Martins Garcia e Ulf Friedrich Schuchardt</i>	

Parte 5 **ROADMAPPING TECNOLÓGICO PARA O ETANOL**

André Tosi Furtado e Rodrigo Lima Verde Leal (organizadores)

1	INTRODUÇÃO	861
	<i>André Tosi Furtado e Rodrigo Lima Verde Leal</i>	
2	CONTEXTUALIZAÇÃO E PREMISSAS PARA O ROADMAPPING TECNOLÓGICO PARA O ETANOL	863
	<i>Rodrigo Lima Verde Leal, Luís Augusto Barbosa Cortez, Maria das Graças de Almeida Felipe, Carlos Eduardo Vaz Rossell, Antonio Bonomi e Paulo Sérgio Graziano Magalhães</i>	
3	ROADMAP TECNOLÓGICO PARA O ETANOL: COMPONENTE MELHORAMENTO GENÉTICO E BIOTECNOLOGIA	883
	<i>Marcos Guimarães de Andrade Landell, Luciana Rossini Pinto, Silvana Creste, Sabrina Moutinho Chabregas e William Lee Burnquist</i>	
4	ROADMAP TECNOLÓGICO PARA O ETANOL: COMPONENTE MANEJO AGRÍCOLA	897
	<i>Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Oscar A. Braunbeck</i>	
5	ROADMAP TECNOLÓGICO PARA O ETANOL: COMPONENTE HIDRÓLISE	909
	<i>Maria das Graças de Almeida Felipe e Carlos Vaz Rossell</i>	
6	ROADMAP TECNOLÓGICO PARA O ETANOL: COMPONENTE TERMOCONVERSÃO DE BIOMASSA	919
	<i>Luís Augusto Barbosa Cortez, Rodrigo Aparecido Jordan, Juan Miguel Mesa Pérez e José Dílzio Rocha</i>	
7	DIRETRIZES PARA UMA POLÍTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO DO ETANOL	937
	<i>André Tosi Furtado, Luís Augusto Barbosa Cortez, Maria das Graças de Almeida Felipe, Raffaella Rossetto, Paulo Sérgio Graziano Magalhães e Manoel Regis Lima Verde Leal</i>	
	POSFÁCIO	949
	<i>Luís Augusto Barbosa Cortez e Carlos Henrique de Brito Cruz</i>	
	ÍNDICE REMISSIVO	951

Parte 1

ESTRATÉGIAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O ETANOL

Luís Augusto Barbosa Cortez
(organizador)

1	INTRODUÇÃO	3
	<i>Luís Augusto Barbosa Cortez</i>	
2	A ESTRATÉGIA BRASILEIRA PARA O ETANOL	17
	<i>Rogério Cezar de Cerqueira Leite</i>	
3	A ESTRATÉGIA DE SÃO PAULO PARA O ETANOL.....	19
	<i>José Goldemberg</i>	
4	DESAFIOS DA PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO EM BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL	27
	<i>Lúcia Carvalho Pinto de Melo e Marcelo Khaled Poppe</i>	
5	ESCALANDO O MONTE TERAWATT	35
	<i>Cylon Gonçalves da Silva</i>	
6	QUESTÕES AMBIENTAIS (IMPACTOS LOCAIS E GLOBAIS) E ENERGÉTICAS: A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E A OCUPAÇÃO DAS TERRAS NO ESTADO DE SÃO PAULO	41
	<i>Evaristo Eduardo de Miranda</i>	
7	EVOLUÇÃO DO SETOR CANA NO ESTADO DE SÃO PAULO	53
	<i>Luiz Carlos Corrêa de Carvalho</i>	
8	O PAPEL DOS CENTROS DE PESQUISAS ESTADUAIS DE SÃO PAULO NA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM BIOENERGIA	63
	<i>Orlando Melo de Castro</i>	
9	INSTRUMENTOS DE APOIO À P&D EM ETANOL	73
	<i>João Furtado e Vanderléia Radaelli</i>	
10	MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DA CADEIA PRODUTIVA DO ETANOL PROVENIENTE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB ENFOQUE DOS PEDIDOS DE PATENTES: CENÁRIO BRASILEIRO.....	87
	<i>Eduardo Winter, Araken Alves Lima e Cristina d'Urso de Souza Mendes</i>	
11	ALIMENTOS VERSUS COMBUSTÍVEIS: PODEMOS EVITAR O CONFLITO?.....	101
	<i>Francisco Rosillo-Calle</i>	
12	INTEGRANDO COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS PARA A BIORREFINARIA SUCROALCOOLQUÍMICA.....	115
	<i>Vadson Bastos do Carmo e Katia Tannous</i>	
13	ÁLCOOL COMBUSTÍVEL: CONSOLIDAÇÃO DO MERCADO INTERNO E ESTRATÉGIA PARA CRIAR O MERCADO EXTERNO	125
	<i>Julio Maria M. Borges</i>	
14	ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR E A INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA LATINO-AMERICANA.....	133
	<i>Luiz Augusto Horta Nogueira</i>	
15	SISTEMAS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS E BIODIVERSIDADE FAUNÍSTICA: O CASO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM MANEJO ORGÂNICO E AGROECOLÓGICO	141
	<i>José Roberto Miranda</i>	
16	A NECESSIDADE DE PESQUISA BÁSICA PARA CANA E ETANOL.....	151
	<i>Marco Aurélio Pinheiro Lima e Alexandra Pardo Policastro Natalense</i>	
17	A IMPORTÂNCIA DO DIREITO E DAS DISCUSSÕES JURÍDICAS NAS QUESTÕES DE BIOENERGIA	157
	<i>Renata Marchetti</i>	

INTRODUÇÃO

Luís Augusto Barbosa Cortez

A partir da crise energética da década de 1970 e das principais conferências sobre o meio ambiente, as questões sobre a eficiência da geração e do uso da energia foram intensificadas e ampliadas, considerando, principalmente, os seus impactos ambientais, buscando cada vez mais o uso de fontes renováveis de energia, que possam contribuir para reduzir as emissões de CO₂. A Agenda 21 e o Protocolo de Quioto sugerem a capacitação, educação e difusão do conhecimento técnico e científico, além da retomada da sustentabilidade, substituindo os combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia.

Também, vários países, entre eles os EUA, que consomem cerca de 40% da gasolina do mundo (cerca de 560 bilhões de litros em 2008), estão adotando políticas que os conduzam num médio prazo a reduzir significativamente a dependência externa de energia.

Portanto, seja pela questão ambiental global (redução de emissões de gases do efeito estufa), seja pela importância em reduzir a dependência externa de energia, o etanol brasileiro, que já apresenta indicadores ambientais muito positivos quando comparado a outras opções, representa para o Brasil, hoje e nas décadas vindouras, uma grande oportunidade.

ETANOL: UM PRODUTO ESTRATÉGICO PARA O BRASIL

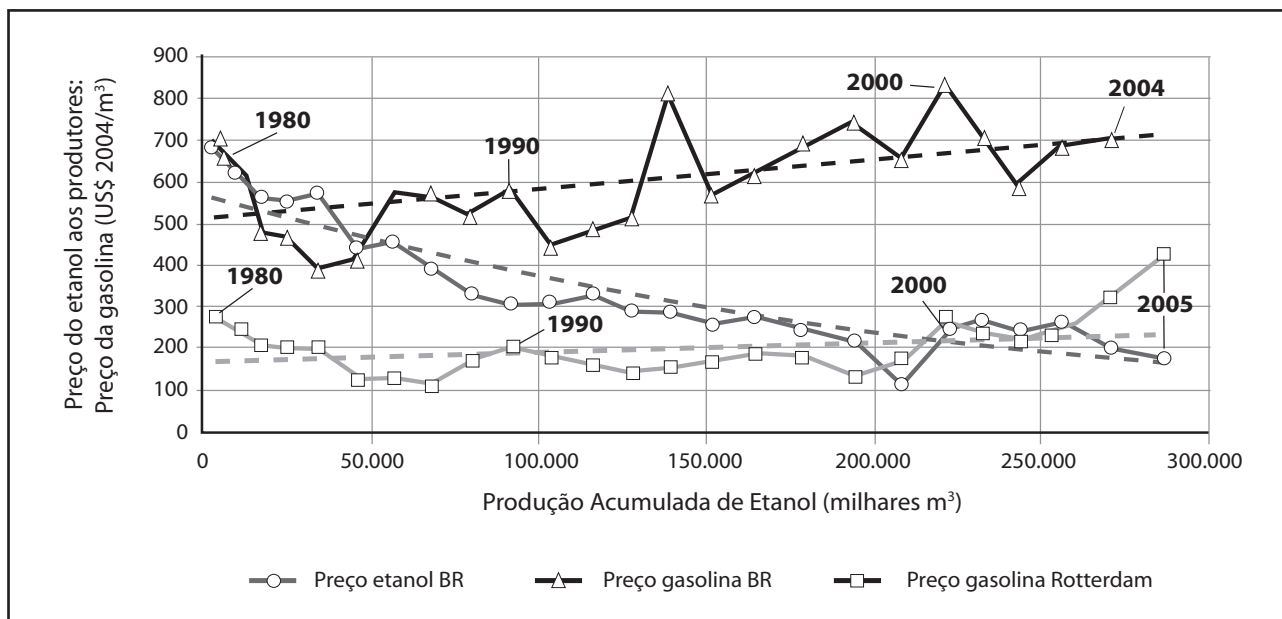
O Brasil é líder mundial na produção de cana, etanol e açúcar com 572,7 milhões de toneladas, 27,7 bilhões de litros e 31,3 milhões de toneladas, respectivamente, na safra 2008/2009 (MAPA, 2009). A cana-de-açúcar é produzida em mais de 101 paí-

ses no mundo, porém, os 8 maiores produtores já representam cerca de 3/4 da produção mundial (FAOSTAT, 2008); segundo essa mesma fonte, o Brasil representou, em 2007, 33% dessa produção.

A liderança do Brasil no setor foi conseguida graças às significativas reduções nos custos de produção, principalmente após o lançamento do Pro-álcool, resultantes dos ganhos de produtividade e eficiências agrícolas e industriais (Figura 1).

Por exemplo, os açúcares totais recuperáveis – ATR passaram de cerca de 109 kg/ton cana na safra 1974/1975 para 144 kg/ton cana na safra de 2004/2005. Em termos de Centro-Sul, e particularmente de São Paulo, os ganhos ainda são mais expressivos; para São Paulo, entre 1975 e 2000, a produtividade da cana cresceu 33%, o teor de sacarose aumentou 8% e a fermentação teve ganho de 14% na eficiência e 130% na produtividade. Essas melhorias se traduziram na região Centro-Sul em uma produtividade do álcool de 5.900 litros/ha, contra 2.000 litros/ha em 1975, e um custo de produção em torno de US\$ 0,20/litro. O Estado de São Paulo, graças à sua competitividade, responde por cerca de 60% da produção nacional de cana-de-açúcar e álcool.

Essa liderança e competitividade mundial não estão garantidas no médio e longo prazos, pois países como a Austrália e Tailândia têm custos de produção de açúcar não muito maiores que os nossos e esse último país pode aumentar ainda mais sua produção total. No caso do álcool, os países desenvolvidos investem pesadamente na produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos, tanto por hidrólise, como pelas rotas de gaseificação (Fischer-Tropsch e outras), com a expectativa de



Fonte: GOLDEMBERG, NIGRO E COELHO, 2008.

FIGURA 1 Curva de aprendizado – etanol brasileiro.

atingirem custos de produção, no médio prazo, semelhantes aos atuais do Brasil. Vale destacar a situação dos EUA, hoje o maior produtor e consumidor de etanol do mundo com quase 30 bilhões de litros produzidos em 2008, que possui um mercado interno potencial em torno de 60 bilhões de litros de etanol, considerando a mistura de 10% de etanol em toda gasolina consumida no país. Nessa escala, investimentos em PD&I podem assumir montantes consideráveis, vindo a induzir ganhos de competitividade, mesmo mundialmente.

Na situação do Centro-Sul brasileiro, o custo de produção do etanol é dividido, na média, 65-68% para a matéria-prima (cana-de-açúcar), 20-25% para o processamento industrial e o restante refere-se às despesas administrativas (gerenciamento da usina, suprimentos, comercialização etc.). Lembrando que os ganhos de eficiência industrial já levaram a tecnologia convencional de produção de açúcar e álcool a um alto grau de maturidade e que os investimentos na área agrícola, principalmente em melhoramento genético da cana e práticas agrícolas, devem ser priorizados nas aplicações de recursos de PD&I. Todavia, isso não significa que a área industrial deva ser desprezada, pois ainda há muito potencial de ganhos na extração, tratamento do caldo, fermentação e destilação, geração de ener-

gia elétrica excedente, fabricação de outros produtos, redução do consumo de água e energia e dos impactos ambientais, entre outros.

A cana-de-açúcar é olhada cada vez mais como uma fonte de energia, e não só como fonte de alimento. Porém, ela é hoje mal-aproveitada sob esse aspecto, uma vez que menos de 30% de sua energia primária original são convertidos em energia secundária útil (álcool e energia elétrica). Parece razoável que se deva começar a olhar a cana sob essa nova ótica, desde o melhoramento genético das variedades até seu processamento industrial, dado ao seu enorme potencial como fonte primária de energia renovável. Estima-se, que a produtividade agroindustrial poderia passar dos atuais 6.000 litros/ha para, pelo menos, 14.000 litros/ha, em 20 anos.

Até lá, a demanda mundial por álcool combustível deverá estar na casa de centenas de bilhões de litros (200 bilhões de litros por ano, no caso de substituir apenas 10% da gasolina consumida no mundo em 2025), ou seja, uma ordem de magnitude acima dos valores atuais. Caso o Brasil atenda metade dessa demanda, isso representaria mais de US\$ 30 bilhões/ano em exportações ao preço de hoje, considerando apenas o etanol. As cifras poderão mais que duplicar, pois ainda restaria a

alcooolquímica, a sucroquímica e a energia elétrica a serem consideradas.

A evolução do setor nos últimos 20 anos e as perspectivas de seu crescimento para os próximos exigem um posicionamento muito diferente do tradicional (MACEDO, 2005b). No caso do setor da cana-de-açúcar no Brasil, o conhecimento da situação atual quanto às oportunidades de crescimento e desenvolvimento sustentável irá permitir o aumento do conhecimento sobre as consequências da interação do homem com o meio ambiente. E sobre suas consequências sociais de ações políticas e econômicas em um mundo inter-relacionado, buscando manter a competitividade da cadeia produtiva.

PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL

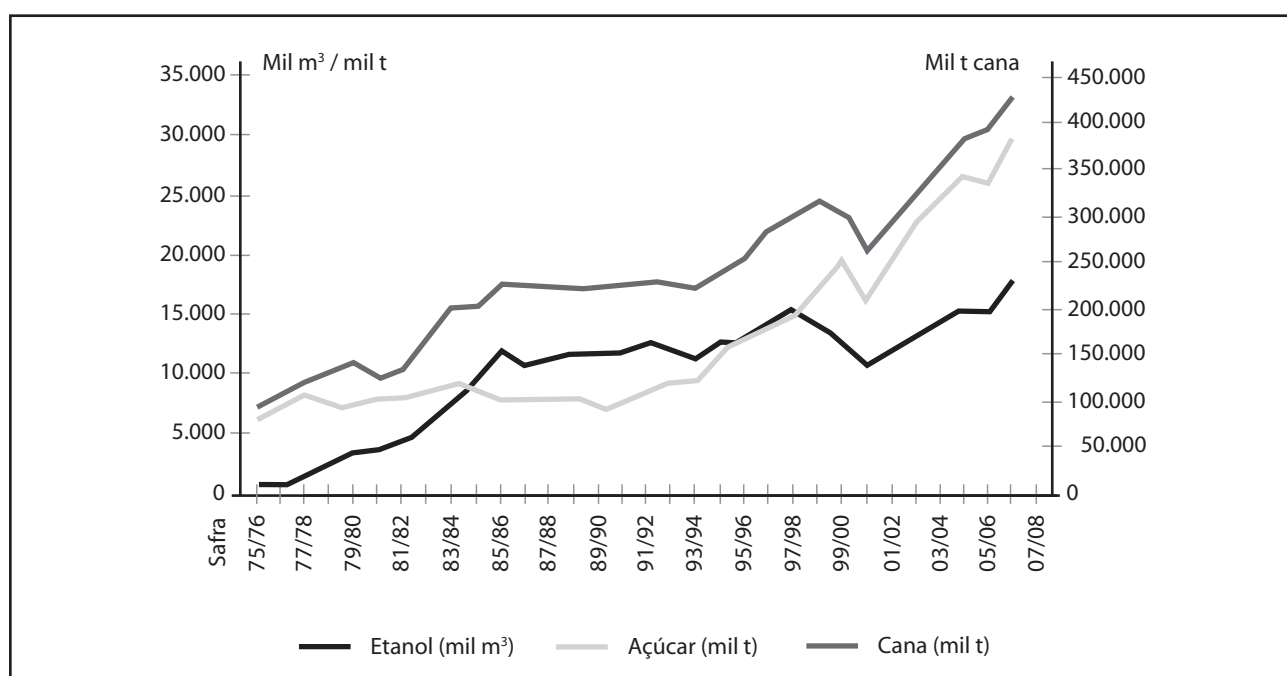
A corrida dos países desenvolvidos na busca de alternativas ao petróleo coloca o Brasil numa posição de vantagem, principalmente quando se fala em produção de etanol da cana-de-açúcar. No entanto, para continuar crescendo em condições competitivas, é preciso investir em pesquisa, recursos humanos e infraestrutura. O Brasil tem as melhores condições de oferta de terra, clima e tecnologia para a produção de etanol em grande escala. Mas é necessário que se faça um esforço de investimento em pesquisa,

desenvolver toda uma nova geração de tecnologia e também de coordenação por parte do governo e iniciativa privada para se investir em novas destilarias e em infraestrutura de alcooldutos e portos, viabilizando a produção e o escoamento desse etanol aos países desenvolvidos, nossos potenciais compradores.

A motivação dos países desenvolvidos pela busca de biocombustíveis decorre, como foi dito, da necessidade de se encontrar alternativas ao petróleo. O petróleo é percebido hoje como uma *commodity* cujo suprimento depende de regiões politicamente instáveis, e como um dos principais responsáveis pelos gases do efeito estufa. As questões de oferta e demanda associadas com a necessidade de diminuir a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa (aumento da temperatura na atmosfera) levam os países desenvolvidos a definirem estratégias que incluem o maior consumo de biocombustíveis.

O Brasil é líder mundial na tecnologia de produção de etanol de cana-de-açúcar. Isso se traduz pelos menores custos de produção de álcool e também de açúcar. Hoje, o Brasil responde por cerca de 40% da oferta mundial de etanol combustível, e essa participação tende a crescer no longo prazo, principalmente podendo se tornar um importante exportador de etanol.

Como pode ser observado na Figura 2, a produção de etanol no Brasil sempre cresceu mais ou



Fonte: BNDES e CGEE, 2008.

FIGURA 2 Produção de etanol, açúcar e cana no Brasil (1975-2008).

menos associada à produção de açúcar. De certa forma, pode-se, inclusive, dizer que o Brasil ganhou competitividade e se tornou o maior exportador de açúcar em grande medida graças à produção de etanol.

Nos últimos 30 anos, com exceção da segunda fase do Proálcool (1979-1985) quando foram instaladas várias destilarias autônomas, a produção de etanol estava, em quase todas as unidades de produção, associada ao uso da sacarose que, anteriormente, encontrava-se no mel final. Diferentemente de outros produtores de açúcar, o Brasil não exaure tanto esse mel final, pois, normalmente, o mistura ao caldo de cana para produzir etanol. No nosso jeito de fazer açúcar, produzimos um produto de melhor qualidade e menor custo que os competidores.

Esse modelo é hoje conhecido como “modelo brasileiro”, e nesse sentido a expansão da produção de etanol estaria sempre dependente de uma expansão da produção de açúcar. Ocorre que, hoje, cerca de 50% da sacarose vai para o etanol e 50% para o açúcar. Esse percentual tende a aumentar em função do aumento significativo dos carros *flex* (90% do mercado de veículos novos num mercado interno que em 2008 estava em torno de 3 milhões de veículos novos). Outro importante fator que pressiona um maior crescimento da produção de etanol em relação ao açúcar é um possível aumento no médio prazo da exportação de etanol, que em 2008 chegou a 5 bilhões de litros, e pelas políticas a serem implantadas em vários países, pode crescer substancialmente nos próximos anos.

Nesse sentido, uma expansão significativa da produção de etanol no Brasil deverá passar por um “descolamento” da produção de açúcar que não deve observar um aumento expressivo de consumo no futuro. O consumo mundial de açúcar cresce com a população, e o Brasil, que já é o principal fornecedor mundial, dificilmente iria muito além dos 30% que controla atualmente.

Portanto, esse descolamento da expansão do etanol em relação ao açúcar só não ocorrerá caso a tecnologia de produção de etanol de segunda geração, a hidrólise, já estivesse comercialmente disponível. Nesse caso, pouco provável num futuro próximo, o etanol de segunda geração, de hidrólise, poderia, em tese, dar uma sobrelva ao modelo brasileiro de produção combinada de açúcar e etanol.

É importante observar que esse descolamento da expansão de etanol em relação ao açúcar tem outras consequências que vão além da questão

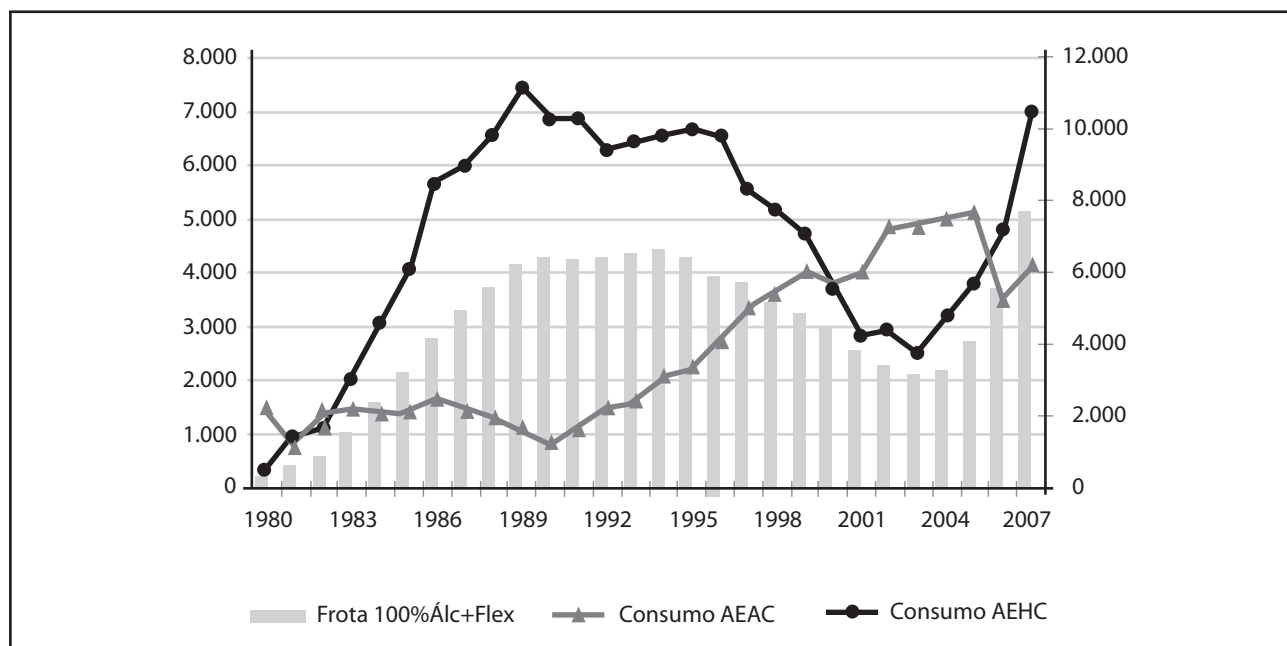
tecnológica. Passa, por exemplo, pelos próprios atores, ou melhor, pela governança do setor. Está claro que os controladores da produção de etanol no Brasil são, na grande maioria, usineiros tradicionais produtores de açúcar e que aprenderam e ajudaram a criar e fortalecer o setor hoje chamado de sucroalcooleiro. Um bem-sucedido entrosamento entre governo (planejamento e financiamento), usineiros (produção), Petrobras (distribuição) e montadoras de veículos (uso final) propiciou as condições favoráveis para o desenvolvimento do etanol no Brasil.

No entanto, esse modelo bem-sucedido estava voltado para o mercado interno. O consumidor nacional viveu diversas crises e alterações das condições de oferta e preço do combustível, além de ter ajudado a superar dificuldades técnicas do carro a álcool, principalmente. Nesses 35 anos de aprendizado, o consumidor acreditou, decepcionou-se e, por último, voltou novamente a acreditar no etanol verde, nacional e barato, agora com o carro *flex*.

Ocorre que o cenário, que se apresenta para o futuro, traz alguns desafios importantes. O futuro do etanol combustível não pode ou não deve se confinar ao mercado interno, hoje em de cerca de 40 bilhões de litros, contando o etanol e gasolina. Mesmo com a expansão do carro *flex* nos próximos anos, o que garante um crescimento do mercado para o etanol, as melhores oportunidades encontram-se no mercado externo, que atualmente é bastante protecionista, mas que terá de se esforçar para reduzir suas emissões e os biocombustíveis. Notadamente, o etanol de cana no Brasil pode contribuir significativamente para isso, dado que realmente é a melhor entre as alternativas para reduzir as emissões de CO₂.

Pode-se identificar como a principal dificuldade a necessidade de uma ação que viabilize mais investimentos em pesquisa de cana-etanol. Há necessidade de se criar um fundo setorial que garanta investimentos nessa área, a exemplo do que acontece com o petróleo. O Brasil é líder nesse campo, mas precisa investir em pesquisa se quiser manter essa liderança. Seria também muito importante que esses recursos em pesquisa fossem realizados de forma coordenada com o setor privado, de forma a garantir que a qualidade desses investimentos seja boa e resulte em benefícios como redução de custo e aumento da competitividade no setor.

Para se ter uma ideia do potencial de expansão da produção de etanol no País, o Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – Nipe, da



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Anfavea e BEN.

FIGURA 3 Veículos leves e consumo de etanol (hidratado e anidro).

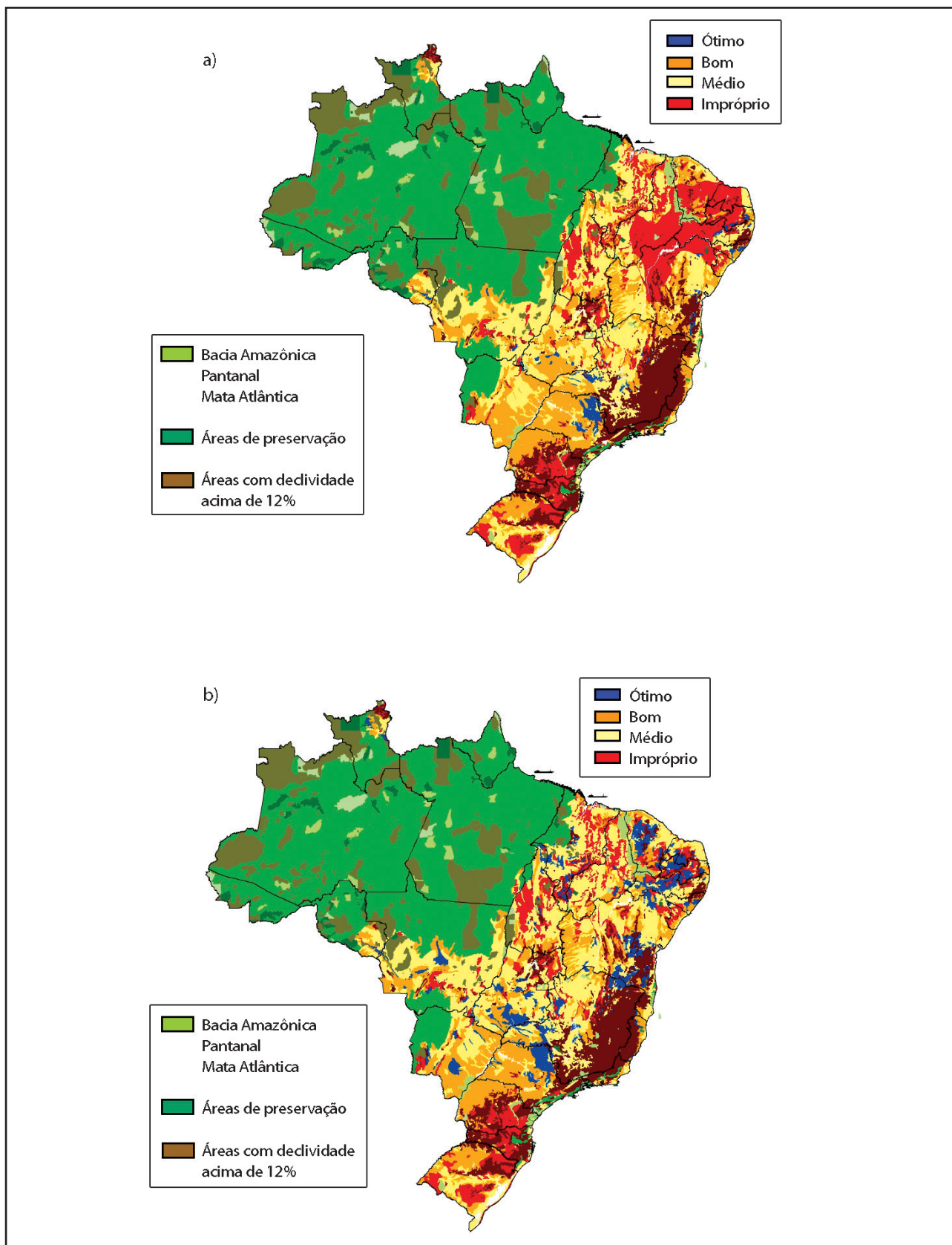
Unicamp, desenvolveu uma série de estudos (fases 1, 2 e 3) com o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos – CGEE, visando analisar os impactos da expansão significativa da produção de etanol no Brasil para atender, sobretudo ao mercado mundial. Esses estudos, coordenados pelo Prof. Rogério Cerqueira Leite, investigaram o que seria necessário e quais os impactos macroeconômicos da substituição de 5% e 10% da gasolina consumida no mundo em 2025. Os resultados desses estudos mostram que o País deve olhar com seriedade para essa grande oportunidade que se apresenta hoje. Têm-se aqui as condições de fazê-lo e seria muito importante uma ação coordenada entre o governo e a iniciativa privada para definir as ações necessárias.

O estudo do Nipe revela que já em 2010 o mercado de etanol estará na ordem de 80 bilhões de litros. A Europa e os EUA estão definindo um importante papel para o etanol nas suas matrizes energéticas. O Japão também segue a mesma linha. No Brasil, há cerca de 50 novas usinas-destilarias em construção e outras 50 sendo planejadas. Mas seria muito importante planejar essa expansão de forma a se maximizar esses benefícios, gerando empregos de boa qualidade e interiorizando o desenvolvimento econômico no Brasil, por meio de uma melhor distribuição espacial e da geração de importantes

excedentes de energia elétrica, com o uso integral dos recursos energéticos da cana-de-açúcar.

Do ponto de vista ambiental, há importantes benefícios resultantes do uso do etanol combustível em substituição à gasolina. Entre os benefícios, talvez o mais importante seja a redução significativa das emissões dos chamados gases do efeito estufa, principalmente o gás carbônico (CO_2). Isso decorre do fato de que, na produção, o etanol de cana emite basicamente um CO_2 fixado pela fotossíntese, dependendo muito pouco de combustíveis fósseis na sua produção. É importante também que se ressalte que o mesmo grupo de pesquisas do Nipe está realizando estudos de sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar em larga escala no País, envolvendo questões socioeconômicas e ambientais, assim como a possível integração da produção de cana com sistemas de produção existentes.

Entre as consequências desses estudos está a criação do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia em Bioetanol – CTBE do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT. O recém-criado centro trabalhará focando basicamente três temas, considerados decisivos para o futuro do bioetanol: 1) o desenvolvimento de uma agricultura de mínimo impacto para a cana-de-açúcar; 2) a tecnologia da hidrólise;



Fonte: Leite, R.C.C. et al., 2005. Áreas excluídas do estudo: verde: Amazônia e Pantanal; verde-escuro: áreas de preservação; marrom: declividade > 12%. Áreas incluídas no estudo: azul: produtividade ótima; laranja: boa; amarelo: média mundial; vermelho: imprópria.

FIGURA 4 Potencial de produção de cana-de-açúcar no Brasil; a) sem irrigação e b) com irrigação.

e 3) os estudos sobre a sustentabilidade da produção de etanol.

PROGRAMAS OFICIAIS PARA A CANA E ETANOL NO BRASIL

O Governo Federal, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa (2005), Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, Ministério de Minas e Energia – MME e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – Midic, produziu as **Diretrizes de Política de Agroenergia 2006-11**. Esse documento é uma referência na estratégia brasileira, procurando articular os diversos ministérios envolvidos. Além desse, tem havido também ações da Embrapa, como a criação da Embrapa Agroenergia (disponível em: <<http://www.cnpae.embrapa.br/>>) e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, como o estudo supracitado.

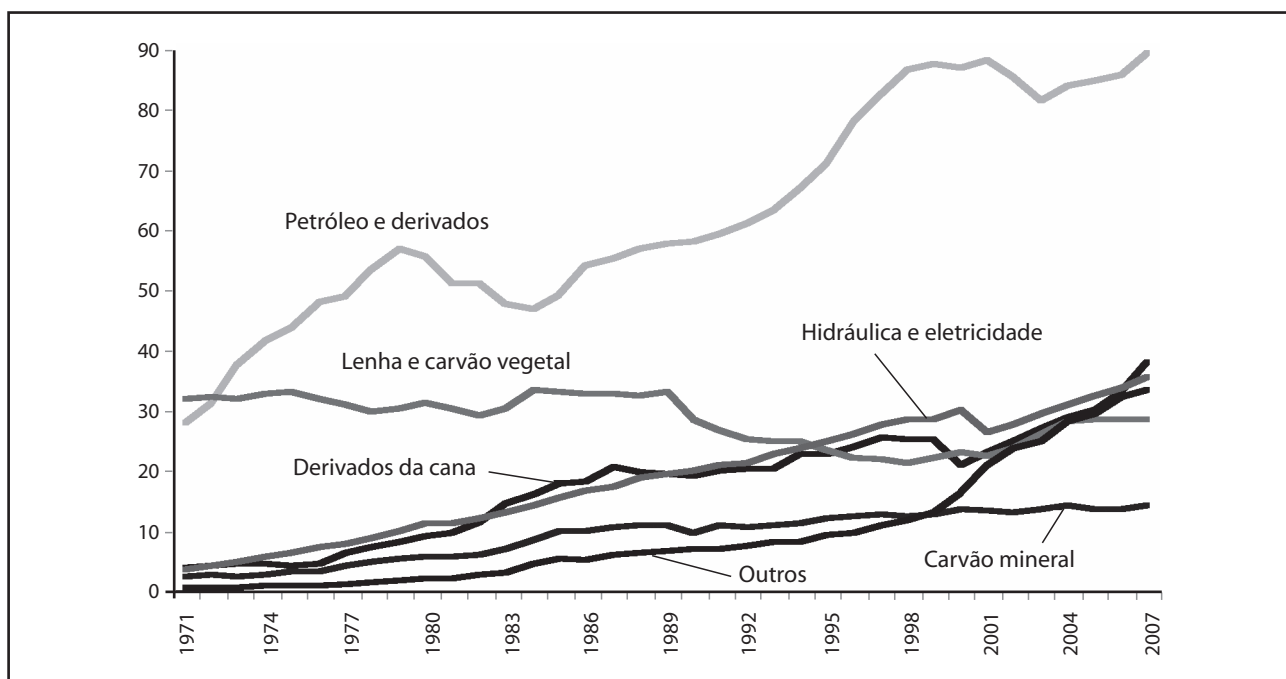
No âmbito do Estado de São Paulo, o Governo criou a Comissão de Bioenergia, coordenada pelo Prof. José Goldemberg para definir a estratégia estadual (GOLDEMBERG *et al.*, 2008). Nesse documento, a referida comissão identificou as principais oportunidades e barreiras para o setor sucroalcooleiro e suas relações com a área de energia elétrica, logística e pesquisa.

Segundo o Balanço Energético Nacional – MME (2008), o Brasil produziu 45,9% de energia renovável no ano de 2007. Desta, 14,9% é hidráulica e eletricidade, 15,8% são derivados de cana, 12% correspondem à lenha e carvão vegetal e os demais 3,2% são outras fontes renováveis. Das fontes de energia utilizadas pela indústria brasileira, a lenha é responsável por 7,4%, e o bagaço da cana-de-açúcar, por 19,7%.

Embora as fontes renováveis de energia tenham um peso grande na matriz energética nacional, as perspectivas para os próximos anos, considerando-se como parâmetro os estudos da Empresa de Planejamento Energético – EPE/MME, são de perda de espaço para as fontes fósseis para a geração de energia elétrica (Figura 5).

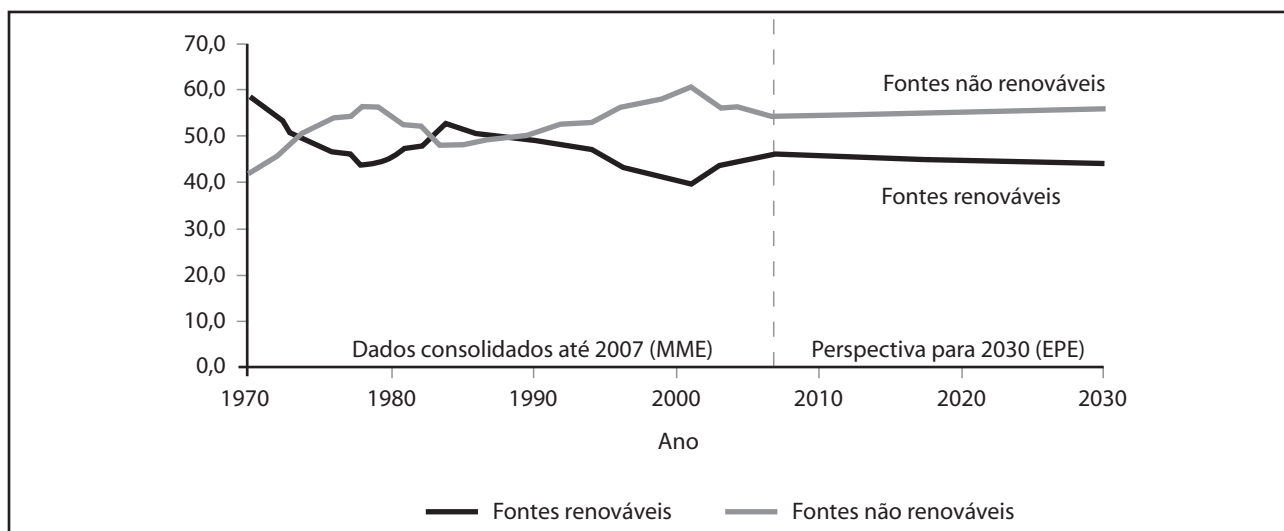
Para SOUZA *et al.* (2005), a cana-de-açúcar “é uma das melhores opções dentre as fontes de energia renovável”. Segundo eles, o Estado de São Paulo, que é principal estado produtor brasileiro de cana-de-açúcar, vem ampliando, desde 1997, o uso de tecnologias para colheita, evitando a queima prévia e permitindo também “a possibilidade de aproveitamento energético do palhicho para cogeração de energia”.

O atual cenário de expansão do mercado internacional de açúcar e álcool e as perspectivas de aumento da participação do Brasil podem ser con-



Fonte: MME, 2008 (ano-base 2007).

FIGURA 5 Oferta interna de energia no Brasil (10⁶ tep) (1970-2008).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MME e EPE, 2008.

FIGURA 6 Evolução das fontes de energia, renováveis e não renováveis, de 1970 a 2030.

Obs.: A porcentagem de contribuição das fontes de energia renováveis e não renováveis de 1970 até 2007 são valores reais obtidos do Balanço Energético Nacional – BEN, Capítulo 1, Tabela 1.12b, valores esses disponibilizados pelo Ministério das Minas e Energia – MME pelo site. Os valores esperados para as contribuições das fontes no ano de 2030 são uma estimativa sugerida pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, disponibilizada no documento intitulado Plano Nacional de Energia 2030.

siderados como fatores motivadores da expansão da exploração da cultura no Estado de São Paulo. Houve uma ampliação da área de 6,5% em relação à safra anterior, e a produção obtida foi de 5,4% superior, atingindo 254,81 milhões de toneladas (CASER *et al.*, 2005).

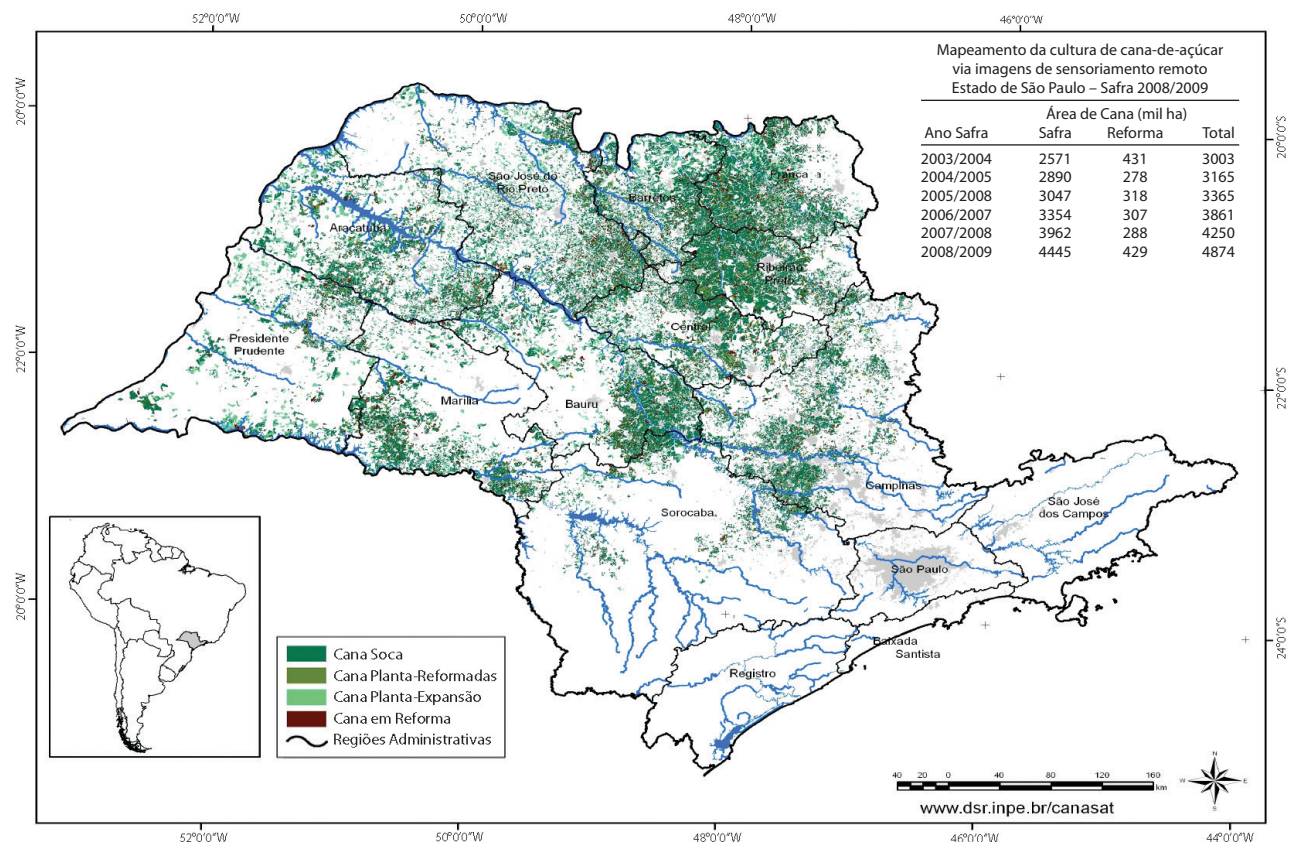
Os dados no site de investimentos do portal do Governo do Estado de São Paulo apresentam o setor agrícola, cujas principais características em São Paulo são variedade e qualidade (AGRONEGÓCIO, 2006). Também consideram que o Estado, líder em agronegócios, é responsável por um terço do PIB agroindustrial do Brasil e representam 22% do ICMS arrecadado. Possui mais de 190 mil km² em uso agropecuário, entre culturas, pastagens e florestas destinadas ao aproveitamento econômico. É o segundo maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de suco de laranja, e o quarto maior produtor mundial de café. A atividade agropecuária no Estado de São Paulo emprega 973 mil pessoas.

O valor de R\$ 7,7 bilhões da cana-de-açúcar somente perde para o conjunto dos produtos de derivação animal (carnes, leite, ovos), estimados em R\$ 8,3 bilhões do total de R\$ 27,07 bilhões e equivale à somatória do valor da produção de grãos e fibras,

com R\$ 3,5 bilhões; frutas frescas, R\$ 2,9 bilhões, e olerícolas (legumes, verduras e raízes de mesa), R\$ 1,4 bilhão, que totalizam R\$ 7,8 bilhões (TSUNECHIRO, 2004).

Na safra 2007/2008, a cana-de-açúcar ocupou 5,23 milhões de hectares em São Paulo e produziu 367,2 milhões de toneladas (IEA, 2008). A Figura 7 mostra a localização das áreas de cana safra 2008/2009, nos municípios do Estado de São Paulo, enquanto a Figura 8 representa a densidade de área de cana safra por município. Isso significa uma geração de demanda de 247 mil postos de trabalho somente na atividade agrícola, considerando a estimativa de 7,01 ocupações a cada 100 hectares (VEIGA FILHO, 2003), algo equivalente a 23% da população trabalhadora na agricultura paulista em 2004, ou 1,058 milhão de pessoas (BAPTISTELLA *et al.*, 2005).

No evento comemorativo dos 30 anos da criação do Proálcool: Etanol Combustível – Balanço e Perspectivas, realizado pela Unicamp (Nipe/Unicamp, 2005), foi realizado um balanço das conquistas obtidas nos últimos 30 anos e a perspectiva de que o Brasil desenvolva plenamente esse potencial. Espera-se, de fato, que a energia derivada da biomassa



Fonte: Mapa gerado pela equipe do Inpe utilizando dados disponíveis no site Canasat, 2009.

FIGURA 7 Localização das áreas de cana safra 2008/2009 nos municípios do Estado de São Paulo.

de cana-de-açúcar possa ser a base de um projeto nacional de desenvolvimento.

HISTÓRICO DO P&D EM CANA E ETANOL NO BRASIL

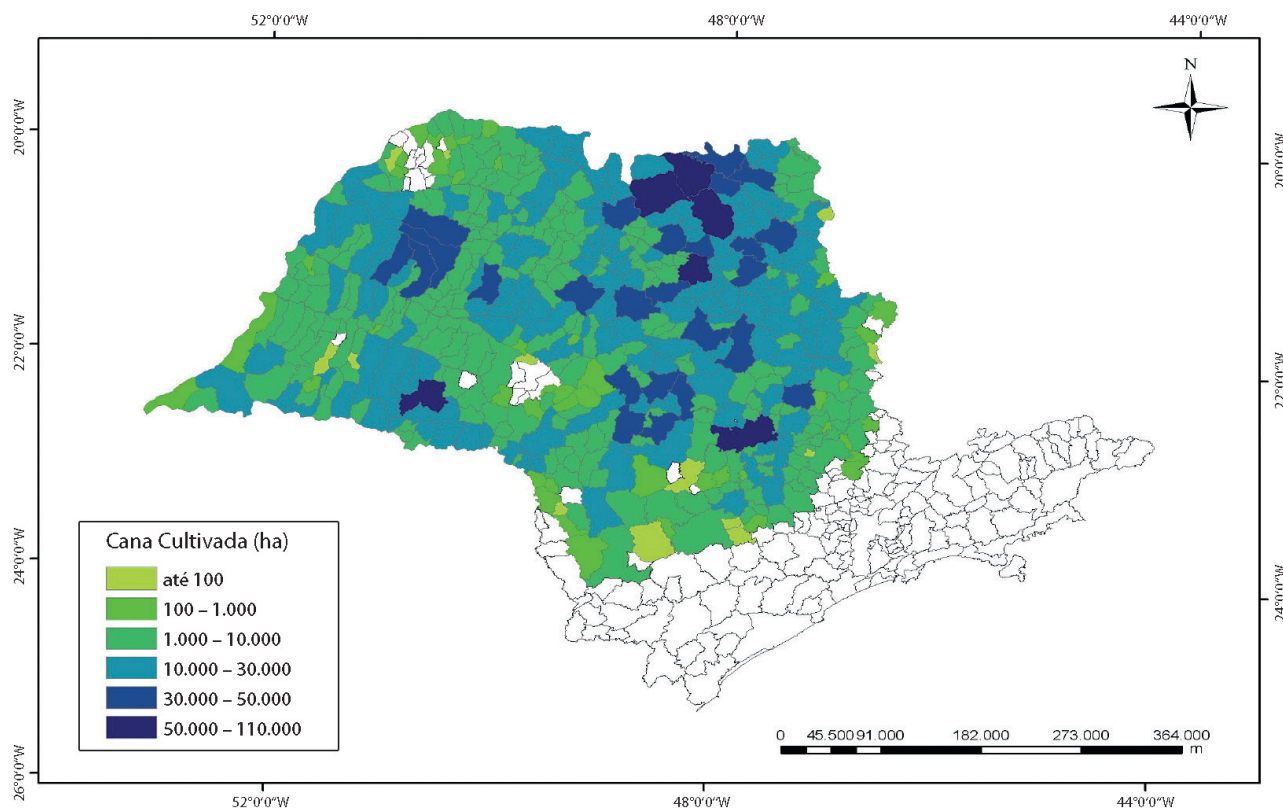
A cana-de-açúcar é cultivada no Brasil há quase cinco séculos. Apesar de ter sido introduzida no Estado de São Paulo¹, foi no Nordeste que a cana-de-açúcar veio a ser cultivada para a produção de açúcar e exportada, sobretudo, para a Europa nos quatro primeiros séculos após sua introdução no Brasil. Os Estados de Pernambuco e Paraíba destacaram-se como principais produtores. O modelo de produção nesse período era baseado na pequena produção agrícola e industrial, chegando a existir milhares de pequenos engenhos.

Com o processo de modernização agroindustrial no fim do século XIX conduzido pelo Império, a partir de 1870, houve uma revolução com o surgimento dos engenhos centrais, aumentando o número de fornecedores de cana e concentrando a produção em menos e maiores unidades de produção (EINSENBERG, 1977).

Com a crise do café em 1929, a cana-de-açúcar passa a se expandir no Estado de São Paulo dentro de um modelo de produção já baseado em grandes propriedades e grandes usinas. Com esse novo modelo, mais concentrado, foi possível a aplicação de tecnologia, gerenciamento que permitiu que o Estado de São Paulo ganhasse em competitividade. Com isso, entre 1930 e 1970, Pernambuco, que era responsável por quase 40% da produção de açúcar, caiu sua participação para 20%, enquanto São Paulo saiu de pouco mais de 10% para quase 50%.

Outro elemento importante, foram os avanços ligados à pesquisa agrônômica em decorrência da

¹ A introdução da cana-de-açúcar no Brasil deve-se a Martin Afonso de Souza que, em 1530, a trouxe para a Capitania de São Vicente.



Fonte: Mapa gerado pela equipe do Inpe utilizando dados disponíveis no site Canasat, 2009.

FIGURA 8 Densidade das áreas de cana safra 2008/2009 nos municípios do Estado de São Paulo.

crise do mosaico no início da década de 1920. São Paulo, tendo sido o primeiro estado afetado pela doença, reúne esforços na Estação Experimental de Cana de Piracicaba – EECF para escolher variedades que pudessem ser resistentes ao problema (OLIVER E SZMRECSÁNYI, 2003). O IAC viria a partir de 1935, a ser o órgão encarregado de implantar um grande programa de variedades, vindo posteriormente a coordenar uma rede de usinas e fazer também, os serviços de extensão fornecendo tecnologia às usinas paulistas.

Já em 1969, o Governo Federal cria o Plano Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar – Plansalsucar em 1969 gerenciado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA, com uma ampla rede de estações experimentais voltadas à produção de novas variedades de cana-de-açúcar.

Mas foi em 1970 que o setor privado cria o Centro de Tecnologia Copersucar – CTC em Piracicaba, SP. A criação do CTC (hoje, Centro de Tecnologia Canavieira) e da implantação de um amplo programa de melhoramento genético, possibilitou importantes avanços ao longo de toda a cadeia produtiva

da cana, incluindo a engenharia agrícola e as tecnologias industriais.

Com a extinção do IAA na década de 1980, e conseqüentemente do Planalsucar, cria-se a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro – Ridesa, integrada por sete universidades federais e atualmente responsável por quase 50% das novas variedades de cana existentes no País.

Outro ponto importante a salientar é que além dos programas de melhoramento genético de cana do CTC, IAC e Ridesa, uma nova iniciativa da Canavialis viria a introduzir novo enfoque para o melhoramento da cana. A Canavialis, uma empresa privada criada por cientistas em 2003, almeja a produção de novas variedades a partir dos conhecimentos do sequenciamento genômico da cana-de-açúcar.

Finalmente, outro fator importante no desenvolvimento do setor sucroalcooleiro em São Paulo foi o surgimento de empresas como a Dedini, Zanini e Codistil que apareceram como pequenas empresas, mas se converteram em grandes fornecedores de equipamentos e inovação tecnológica. Essas empre-

sas souberam como acompanhar a evolução tecnológica e como se capacitar para entregar novas usinas e destilarias nas diferentes fases do Proálcool.

Pode-se assim dizer que a competitividade do setor sucroalcooleiro, sobretudo em São Paulo, não foi conseguido nem recentemente, nem por acaso. Houve uma política de investimentos na superação de dificuldades e a cada crise no setor de energia, no setor de açúcar, políticas adequadas foram implantadas na superação dos problemas.

O FUTURO DO ETANOL E AS NECESSIDADES BRASILEIRAS

Fazendo-se um exercício: No que o etanol ou os derivados da cana podem ajudar ainda o mercado interno brasileiro? Pergunta essa muito procedente, pois pode demorar para o País desenvolver o mercado externo de etanol; devemos olhar a matriz energética nacional e suas peculiaridades.

Como foi comentado, o problema brasileiro hoje não é exatamente mitigar gases do efeito estufa² e nem tampouco aumentar a oferta de combustíveis para ciclo Otto. Mais diretamente podemos afirmar que “sobra” gasolina, pois, além do etanol, o Brasil ainda usa, indevidamente, o GNV (gás natural veicular) para esse fim. Quanto ao diesel, sua substituição vem sendo tentada com o uso de biodiesel, mas essa tarefa está longe de ser economicamente interessante. Substituir diesel por etanol é possível tecnicamente e o professor Moreira discute esse assunto num dos capítulos do livro, mas tem suas restrições.

Outra pergunta, mais óbvia talvez: Por que então não se usa a fibra da cana (2/3 do total da energia) para a geração de energia elétrica? Esse assunto também merece destaque neste livro.

A questão que se coloca atualmente são as dificuldades no Brasil de serem aprovados ou licenciados novos projetos de hidroelétricas de grande porte na Amazônia, onde reside a maior parte do potencial brasileiro remanescente. Cada vez mais temos observado as enormes dificuldades de se instalar grandes barragens na bacia amazônica. Os últimos licenciamentos provocaram grandes deba-

tes e dificuldades políticas envolvendo ministérios e o Congresso Nacional. O assunto está longe de estar devidamente equacionado, pois os impactos ambientais desses projetos são, em geral, muito significativos.

Enquanto isso, não é razoável que a energia da biomassa da cana não seja usada para a geração de energia elétrica. Existem estudos que demonstram que imediatamente poderiam ser financiados projetos de demonstração para:

- se desenvolverem e estabelecerem rotas eficientes para a recuperação, preparo e limpeza da palha da cana e seu uso posterior na geração de energia elétrica;
- se empregarem caldeiras de mais alta pressão (num primeiro momento até 80 bar) para o estabelecimento e consolidação de um melhor aproveitamento do uso integral da cana;
- se desenvolverem tecnologias mais modernas de mecanização de baixo impacto, mais sustentáveis, e gerar energia elétrica com gaseificação das fibras, de forma mais eficiente.

Nessa área, o Brasil tem um grande potencial a explorar internamente, dado que o País vai necessitar de muita energia elétrica de baixo custo e também descentralizada (notadamente no SE, CE e NE), o que ajudaria a interiorizar o desenvolvimento econômico nacional.

Finalmente, é importante destacar que, além da indústria de combustíveis líquidos e de energia elétrica, existe uma possibilidade concreta de se converter a cana ou sua fibra (bagaço e palha) em insumos para a indústria petroquímica. Exemplos disso são os produtos obtidos por meio da pirólise: gás, bio-óleo e carvão. Esses podem entrar nas refinarias e ajudar a substituir o petróleo como um todo.

Dessa forma, a indústria da cana-etanol não se limita ou se restringe à alternativa etanol, substituindo a gasolina nacional. É uma opção que abre um leque de oportunidades para o País, desde o mercado interno até o mercado externo. Em todos os casos, contudo, se colocam as necessidades de pesquisa para viabilizar:

- um novo modelo agrícola, mais sustentável;
- uso integral dos recursos da cana;
- novos modelos industriais que permitam, além do etanol, gerar mais energia elétrica e insumos à indústria petroquímica.

² A necessidade de mitigar GEE de combustíveis fósseis é, sobretudo, externa. No Brasil, possivelmente a melhor forma de reduzir as emissões seja a eliminação das queimadas na Amazônia.

A NECESSIDADE DE SE FINANCIAR PESQUISAS NO TEMA CANA-ETANOL

A produção e uso de etanol combustível a partir de biomassa é um tema multidisciplinar. Desde o desenvolvimento de novas variedades até o processo industrial e o uso final, a pesquisa no chamado setor sucroalcooleiro tem, hoje, implicações em todos os campos. Essas pesquisas podem incluir áreas de fronteira do conhecimento como genômica, novos materiais, nanotecnologia, automação, medicina ambiental, além das áreas mais tradicionais que são mais diretamente ligadas ao processo produtivo como agronomia e engenharia.

O avanço do conhecimento no tema cana-etanol tem dependido mais de esforços governamentais (institutos de pesquisas e universidades) e setor privado (principalmente no, chamado hoje, Centro de Tecnologia Canavieira – CTC e Dedini). Pode-se dizer que há pesquisas que são mais facilmente compreendidas pelo setor privado como passíveis de financiamento, por exemplo, o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar¹, o desenvolvimento de um software para otimização de transporte de cana ou, então, uma alteração na moenda, visando um melhor índice de extração. Pode-se, inclusive, afirmar que uma parte significativa dos recursos que o setor investe em pesquisa é destinada a esse tipo de desenvolvimento nos curto e médio prazos.

No entanto, motivado pela necessidade de redução de custo, pelo aumento da produtividade ou por melhores indicadores de sustentabilidade, vem crescendo a necessidade de financiamento por mais pesquisa básica e por pesquisa de maior risco e a longo prazo.

Essas pesquisas visam:

- obtenção de ganhos de produtividade agrícola e industrial;
- aperfeiçoar o uso dos recursos e insumos, sobretudo fósseis;
- reduzir volume dos efluentes e seu reciclo;
- desenvolver tecnologias emergentes;
- garantir meios de obtenção de fontes de energia renovável.

Assim, é de se esperar que os órgãos governamentais de fomento à pesquisa atuem mais decisivamente no financiamento à pesquisa básica. O que se observa, hoje, no tema cana-etanol é uma mudança do padrão tecnológico para um novo patamar,

mais exigente em conhecimento de ciências básicas e de conteúdo interdisciplinar, e por essa razão mais demandante de recursos para pesquisa básica.

A pesquisa básica é, dessa forma, de fundamental importância para amparar o desenvolvimento tecnológico no setor. Um exemplo disso é o conhecimento sobre catalisadores enzimáticos e sua relação com a tecnologia da hidrólise que poderá permitir ampliar significativamente a produção de etanol sem a necessidade de se aumentar a área plantada de cana, e exigindo menos insumos na produção².

No entanto, existem várias outras áreas em que a pesquisa básica é necessária no tema cana-etanol. Todo o processo de substituição ou da mudança da economia do petróleo e derivados para uma economia de biomassa de cana deve alavancar as pesquisas fundamentais seja na produção, conversão, como no uso final. É substancialmente diferente e mais difícil a produção de biomassa para fins energéticos do que foi até então desenvolver a chamada do petróleo, basicamente composta de prospecção, extração e refino.

Outro ponto importante são as pesquisas de maior risco, de quebra de paradigmas, em geral pouco atraentes ao setor produtivo, dado a baixa taxa de retorno do investimento, normalmente intrínseca a esse tipo de pesquisa. Atualmente no Brasil, passamos por uma transição tecnológica no setor sucroalcooleiro. Até então houve um aumento da produção baseado no aprimoramento de tecnologias conhecidas com redução de custo e melhora dos indicadores econômicos globais. No entanto, a base tecnológica atual deve ser alterada. O chamado “modelo brasileiro” de produzir açúcar e etanol como coprodutos deve ceder lugar a um novo paradigma de produção de etanol e uso integral da cana e dissociada da produção de açúcar.

A mudança da usina, tradicionalmente produtora de açúcar e álcool para uma unidade industrial capaz de produzir novos produtos via sucroquímica e alcoolquímica, somente será possível por meio de um investimento maciço em pesquisa básica.

Se o País objetiva aumentar significativamente a produção de energia de cana aproveitando a oportunidade que hoje se apresenta, importantes transformações tecnológicas serão necessárias. Para que essas novas tecnologias sejam desenvolvidas, uma importante base de conhecimento será necessária, sobretudo nas ciências básicas, o que poderá criar a base para o desenvolvimento da pesquisa mais aplicada.

É, portanto, importante salientar a importância de um Programa Fapesp de Pesquisas em Cana-Etanol – Bioen, que poderá financiar pesquisas e que, de outra maneira, dificilmente seriam financiadas seja pela baixa atratividade econômica ou pelo caráter de maior interesse público que privado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRONEGÓCIOS. Setores econômicos. Portal do Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.investimentos.sp.gov.br/setores/agronegocios.htm>>. Acesso em: 2 mar. 2006.
- ANFAVEA, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, Brasil. Dados estatísticos disponíveis em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 4 mar. 2009.
- CASER, D. V.; CAMARGO, A. M. M. P.; GHOBIL, C. N.; CAMARGO, F. P.; ANGELO, J. A.; GIANNOTTI, J. G.; OLIVETTE, M. P.; FRANCISCO, V. L. F. S. Previsões e estimativas das safras agrícolas do Estado de São Paulo, ano agrícola 2005/2006, 2º levantamento e ano agrícola 2004/2005, levantamento final, novembro de 2005. IEA, Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/producao/prev_safra.php>. Acesso em 2 mar. 2006.
- EINSENBERG, P. L. Modernização sem mudança: a indústria açucareira em Pernambuco 1940-1910. (Coleção Estudos Brasileiros, 15). Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.
- ELIA NETO, A. Impactos atmosféricos e o balanço de carbono no setor sucroalcooleiro. CTC. In: SEMINÁRIO ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR. 2005.
- EPE/MME. Plano Nacional de Energia 2030, Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro: EPE, 2007. 408p.
- FAO. Agricultural Data. Faostat Database Results. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 17 fev. 2009.
- GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152p.
- GOVERNO do Estado de São Paulo. Balanço Energético do Estado de São Paulo 2004. (Série Informações Energéticas, 002). Ano-base 2003. São Paulo, 2004.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. Banco de Dados de Bioenergia, Dados estatísticos disponíveis em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/bio_estatistica.php>. Acesso em: 17 fev. 2008.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, cuja equipe foi responsável pela confecção dos mapas “Localização das áreas de cana safra 2008/2009 nos municípios do Estado de São Paulo” e “Densidade das áreas de cana safra 2008/2009 nos municípios do Estado de São Paulo” baseados em dados disponíveis no site CANASAT: <<http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/>>. Acesso em: 27 fev. 2009.
- LEITE, R. C. C. (Coord.). Relatórios do projeto NIPE/Unicamp – CGEE (fases 1, 2 e 3). Campinas, SP.
- MACEDO, I. C. Impacts on the atmosphere. In Hassuami, Suleiman, J. *et al.*. Biomass power generation: sugarcane bagasse and trash. (Série Caminhos para a sustentabilidade). Piracicaba. CTC, CD-ROM, 2005a.
- MACEDO, I. C. (Org.) A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade. São Paulo: ÚNICA, 2005b.
- MAPA, MCT, MME e MIDIC. Diretrizes de política de agroenergia. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/diretrizesdepoliticadeagroenergia14novvers_03.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2006.
- MME – Balanço energético nacional. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=17036>. Acesso em: 5 fev. 2009.
- OLIVER, G. S.; SZMRECSÁNYI, T. A estação experimental de Piracicaba e a modernização tecnológica da agroindústria canavieira (1920-1940). *Revista Brasileira de História*, São Paulo, v. 23, n. 46, p. 37-60, 2003.
- ORGANIZAÇÃO BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 316p.
- PESQUISA E DESENVOLVIMENTO – P&D E AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL. CTC. Disponível em: <<http://www.ctc.com.br/php/pagina.php?doc=p-d>>. Acesso em: 02 mar. 2006.
- SOUZA, Z. M.; PAIXÃO, A. C. S.; PRADO, R. M.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qua-

- lidade do caldo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, set./out. 2005.
- TSUNECHIRO, A.; COELHO, P. J.; CAESAR, D. V.; AMARAL, A. M. P.; MARTINS, V. A.; BUENO, C. R. F.; GHOBRIL, C. N. Valor da Produção Agropecuária do Estado de São Paulo em 2004. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 35, n. 4, abr. 2005.
- UNICA. In: *Seminário Brazil as a Strategic Supplier of Fuel Ethanol*, jan. 2005.
- VEIGA FILHO, A. A. *Expansão da agroindústria sucroalcooleira: nova configuração para São Paulo*. APTA. Publicado em: 08 fev. 2006. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/noticias.php?id=1449>>.