

# Cooperação em Inovações Tecnológicas entre Brasil e Itália

Vanderlei S. Bagnato  
Elson Longo  
Wilma R. Barrionuevo



**COMPACTA**  
GRÁFICA E EDITORA

**FAPESP**  
**CNPq**

# Cooperação em Inovações Tecnológicas entre Brasil e Itália



**Vanderlei S. Bagnato**  
**Elson Longo**  
**Wilma R. Barrionuevo**  
[Organizadores]

**Cooperação em Inovações Tecnológicas  
entre Brasil e Itália**

**COMPACTA**  
GRÁFICA E EDITORA

**Copyright © dos organizadores e dos autores**

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos dos autores.

---

**Vanderlei S. Bagnato; Elson Longo; Wilma R. Barrionuevo [Organizadores]**

**Cooperação em Inovações Tecnológicas entre Brasil e Itália.** São Carlos:  
Compacta Gráfica e Editora, 2017. 347p.

**ISBN 978-85-5979-014-6**

1. Inovação Tecnológica. 2. Relação Brasil-Itália. 3. Autores. I. Título.

CDD – 600

---

**Capa:** Marcos Antonio Bessa-Oliveira

**Impressão e acabamento:** Compacta Gráfica e Editora

**Editor:** José Marino

**COMPACTA**  
GRÁFICA E EDITORA

## SUMÁRIO

<b>Contribuições da Universidade de São Paulo para a Inovação Nacional</b>	11
- Vanderlei Salvador Bagnato (Coordenador da Agência USP de Inovação, Coordenador do CePOF/INOF – Docente titular do Grupo de Óptica – IFSC – USP)	
<b>Relações comerciais entre empresas brasileiras e italianas</b>	25
- Edoardo Pollastri, Francesco Paternò (Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio, Indústria e Agricultura de São Paulo)	
<b>São Carlos, Capital Nacional da Tecnologia: a cidade que inova</b>	53
- Wilma Regina Barrionuevo (Coordenadora de Difusão Científica e Inovação Empresarial - Grupo de Óptica – IFSC – USP)	
<b>Inovações Tecnológicas produzidas pelo LIEC/CMDMC</b>	97
- Prof. Dr. Elson Longo (Coordenador do INCTMN - UFSCar/ Docente Titular da Unesp)	
<b>Inovações científicas e tecnológicas do Instituto Nacional de Óptica e Fotônica - INOF</b>	117
- Daniel Varela Magalhães (Docente da EESC, USP), Cristina Kurachi (Docente do IFSC – USP), Marcelo Becker (Docente da EESC, USP), Vanderlei Salvador Bagnato (Docente do IFSC, USP)	
<b>Inovação no Agronegócio</b>	149
- Silvio Crestana (Pesquisador da Embrapa Instrumentação e Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental – SHS - EESC – USP)	
<b>Redesenhando a Inovação: a necessidade de inovar no design</b>	179
- Vanderlei Salvador Bagnato (Coordenador da Agência USP de Inovação, Coordenador do CePOF/INOF – Docente titular do Grupo de Óptica – IFSC – USP)	
- Wilma Regina Barrionuevo (Coordenadora de Difusão Científica e Inovação e Inovação Empresarial - Grupo de Óptica – IFSC – USP)	

<b>Inovações nas Estações de Tratamento de Esgoto no Brasil</b>	185
- José Roberto Campos (Docente titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento / EESC-USP)	
<b>Inovação e sustentabilidade por meio de painéis de partículas de madeira e de outros materiais lignocelulósicos</b>	235
- Francisco Antonio Rocco Lahr (Docente Titular do Departamento de Engenharia de Estruturas – EESC – USP), Maria Fátima do Nascimento (EESC – USP), André Luis Christoforo (UFSJ, MG).	
<b>Pesquisas e Inovações no Contexto do INCTSEC</b>	265
- José Carlos Maldonado (Docente Titular e Diretor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC - USP), Flávia Serrano Cayres (ICMC – USP), Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco (ICMC – USP)	
<b>Aspectos da Tipificação da Aguardente de Cana de Açúcar</b>	293
- Felipe Augusto Thobias Serafim (IQSC – USP), Alexandre Ataíde da Silva (IQSC – USP), Douglas Wagner Franco – Docente titular do Instituto de Química de São Carlos, USP)	
<b>O Paradigma da Inovação Aberta e as Oportunidades para Cooperação Internacional”</b>	315
- Sergio Perussi Filho (Coordenador de Difusão Científica do CepoF/INOF – USP, Docente da UNICEP)	

## PREFÁCIO

O relacionamento cultural e as parcerias econômicas entre Brasil Itália vêm se fortalecendo ao longo da história de nosso País. Em 1994, com a abertura das fronteiras do comércio internacional, o intercâmbio Brasil-Itália cresceu ainda mais.

O tema Inovação Tecnológica é obrigatório tanto para todas as Instituições de Pesquisa, quanto para as Empresas que desejam estar em sintonia com um mundo globalizado. No entanto, apesar de ser uma tradição em diversas partes do mundo, o tema no Brasil é ainda recente, mas vem crescendo em importância e atividades concretas.

As universidades brasileiras têm se organizado para realizar o seu papel. Através da formação de Agências ou Escritórios de Inovação, estão sendo organizadas atividades em praticamente todo o território nacional. Os principais recursos utilizados por tais agências são cursos, palestras e acompanhamento personalizado. O governo também tem feito um grande esforço criando programas especiais de apoio a inovação, por meio de financiamentos especiais e eventos informativos. Apesar disso, necessitamos de muito mais. O envolvimento da Indústria com os setores de pesquisa é ainda bastante incipiente. Por outro lado, a Academia precisa ter mais mecanismos de cooperação efetiva, enquanto os empresários precisam enxergar a inovação como necessidade constante em sua atividade e buscar o apoio necessário nas Instituições de pesquisa. O aumento deste relacionamento tem sido objeto de inúmeras de nossas atividades. A realização de workshops conjuntos e a elaboração de atividades que aproximem setores são algumas dessas possibilidades.

Este livro contém a transcrição de um desses eventos onde procuramos criar elementos de aproximação entre a USP e instituições italianas que tenham pontos em comum, com os mesmos desejos de Inovar. O evento constituiu-se de palestras que procuraram identificar as áreas de interesse comum, as quais poderão alavancar a competitividade dos produtos brasileiros através da Inovação em ambos os países. Um dos pontos importantes levantados foi a ideia de



formar-se uma nova escola de Designers ítalo-brasileiros. Esperamos por meio deste livro, multiplicar as ideias discutidas.

Desejamos a todos uma ótima leitura!

Vanderlei Salvador Bagnato

Elson Longo

Wilma Regina Barionuevo

## Apresentação

Este livro discute, nas entrelinhas, uma questão muito importante. Existem hoje ecossistemas econômicos que são férteis para o surgimento da inovação em um grau tal que a função inovadora do local não depende da situação política nacional, nem da situação econômica das regiões que os rodeiam. Trata-se nitidamente do caso do Silicon Valley, a região na Califórnia entre San José ao sul e San Francisco ao norte. No Brasil, existem algumas regiões que podem ser consideradas como geradoras natas de inovação. São Carlos é uma delas, e possivelmente uma das que tem maior potencial de crescimento nas próximas décadas.

Um local que seja simpático à inovação (o que não é tão simples assim de existir) acaba inovando com mais frequência, tornando-se mais simpático à inovação. Este círculo virtuoso facilita cada vez mais a aceitação do ato de inovar, de pensar diferente, de permitir que os sistemas sejam testados em condições distintas das usuais e que seja aceitável a opção por substituir as condições usuais pelas novas condições devidamente testadas e comprovadas como mais bem sucedidas.

Os capítulos apresentados a seguir representam um retrato desta característica de São Carlos. Podemos dizer que no conjunto constituem um diagnóstico extremamente rico e uma receita para fazer com que outras regiões do País trilhem o mesmo ciclo virtuoso.

Numa visão simplista, mas realista, as condições necessárias para que haja inovação em um ecossistema estão todas elas na cidade de São Carlos. Há imigrantes de diversos povos, sequiosos para colocarem seus músculos empreendedores em ação. Não apenas os descendentes de italianos, com sua criatividade natural, estão presentes, como também descendentes de japoneses, alemães e de diversas outras origens também se instalaram na região, que aceitou a todos de braços abertos.

As universidades de São Carlos contribuem para a obiquidade do rigor científico. Em que outro lugar do Brasil se consegue discutir hipóteses e teses com desconhecidos nos bares, de cara limpa? Ao

mesmo tempo, a grande quantidade de pesquisadores na cidade, que alguns dizem terem a maior densidade de doutores por metro quadrado do País, faz com que a aventura do empreender seja mais gratificante do que eventuais recompensas financeiras. A procura pelo lucro rápido e fácil não tem vez em São Carlos, porque não cativa seus habitantes, que preferem construir um arcabouço de conhecimento e know-how, com condições de continuar evoluindo de geração para geração.

Espero que os fatos sobre a pujança inovadora de São Carlos e o papel dos descendentes de italianos neste fenômeno instigue no leitor a vontade de colocar em prática o seu espírito inovador. Com certeza ele será bem recebido nesta cidade.

José Lerosa de Siqueira  
Professor Doutor da Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo

## Reflexões sobre a Inovação na Universidade de São Paulo

Vanderlei Salvador Bagnato<sup>1</sup>

Vou dedicar este capítulo para falar um pouco sobre a Agência USP de Inovação. Muita gente ainda não sabe qual a finalidade dessa existência. A Agência USP de Inovação é um setor que foi criado para se responsabilizar pela realização de inovação e de parcerias e para tentar introduzir essa cultura da inovação na comunidade universitária. Chegamos um pouco atrasados nessa missão. Quando eu fui estudante nos EUA, em 1983, lá já tinha empreendedorismo nos dormitórios de estudantes. Eu acho que não é por acaso que o Google nasceu de estudantes americanos; os caras estavam simplesmente sendo doutrinados a serem empreendedores. Nós demoramos muito para fazer os nossos estudantes entenderem que uma fração deles não pode sair da universidade para simplesmente procurar emprego; alguns tem que sair da universidade para gerar emprego. Hoje no país a filosofia de querer estar empregado está mudando. Hoje você pega um jovem e pergunta “Você quer ser empresário?” e ele diz que sim. Há alguns anos atrás ele respondia que gostaria de ser funcionário público, arrumar um bom emprego na Embraer, na Petrobrás ou outra parecida. Agora alguns já dizem que querem ser donos. Nós estamos mudando, mas demorou muito. Precisamos nos mexer rapidamente e a forma de entrarmos na corrida é “acelerar”, não tem outra alternativa, e o Brasil não pode deixar de entrar na corrida. Além disso, precisamos subir ao pódio. Estamos em um momento crítico de descer de cima do muro, identificando o que queremos ser.

Contribuir para a Inovação. Essa é uma obrigação de todo brasileiro, não apenas dos empresários e cientistas, é de todo mundo. Demorou para termos essa mudança de concepção. A USP é uma das

---

<sup>1</sup> Coordenador da Agência USP de Inovação e Professor Doutor Titular da Universidade de São Paulo.

universidades brasileiras de maior produção. É um projeto de nação. Nós temos hospitais, escolas técnicas, museus, prefeituras; tem tudo aqui dentro. As coisas que se lançam aqui se tornam referência. Não que as outras universidades não sejam boas; tem universidades que são melhores que a USP em muitas coisas, mas a USP é a única no Brasil que congrega quase 150 mil pessoas em torno de objetivos claros: educar, pesquisar e inovar. São 90 mil alunos, 5 mil professores, 35 mil funcionários. Isto nos dá uma imensa responsabilidade. A Agência USP de Inovação foi criada pra tomar conta desse aspecto de conjugar o ensino, a pesquisa e a extensão, para promover o empreendedorismo, a inovação e a transformação de conhecimento em riqueza. É pra isso que a agência existe. A Agência está localizada fora da universidade, está localizada na cidade de São Paulo, na avenida Brasil. Não porque ali seja um centro de comércio, mas por que a gente tem que dar o primeiro passo. De outra forma o empresário é intimidado a entrar na USP. Ele não sabe quem procurar, ele não sabe como será atendido. Isso acontece porque a universidade até há pouco tempo estava focada em ser uma líder em produção científica e em produção de recursos humanos. Agora nós temos que estar preocupados com outra parte, em gerar inovação dentro da própria universidade. A agência tem praticamente 40 pessoas, mas lido também com estudantes porque a USP sempre tem que ter a vertente educativa. Eu trabalho com o mesmo número de funcionários e estagiários; estagiários de direito, estagiário de engenharias; todas as áreas têm espaço. O pessoal absorve tudo o que a gente quer. Assim, temos uma vertente educacional muito grande. Estamos na Avenida Brasil, não é para ser bonitinho é para realmente não intimidar. É para receber as pessoas num ambiente que eles já estão acostumados. Seria bom até ser na avenida Paulista, e a USP tem até um prédio na avenida Paulista, mas no momento estamos bem instalados e já precisamos expandir; essa é a agência que está de portas abertas.

A Agência tem várias obrigações e eu como coordenador procuro cumpri-las. Eu fiz um planejamento de dois anos que envolve 3 eixos de ações. O primeiro eixo de ação é para a comunidade universitária. Estamos determinados a produzir gente empreendedora, pessoas que queriam ser geradoras de emprego. Neste sentido, o número de *spin off*

está aumentando muito acima do esperado, o que é uma boa coisa para o setor acadêmico. Esta estratégia envolve, inclusive, cursos de empreendedorismo semipresencial - qualquer aluno de qualquer unidade da USP hoje pode se matricular num curso semipresencial de empreendedorismo. Ele faz quase on-line. Uma vez por mês ele vai para São Paulo, faz a aula prática e termina o curso com uma nova noção. Ele aprende a fazer um projeto de inovação e aprende os caminhos que permitem implementá-lo. Um outro exemplo: nós temos a Olimpíada da Inovação para a qual tivemos mais de 700 inscrições na última versão. No ano que vem, estamos prevendo mais de 1000 inscrições. A olimpíada é feita com estudantes, e os ganhadores sempre ou quase sempre, são estudantes que acabam fundando empresas. Isso funciona a tal ponto que a última versão da Olimpíada recebeu apoio financeiro dos ganhadores da primeira. Outro aspecto importante: temos programas de empreendedorismo e damos completo apoio à propriedade intelectual. A propriedade intelectual não é apenas para engrandecer o currículo; a propriedade intelectual é uma vitrine que não se encontra nas revistas científicas; é uma vitrine para transformar conhecimento em produção e assegurar o reconhecimento pela sua invenção. Uma patente que está escondida tem valor zero; uma patente que está sendo visualizada tem um valor que é apreciável. Valorizamos a propriedade intelectual de várias formas.

Para valorizar a inovação tecnológica dentro da academia, a Agência Usp de Inovação mantém várias atividades com a academia. Fizemos recentemente a USP iTec que foi uma exibição de inovação com 160 expositores; na maioria, grupos de pesquisa. Tivemos a visitação de praticamente 12 mil pessoas, e foi um sucesso muito grande. Todo mundo se surpreendeu com o volume de conhecimento que tem na USP que está disponível para inovação. Em algumas ações identificamos os grupos que precisam de apoio para inovação. Temos as bolsas de empreendedorismo, 150 bolsas por ano para mandar alunos de graduação (não de pós-graduação) para centros de empreendedorismo no mundo, e estamos mandando com grande sucesso. Criamos o TCC-Tecnológico. Assim, teremos no semestre que vem 100 bolsas para alunos que queiram realizar o TCC, numa iniciativa de inovação tecnológica no

exterior. O elenco de atividades para com a comunidade acadêmica é vasto. Basta olhar na nossa *home page*.

Além do vínculo com o setor acadêmico, nós temos importantes eixos de ação com o setor produtivo. Estamos desenvolvendo convênios e tornando fácil o convênio com as empresas. Temos um curso hoje no qual qualquer empresário do estado de São Paulo ou de fora do estado, pode se inscrever. O curso é de Gerenciamento e Execução de Projetos de Inovação Tecnológica. Esse aqui não é voltado para universitário; tem que ser empresário. Tivemos 670 inscrições para a versão de 2012 do curso. Esta é uma iniciativa conjunta com a Fiesp. Uma vez por mês os empresários vêm para São Paulo para ter a aula prática. Para ampliar ainda mais o relacionamento com o setor empresarial, a Agência USP de Inovação prestará, por solicitação da FAPESP, assistência a qualquer empresário do estado de São Paulo que queira depositar uma patente. Nós não vamos realizar o texto da patente, como fazemos com a comunidade universitária, mas vamos dar toda a instrução e vamos acompanhá-lo, porque acreditamos que parte do que inibe os empresários do estado a obter a patente é a falta de apoio, não apenas apoio financeiro. Normalmente eles nem sabem onde obter informações. Muitas vezes nem sabem como começar o texto. Então agora eles poderão procurar a Agência USP de Inovação, que terá uma cartilha e um funcionário dedicado a apoio às empresas, em especial empresas com projetos de inovação, seja com a FINEP, com a FAPESP, com SEBRAE ou com o BNDES. Este programa chama-se “Vocação para a Inovação do Estado de São Paulo”.

Essa vertente pró setor produtivo é o que deu origem a lançamentos periódicos de temas sobre os quais trabalhamos com maior foco. Recentemente lançamos o tema “Tecendo a Inovação” e estamos agora organizando um tema para a área medico/hospitalar. No contexto deste livro, nasceu uma boa idéia, que é “Desenhando a Inovação”. Design é uma coisa que nós latinos juntamente com alguns países da Europa, principalmente os italianos, podemos dar um pulo bem a frente, pois somos bastante criativos. Temos ampliado as ações com o setor produtivo e continuaremos nessa direção.

A Agência USP Inovação trabalha em parceria com o Estado, pois somos funcionários do estado. Colaboramos com o “Investe São Paulo”

e com todas as ações do Governo Estadual com relação aos parques tecnológicos, centros de desenvolvimento e demais iniciativas. Toda a vez que o governo tem uma ação empreendedora nos sentamos junto para ser a parte que nos cabe enquanto universidade. Uma delas é a produção de recursos humanos. Por exemplo, a se uma grande empresa quer montar um grande centro de desenvolvimento aqui no estado de São Paulo. Ela então procura o governo do estado. O governo pode muito bem resolver o problema de terreno, de local, mas não pode disponibilizar a infraestrutura de pesquisa; esse é a grande função da nossa Agência. Assim, nós atuamos junto com o estado, com os parques Tecnológicos e com as incubadoras de empresas envolvidas com a USP. A agência tem a responsabilidade de estar atuando nessa direção, procurando viabilizar ações com a infraestrutura que temos.

Algumas unidades da USP possuem parque tecnológico dentro ou ao lado de seus terrenos como é o caso da USP de Ribeirão Preto e da USP de São Paulo. Em São Paulo, a incubadora da Cietec, que é uma das maiores que nós temos no estado, com mais de 170 empresas incubadas, agora fará parte da USP em conjunto com o do Ipem – Instituto de Pesos e Medidas. Juntos, fortaleceremos inúmeras ideias de inovação, visando a incubadora como veículo.

Um outro eixo de ação da agência - eu disse três eixo - é a inovação com responsabilidade social. As empresas estão interessadas em realizar a inovação e nós estamos interessados em contribuir e se pudermos combinar esses interesses resolvendo algum problema da sociedade brasileira, nós temos que resolvê-lo. Dessa forma, nós estamos criando um modelo diferente de participação da universidade no processo de inovação: a universidade coordena, a indústria produz e o governo é o parceiro. Começamos na área da saúde e queremos ampliar. O BNDES é um parceiro nos investimentos e a Anvisa é parceira, quando diz respeito a saúde. Nós queremos muito que a Anvisa seja parceira dos empresários e não apenas órgão regulador das empresas e produtos. Assim pretendemos centrar as nossas ações nessa parte de inovação com responsabilidade social. Podemos dar uma grande contribuição nesse sentido, identificando os problemas e trazendo a competência. Já temos quem produz, já temos quem difunde as idéias geradas. E precisamos junto com o governo resolver os



problemas da sociedade brasileira. Mas sabemos que sem tecnologia ninguém vai resolver o problema da saúde e da educação desse país. As pessoas têm essa falsa ideia de o que falta na saúde é recurso; não, o que falta na saúde é organização. O mesmo ocorre na educação: falta pagar bem alguns profissionais na educação, mas falta também organização, falta aproveitar o investimento feito pelo governo em alguns setores de modo a ser mais eficiente. Tecnologia e Inovação podem ajudar, e muito!

Esses são os eixos que a Agência trabalha. A Agência não é uma unidade educativa dentro da USP e, portanto, não abriga cursos. Assim, abrigamos os nossos cursos como o da Fiesp, cursos de Empreendedorismo no ambiente Acadêmico e agora estamos lançando alguns outros cursos, sempre tendo o apoio de outras unidades como é o caso do Instituto de Física de São Carlos, que sempre abriga os cursos que solicitamos. Mas não importa qual unidade; importa que está aberto para toda a comunidade e é assim que a Agência atua. Além de explicar um pouco a Agência, eu gostaria de aproveitar essa oportunidade para explorar a questão de como funciona a inovação na universidade.

As pessoas têm uma ideia um pouco equivocada de que existe quem inova, e quem não inova, separados em dois grandes grupos. Esse é um grande erro. Um bom exemplo disso pode ser verificado no filme “Flash of Genius”. Este filme conta a história de um professor universitário que inventou um dispositivo para pára-brisas de carro. Esse professor tinha problema na visão e ficava piscando. Então, ao longo dos anos, ele conseguiu adaptar a piscada de tal maneira que não prejudicasse a sua visão. A piscada deveria ser periódica, de modo a não comprometer a imagem. Baseado nesse mesmo princípio ele inventou, na década de 50, um dispositivo que fazia exatamente o movimento de temporização que não comprometesse a imagem visualizada pelo motorista. Levou para a Ford, que adorou e lá disseram que ele deveria abrir uma empresa que seria a fornecedora da Ford. Só que a Ford passou a perna nele e produziu ela mesma o temporizador e lançou-os em seus os modelos. Depois a Chrysler fez o mesmo e assim por diante. O professor passou, então, cerca de 12 anos da sua vida tentando mostrar que o invento era dele. Na época ele dizia que nem queria dinheiro, mas sim o reconhecimento da invenção. Como ele havia patenteado o seu invento,

após quase duas décadas ele foi reconhecido e ganhou milhões das empresas que utilizaram o seu invento.

Por que eu contei essa história? Para falar que grandes empresas passam pernas em pequenas? Não, eu fiz isso para mostrar que esse professor não era nenhum *expert* em tecnologia. Ele simplesmente teve um flash e aproveitou, e é isso que é inovação.

Todo mundo é inovador, em qualquer área. A inovação é um estado de alerta para você usar o seu conhecimento para melhorar algum produto ou gerar um produto novo. Isso é a inovação também no ambiente acadêmico. Assim, eu não tenho que pedir para cada cientista abrir uma empresa; é claro que não. Aliás, a universidade não sabe fazer empresa, não sabe fazer nem parque tecnológico. Quem sabe fazer é o setor privado, são os empresários, e nós temos que dar apoio pra isso. Mas temos também que aproveitar os “flashes”. Na universidade temos um milhão de ideias, das quais algumas poucas resultarão em grandes produtos. Isso é inovação no ambiente acadêmico e precisamos, de alguma forma, conseguir deixar os pesquisadores em estado de alerta, para que aproveitem essas oportunidades de transformar idéias em inovação. Temos que preparar pessoas para que ajudem os pesquisadores a identificarem esse flash. Essa é a essência da inovação no ambiente acadêmico.

É importante manter sempre em mente que com essa infraestrutura que criamos nós podemos caminhar além da ideia. Eu queria convidar vocês para imaginarem o que eu vou falar, que sobre o trajeto percorrido desde a ideia até o mercado. Inicialmente você tem uma ideia e essa ideia pode ser provada em princípio ou não - primeira prova de fogo. Depois que ela foi aprovada em princípio, ela pode ser prototipada. Só para esclarecer, um protótipo não é exclusivamente um pequeno instrumento. O protótipo pode ser um processo, uma aplicação na economia, por exemplo. Depois que a idéia é prototipada ela pode virar um produto e depois ela poderá conquistar o mercado. É assim que ocorre a evolução das ideias que chegam ao mercado. E o que a universidade sabe ter? Ideias! Aqui todo mundo tem dez ideias por dia e agora eu vou colocar uma escala de números sobre essa escola que criamos.

Um milhão de idéias! Na universidade nós temos ideias em grande quantidade. Temos tantas ideias que as colocamos nas revistas. E as grandes empresas fazem o que? Mantêm um grupo de funcionários lendo as publicações das universidades. As indústrias farmacêuticas são grandes aproveitadoras desse sistema. É assim que a indústria farmacêutica vive: quando ela vê uma coisa interessante ela pega e transforma em produto. Considerando que na universidade temos um milhão de idéias, vamos analisar quantas dessas podem ser aprovadas de fato. De início, as ideias iniciais já caem em um fator de cem. Então, de um milhão passam a ser dez mil. Utilizando provas de principio, verifica-se quais de fato têm condição de serem um protótipo. A ideia da prova de principio é verificar se o caminho é correto. Já o protótipo, prova se a ideia pode ser um produto. Exemplificando, se eu tiver uma idéia de um tratamento de gripe que envolva criar um prédio de trinta andares em cada local, a ideia não vai ser prototipada; ela morre aí, por ser inviável. Aí já cai novamente em mais um fator de cem. Assim, das dez mil, em geral mil são capazes de ser prototipadas.

Agora eu tenho que produzir o produto, mas o produto tem outra série de requisitos. A Latina Eletrodomésticos, por exemplo, não vai fazer uma máquina de lavar que precise de uma jamanta para transportá-la. E também não vai fazer uma máquina de lavar que custa o preço de um carro. Pode ser a maior máquina do mundo, aquela que torna a roupa viva, mas não vira produto. Então, aí vem uma nova podada, onde mil agora vira dez. De um milhão, eu tenho dez que são capazes de ser produto e isso não significa que seja aceita pelo mercado.

Agora vem o mercado, tem que ter público alvo: vou vender para quem? Quantas unidades? Como que eu vou distribuir? Isso é o mercado. O dez vira um. Então, verificamos que de um milhão de ideias, somente uma conquista o mercado e vira inovação. Portanto, o sucesso da inovação precisa de muitas ideias. E é por isso que a universidade é importante nesse cenário; porque aqui nós temos ideias e precisamos de gente esperta que vão extraíndo as mais viáveis. Entenderam a minha escala?

Agora vamos traduzir esses cálculos todos em uma escala de valores. A idéia única que chegou no mercado vale um milhão. Aquelas que são apenas produtos provavelmente valem dez mil. Aquelas que

são protótipos provavelmente valem mil. E as que são apenas provas de princípio provavelmente valem dez e aquelas um milhão de idéias valem um! É errado o cientista pensar que a ideia é o grande valor. A ideia é o grande começo, mas o valor é o mercado. Isso tudo em termos de inovação, é claro, porque em termos de avanço científico o diagrama é diferente em números e em conceito.

E o que a universidade sabe fazer bem? Sabe gerar ideias! E hoje, com essa avalanche toda de financiamentos da FINEP, estamos avançando nos primeiros passos: ideias, provas de princípio e protótipo. Dessa forma, nós já estamos contribuindo bastante, pois até há pouco tempo as empresas precisavam ter uma universidade dentro delas. Aliás, foi isso que as grandes empresas americanas fizeram. Elas tinham um instituto de pesquisa maior que as próprias universidades. Muitos ganhadores de prêmios Nobel estão em empresas americanas. Atualmente eles estão atualmente mais nas universidades, mas estas também estão mais conectadas com as empresas. Um exemplo interessante é a MIT, nos Estados Unidos, que possui prédio de várias empresas, como a Microsoft. E por que as empresas dão esses prédios de presente? É para ter um monte de gente dentro das empresas, olhando tudo, pescando tudo. E o que o MIT e as empresas estão pescando? Um milhão de ideias, mil protótipos, é isso que elas estão vendo lá. Assim, a universidade tem um papel muito importante. Precisamos entender isso, porque nós não temos hoje cliente para toda a ideia para a qual a gente prova um princípio. Nós temos que estar junto com as empresas e, mais que isso, temos que ter uma clientela. Daí vem a ideia do docente empreendedor, que é o mentor. Os alunos vão criar uma empresa e ele tem que estar junto por um período. Tudo isso tem que ser implantado. Então você vê o quão atrasados nós estamos, desde a interpretação do que é inovação no ambiente acadêmico, até a ação real. Mas nós estamos agindo e ninguém tem dúvida disso. Um outro aspecto que quero abordar diz respeito às commodities. Dizem que o que está sustentando a nossa economia são as commodities. Mas por que não vendíamos antes? O mundo não comia? O mundo não consumia aço? E por que só agora estamos vendendo as commodities com tal sucesso?

Estamos crescendo em vários aspectos. Um exemplo é que agora, depois de décadas, a Embrapa conseguiu fazer com que batêssemos recordes de produção. Hoje nós podemos produzir além: para a população brasileira e para o mundo. Agora, é importante entendermos que a commodity que nós estamos vendendo tem muita inovação. Você acha que nós estaríamos produzindo soja como estamos se não tivéssemos inovação? Você acha que nós estaríamos vendendo soja para o mundo se não tivéssemos inovação tecnológica? Hoje nós produzimos soja no gelo, se for preciso. Você acha que isso aí veio dos antigos arquivos de produção de grãos? Não, veio da tecnologia! Você vai dizer para mim que a produção de agropecuária brasileira não tem tecnologia? Vá em qualquer fazendinha: o boi tem chips na orelha! Assim como alguns brasileiros, eu também era um pouco contra a commodity, mas hoje acho que temos que pensar que nós estamos alimentando uma parte do mundo com a nossa tecnologia. O Brasil vai alimentar o mundo e isto é, em grande parte, vitória da ciência brasileira. Nossas commodities são agora “commodities tecnológicas”.

Nós começamos a crescer quando começamos a produzir biodiesel - combustível à base de biomateriais - no nosso caso, principalmente a cana de açúcar. Nós demos um exemplo para o mundo e isso faz parte do nosso elenco de sucesso. Mas não podemos ficar só nisso. Temos que transformar tudo o que é bagaço em etanol e vender também. Temos que processar mais os nossos produtos, incluindo os alimentos, antes de vendê-los. Já temos tecnologia para isso. Temos que ter a ambição de transformar as commodities e incorporar a elas mais valor. Mas isto deve ser feito de um modo ainda mais avançado do que o que fazemos hoje.

E não tenho dúvida que daqui a pouco nós estaremos exportando soja processada, transportável. Hoje o custo do transporte da soja é elevadíssimo. Temos que pegar quase um transatlântico para levar soja para a Ásia. Logo iremos levar essa soja em algumas latas; tudo isso é tecnologia- e essa é uma coisa que a USP tem a responsabilidade de produzir. Nós temos que trabalhar e melhorar o que estamos fazendo e adicionar a tecnologia ao atual estado dos produtos brasileiros. Outros países querem que o Brasil venda produtos industrializados na mesma base que nós vendemos grãos, mas nós não vamos deixar, porque nós

trabalhamos duro, a Embrapa trabalhou duro. Trabalhamos pesado desde o início de nossa história e os italianos que vieram aqui plantar café e soja e foram os pioneiros na produção de grãos no país também trabalharam muito. Não vamos esquecer tudo isso não. E a Agência USP de Inovação tem a obrigação de contribuir em desenhar esse novo panorama.

Para finalizar, eu quero convidar a todos para visitarem a Agência USP de Inovação em São Paulo ou em São Carlos. Nós temos um polo em São Carlos, e estamos percolados em vários dos campi da universidade. Queremos ser relevantes e a atual administração da USP está nos dando liberdade para que tenhamos tal relevância. Assim, cabe a nós realizarmos essa tarefa. Temos que implementar as ideias, convencer as pessoas e ir adiante com o plano de usar a inovação em nosso país. E não vamos nos enganar com algumas falsas ideias. Se você analisar a fundo você verá que o Brasil está sim no caminho certo. Mas ninguém faz tudo sozinho. Fazendo ciência eu aprendi o seguinte: você tem que ter boas ideias, você tem que trabalhar duro, mas você tem que estar bem relacionado. O empresário que não tem relação com ninguém não tem saída, está estagnado; o cientista que não tem relação com ninguém também não tem saída. Assim, é bom nós aproveitarmos as oportunidades e criarmos relacionamentos e, para isso, nada melhor do que sedimentar ainda mais a ótima relação que temos com a Itália e com outros países que têm uma identidade muito grande com o Brasil. Nessa nossa parceria com a Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio, Indústria e Agricultura iremos nos concentrar nas trocas comerciais e tecnológicas que podem ser feitas entre os dois países. Uma ideia interessante que surgiu em nossas reuniões foi o conceito de design. Pretendemos fazer brevemente um workshop para lançar a “Escola Ítalo-brasileira de Design”. Vamos trazer os profissionais de design brasileiros e italianos e vamos ver como podemos melhorar ainda mais o nosso design. E essa ação poderá ajudar todos os setores. Recentemente a Agência organizou um workshop em São Paulo com o tema “Tecendo a Inovação” e foi um sucesso. Foram vários pesquisadores, empresários brasileiros e empresários do exterior trabalhando em prol da melhoria do setor têxtil. Foi um começo, ainda modesto eu acho, mas já é um começo. Seguindo essa mesma linha,

iremos agora lançar o tema “Desenhando a Inovação”. Traremos profissionais da Itália, além de profissionais brasileiros de vários setores. Isso é o que a universidade pode fazer muito bem. Trazer especialistas nas áreas de eletrodomésticos, médico-hospitalar, ornamentos para residência, piso etc. Com certeza iremos avançar em aspectos interessantes para os países envolvidos. Junto com a Itália certamente poderemos ser muito mais fortes, criativos e inovadores.

## SOBRE O AUTOR

### Vanderlei Salvador Bagnato



Físico (USP) e Engenheiro de Materiais (UFSCar). Doutor em Física (Massachusetts Institute of Technology -MIT, EUA). Professor Titular do IFSC-USP, coordenador da Agência USP de Inovação e do Instituto Nacional de Óptica e Fotônica. Publicou 368 artigos científicos e 1062 trabalhos em eventos. Possui 18 capítulos de livros e 6 livros publicados. Orientou 34 dissertações de mestrado e 25 teses de doutorado nas áreas de Física, Odontologia e Medicina. Atua na área de Física Atômica e de Terapia

Fotodinâmica (PDT).

Eleito para The Academy of Sciences for Developing World em 2009; Eleito membro da Academia Pontifícia de Ciências em 2012, e eleito membro da National Academy of Sciences (EUA) em 2013.





# Relações comerciais entre empresas brasileiras e italianas

Edoardo Pollastri \*  
Francesco Paternò\*\*

No presente capítulo discorreremos sobre a origem da Câmara Italiana de Comércio, sua história, dados interessantes, ações, parcerias e as relações comerciais estabelecidas entre empresas brasileiras e italianas. Inicialmente faremos uma breve introdução onde é possível entender as origens da Câmara e toda sua trajetória.

## 1. História

A Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio, Indústria e Agricultura (ITALCAM), nasceu da iniciativa de um grupo de banqueiros, comerciantes e industriais italianos após uma sessão preparatória realizada na sede da *Associação Comercial* em março de 1902, na qual foi nomeada uma comissão organizadora composta pelos representantes de algumas empresas italianas.

A ITALCAM surgiu com a adesão de oitenta e três empresários e, em 16 de maio do mesmo ano elegeu-se o primeiro Conselho Diretivo, o Presidente, Sr. Giovanni Briccola e, como Presidente honorário, o Real Cônsul Geral da Itália. A primeira sede foi no edifício da Rua do Comércio, n. 25, hoje antigo centro da cidade de São Paulo.

Em 17 de maio de 1903, obteve o reconhecimento do Governo do Brasil como Entidade Jurídica e sucessivamente aquele oficial do Governo Italiano. Sua constituição atendeu a uma carência profundamente sentida pela coletividade, o desenvolvimento industrial realmente estava no início e o comércio de importação da Itália em plena atividade. Havia, portanto, a necessidade de um organismo que fosse capaz de tutelar os interesses comerciais italianos.

---

\* Presidente da Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio, Indústria e Agricultura de São Paulo.

\*\* Secretário Geral da Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio e Indústria.

O desenvolvimento da indústria fez o consumo e o comércio de muitos produtos de origem italiana crescer e, portanto, a função da Câmara também mudou: de órgão associativo dos importadores locais transformou-se numa assessoria de colaboração para fins político-econômicos do Governo Italiano.

Em seguida, participou da elaboração dos Tratados de Comércio entre o Brasil e a Itália, assim como, das diversas ações realizadas em proteção dos colonos, da propaganda para a promoção do café brasileiro na Itália e da participação às Exposições de 1906, em Milão, e de 1911, em Turim.

Em 1994, com a abertura das fronteiras do comércio internacional, o intercâmbio Brasil-Itália aumentou significativamente. A ITALCAM também passava pelo seu processo de transformação: em abril do mesmo ano foi eleito como Presidente, Dr. Edoardo Pollastri, estimado empresário italiano que, graças aos seus méritos, foi reeleito. Hoje é uma figura de destaque na comunidade ítalo-brasileira ao desempenhar o papel de promotor das atividades da Câmara e da integração bilateral. Além disso, também é Conselheiro Diretivo da Assocamerestero (Associação das Câmaras Italianas no Mundo) e Coordenador de Área das Câmaras de Comércio Italianas do MERCOSUL.

Com reconhecida eficiência e prestígio a ITALCAM, em 2012, completou 110 anos em pleno desenvolvimento. Atualmente conta com cerca de 900 associados, é a única Câmara de Comércio Italiana no Exterior (CCIE) com mais de 70 Delegados na área de sua jurisdição. Dentro de sua estrutura atuam escritórios da Câmara de Florença, além das regiões da Lombardia, Vêneto, Piemonte e da Emilia-Romagna.

Por isso, exerce uma função de grande centralidade como incentivadora da intensificação do comércio bilateral. Seu papel característico, assim como, seu enraizamento se manifestam, no Brasil, graças aos seus associados e, na Itália, mediante a sua história. Tudo isso permite à Câmara ter uma alma dupla, única entre as instituições no Brasil.

## 2. Estrutura da Câmara

A ITALCAM tem como finalidade cooperar para o desenvolvimento das relações econômicas e culturais entre Brasil e Itália. Para o alcance dessa missão, se faz necessário o desenvolvimento de diversas atividades, em três grandes eixos de atuação: comercial, cultural e de consultoria:

a) Área Comercial – Atua promovendo eventos, seminários, missões comerciais, feiras, e propagandas que destacam os interesses comerciais da indústria, do artesanato e da agricultura. Além de oferecer serviços para apoio a empresários (brasileiros e italianos), divulgação de oportunidades de negócios entre outros.

b) Área Cultural – Promove ações que ajudam na difusão e tutela de produtos italianos e brasileiros, incentivando a cultura, valores e criatividade de ambos. Além disso, cria mecanismos de apoio como publicação de revistas e boletins periódicos informativos, palestras e eventos para a promoção destes produtos e parceiros.

c) Área de consultoria – Proporciona serviços de consultoria (legal, estratégica, fiscal, etc.), sobre todas as normas que regem a relação entre os dois países, à disposição dos associados.

A Câmara oferece também alguns serviços de infra-estrutura para seus associados, que podem servir de suporte às empresas italianas interessadas em investir no Brasil.

Com o plano “*Uma Âncora Italiana no Brasil*”, a Câmara tem a intenção de facilitar a internacionalização de PME's (Pequenas e médias empresas Italianas), colocando à disposição um escritório que tenha recursos e pesquisas preliminares de mercado para avaliar as possibilidades reais de introdução de produtos ou serviços de empresas italianas no Brasil, antes de enfrentar a burocracia e os custos da criação de uma própria sucursal ou filial no exterior. O objetivo é propor à PME italiana *know-how*, segurança e praticidade, oferecendo a colaboração e o patrimônio de conhecimentos da ITALCAM. Na prática, “incubando” a empresa italiana até quando a mesma tenha conhecimentos suficientes para decidir se quer ou não começar por conta própria.

Para maior dinamização e participação na vida da Câmara, como associação, foram criados diversos comitês, que podem ser compostos

por membros associados que tenham capacidade técnica profissional de atuar nestas áreas, onde empresários e dirigentes de empresas se reúnem a fim de traçar programas comuns, interagir como grupo e lançar projetos junto a Câmara.

No Comitê Jurídico aderem todos os associados que exercem a profissão de advogado e/ou escritórios de advocacia, como pessoa jurídica. Com a intenção de aproximar os juristas brasileiros e italianos, este comitê organiza encontros regulares onde são colocados em pauta temas e propostas de interesse legal.

O Comitê de Logística e Transportes tem por finalidade promover entre seus membros e entre os associados da ITALCAM, iniciativas como workshops e eventos ligados ao setor de logística, transportes no âmbito nacional e internacional. Promovem também o desenvolvimento das relações bilaterais entre órgãos governamentais, entidades e empresas italianas da área com seus correspondentes interlocutores brasileiros, mediante a organização de encontros, visitas técnicas e missões internacionais. Além de prestar assessoria e consultoria à Presidência, à Diretoria Executiva e ao Conselho Diretor da ITALCAM este comitê é, por vezes, consultado por qualquer associado à Câmara, ficando a critério do presidente a possibilidade de recusar tais consultas, caso as mesmas não apresentem um interesse geral compatível com as finalidades institucionais do Comitê.

Recém lançado, o Comitê do Meio Ambiente envolve várias Câmaras das áreas MERCOSUL (Mercado comum do Sul) e ACCA numa iniciativa continental. O projeto inicial promove as ações no setor ambiental, o intercâmbio de tecnologias e de expertise italianas no Brasil, além de estimular a participação em feiras e eventos, com uma atenção especial voltada às energias alternativas renováveis, hidroelétricas, eólica e solar, à reciclagem, à redução de emissões de gases de efeito estufa e ao setor da construção sustentável tanto civil, quanto das infra-estruturas. Poderão aderir pessoas físicas e jurídicas interessadas neste tema.

O último comitê promovido pela ITALCALM é o Comitê de Desenvolvimento Econômico. Criado com o intuito de associar pessoas físicas e jurídicas abrange áreas interessadas no desenvolvimento

econômico em geral e, especialmente, nas atividades da Tecnologia de Informação (TI) e da área de Agronegócios.

A adesão aos comitês é facultativa, podendo os associados da Câmara a participar de mais de um Comitê, conforme interesse e disponibilidade.

### 3. Projetos

A Câmara realiza uma grade de atividade que contempla um extenso raio de ações: missões, feiras, intermediações de negócios, promoção do *Made in Italy*, da Itália em geral e do Brasil, e todas aquelas atividades que tradicionalmente fazem parte do programa de trabalho das CCIE (Câmaras de Comércio Italianas no Exterior), todas com o propósito de dar mais visibilidade às empresas no exterior e fornecer a elas um suporte adequado para que possam atuar em um ambiente competitivo com instrumentos e conhecimentos adequados.

As atividades que uma Câmara pode, ou melhor, deve com a graduação necessária, ser capaz de desenvolver, se traduzem – transferindo-as para a realidade quotidiana – naquelas que são suas funções específicas. Sua enunciação serve, ao mesmo tempo, para definir suas conotações como instituição prestadora de serviços. Em outras palavras, quaisquer que sejam as atividades que realiza (das mais simples às mais articuladas, das mais repetitivas às mais frequentes), a CCIE funciona como “fornecedora” ou como “intermediadora” de serviços. Isso também explica a possibilidade de troca dos termos, desde o momento que a descrição das “atividades” seja evocativa às “funções” que ambas fluam no conceito de “serviços”.

Referindo-se, conseqüentemente, aos conteúdos das atividades de uma CCIE, elas podem ser agrupadas conforme três modalidades diferentes, às quais correspondem outras tantas “capacidades”: de “resposta”, de “iniciativa” e de “proposta”.

A primeira, evidentemente, diz respeito à “demanda” de serviços e baseia-se na capacidade de corresponder às expectativas de quem, espontaneamente, procura a Câmara. A segunda refere-se às iniciativas que uma CCIE pode assumir sem que seus serviços sejam solicitados, criando, dessa forma, os pressupostos dos quais a “demanda” surge

(entre as tantas, por exemplo, na difusão das “oportunidades comerciais”). Enfim, a terceira está relacionada à capacidade de se impor como ponto de referência nos assuntos do “business community” e das instâncias públicas (atividade de lobbying), mas também como “centro” elaborador e difusor de análises, projetos e propostas, capaz de contribuir para o debate permanente sobre os assuntos da economia e dos intercâmbios.

No atual cenário econômico, aqueles que possuem mais relevância e pontos de contato com a atividade das CCIE e das empresas são, sem dúvida, a Representação Diplomática, o Ministério para as Atividades Produtivas e as Instituições Promocionais Italianas.

Ciente da necessidade de ter que crescer e diversificar ainda mais as próprias áreas de atividade, cumprindo, portanto, todas as funções específicas de uma CCIE, aquela de São Paulo, conseqüentemente, preparou um programa ambicioso, cheio de iniciativas e novos projetos voltados a inovar as metodologias de trabalho e a ocupar um espaço cada vez mais relevante no contexto econômico, político, cultural e social no qual atua. Tais projetos tendem a considerar a informação cultural como elemento propedêutico às relações econômicas, comerciais e industriais.

No passado, a ITALCAM realizou projetos que determinaram o estudo de setores modernos e o aprofundamento de novos conhecimentos. Um deles, realizado em 2005, foi o “*Integratec*” (Integração de Tecnologia). Um encontro anual com a iniciativa focalizada no encontro entre empresas e empresários com o intuito de facilitar a integração dos negócios entre a Itália e o Brasil e de colocar em contato os B.I.C. italianos (*Business Innovation Center*) com as “Incubadoras” brasileiras. A relevância do desenvolvimento sócio-econômico e de tecnologias na economia de um país é de extrema importância em decorrência de Inovações simples ou complexas que são integradas na vida cotidiana. O negócio da empresa incubadora com as B.I.C. envolve planos específicos e pequenas invenções ou projetos importantes. Anfitriã em diferentes regiões da Itália, a BIC possui um grande conhecimento técnico-científico e tem como objetivo do projeto trazer contatos italianos com “Incubadoras” brasileiras. Estes são quase sempre ligados a universidades ou outras instituições públicas, que

representam o topo da pesquisa e tecnologia no Brasil. A realização deste nosso evento foi um estímulo ao investimento em tecnologia, iniciativas no setor de produção, o intercâmbio de experiências e de cooperação científica e tecnológica entre empresas e jovens de ambos os países.

Neste mesmo segmento a NANO-TEC foi um projeto criado com o objetivo prioritário de estabelecer bases para a construção de um *network* internacional entre entidades/empresas/instituições italianas atuantes no campo da nanotecnologia e os sujeitos correspondentes atuantes no exterior, através da criação de um banco de dados compartilhado por contatos selecionados e a organização de encontros de negócios entre os centros de excelência e estruturas acadêmicas, agências nacionais e organizações públicas de apoio à pesquisa e às empresas, e entre as próprias empresas. Através da mobilidade de diversas Câmaras de Comércio no exterior e a constituição de uma rede de trabalho, a comunidade científica e empresarial italiana teve a possibilidade de usufruir de um canal privilegiado de contato com algumas das mais importantes áreas atuantes no campo da nanotecnologia a nível mundial. Este evento possibilitou a divulgação de projetos brasileiros e italianos a fim de construir uma maior mobilidade, comunicação e oportunidades entre os dois países. O Nanoforum, manifestação anual patrocinada, entre outros, pelo Politécnico de Milão, Região Lombardia e PROMOS, foi realizado em 2006 e já ocupa uma posição importante no panorama nacional.

Em outro segmento podemos citar o conhecido “Made in Italy”. Este ‘projeto’ trás consigo um contexto de qualidade e boa aparência traduzidos pela tradição italiana e reconhecimento mundial. Produzido na Itália o produto passa a ter um valor agregado de qualidade, um selo mundialmente conhecido pelo histórico bom gosto originado dos estilistas de moda, design e arquitetura em meados dos anos 50. Hoje em dia o “made in Italy” é considerado a terceira marca mais famosa do mundo. A câmara promove sua divulgação, dando continuidade a uma qualidade de raízes popularmente conhecidas em diversos setores.

De carona com popularidade do “Made in Italy” e de sua tradição, projetos de Design tem entrado constantemente na pauta da ITALCAM. Recentemente diversos projetos de arquitetura vêm se destacando. Com



o intuito de promover o conhecimento e despertar o interesse de arquitetos e interessados, este novo projeto vem se construindo com base em workshops, palestras e eventos elaborados pela Câmara. Destacam-se principalmente os novos projetos que envolvem inovações verdes e construções ecologicamente corretas. Um dos projetos apresentados envolvia a criação de um novo modelo de casas populares, a fim de criar um novo paradigma nesta área. Os investimentos crescentes ajudam na captação de parceiros e *experts* do setor e a Câmara proporciona e organiza encontros com os interessados a fim de discutir novas possibilidades e ações.

Oskar Metsavaht e o designer italiano Marco Capellini foram os convidados do encontro “Brasil-Itália, Diálogo Sustentável”, que aconteceu no Centro de Estudos da Sustentabilidade (CES), da Fundação Getúlio Vargas, em São Paulo. O evento integra a agenda da Câmara Italiana de Comércio da cidade e inaugurou uma série de outras atividades. Em síntese, o encontro colocou no palco duas jovens cabeças pensantes do design sustentável mundial. O brasileiro Metsavaht falou sobre a construção de sua marca de roupas, a Osklen, do trabalho do instituto criado por ele e de como o Brasil pode e deve ser protagonista mundial neste tema. Já Capellini mostrou a atuação de sua empresa, a Capellini Design, na criação de estratégias de marketing para a divulgação de produtos e serviços no segmento green. Metsavaht defendeu a tese de que o Brasil tem como principal patrimônio de exportação neste mercado o seu lifestyle. E que deve lucrar em cima disso, criando marcas e conceitos fortes. “Todos querem experimentar nosso jeito de viver, alegre, sensual. O produto Made in Brazil é emocional mais do que tudo. Precisamos desenvolver o Created in Brazil, com criatividade e sustentabilidade. É o que o mundo deseja de nós”, avaliou ele. A grande chave neste processo, porém, é que todo ele seja acompanhado por um grande senso estético, a fim de que os produtos sustentáveis tenham, também, um apelo de compra. “Não é comprando por caridade que as coisas vão mudar. A maioria dos produtos sustentáveis que se tem hoje não é bem feita mesmo. É preciso melhorar o design para criar o desejo nas pessoas”, afirmou.

O fórum “*Carbontrade*” (Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono) foi criado com a intenção de estabelecer contatos entre

empresas e instituições italianas com as correspondentes brasileiras para estreitar as relações comerciais e identificar os aspectos positivos e negativos da legislação em vigor para facilitar o desenvolvimento do mercado de carbono. Nele a pauta principal se baseou em discutir o desenvolvimento de Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Tecnologias de Baixo Carbono, Financiamento de Projetos, Gerenciamento de Fundos de Carbono e Corretagem de Carbono e promover parcerias duradouras entre empresários brasileiros e italianos. Contou com a presença de palestrantes italianos e brasileiros, representantes de órgãos públicos na área de Créditos de Carbono destinados aos Setores de Meio Ambiente, Financeiro e Industrial; autoridades públicas municipais e estaduais relacionadas à área e representantes e/ou docentes de Universidades e Centros de Pesquisa.

A ação denominada “*Portos Italianos*”, voltada a um dos setores já em atividade como Comitê de trabalho, teve como objetivo realizar um estudo sobre o intercâmbio comercial entre as áreas da América do Sul e do Leste da Europa, mediante o desenvolvimento de atividades promocionais a favor dos portos italianos. Em particular, o evento de 2005 ofereceu dois tipos de ações: o primeiro a realização de um estudo de comércio e da situação logística entre as duas áreas da América do Sul e do Leste Europeu; e em um segundo momento o estabelecimento das primeiras atividades promocionais em favor dos portos italianos e em particular o porto de Trieste.

Algumas das atividades promovidas pela ITALCAM, como aquela da *Dieta Mediterrânea*, realizada anualmente desde 2002, tiveram e até hoje têm como finalidade a promoção de produtos agro-alimentares italianos, assim como, de sua cultura gastronômica no Brasil, por meio da apresentação dos hábitos culinários e do estilo de vida italiano. Com o objetivo de promover a gastronomia italiana no Brasil, há anos a ITALCAM realiza o projeto “Promoção da Dieta Mediterrânea no Brasil”, mediante diversas iniciativas que divulgam o conceito da verdadeira gastronomia e os produtos típicos italianos no território brasileiro. Durante esses anos, idealizamos e realizamos atividades, como roteiros gastronômicos, participação de chefes italianos em feiras e festivais de gastronomia, seminários ministrados por especialistas italianos, promoção de importadores brasileiros em feiras e missões na

Itália, cursos de gastronomia e prêmios oferecidos aos melhores profissionais da gastronomia italiana em restaurantes brasileiros.

Também vale destacar o projeto “*Festival de Cinema Italiano*”, com a realização de vários eventos para favorecer o intercâmbio cultural e comercial no setor cinematográfico entre Brasil e Itália, graças a ações que incentivam futuras co-produções e negócios a serem realizados em ambos os países. O projeto Festival de Cinema Italiano proporcionou o intercâmbio cultural no setor cinematográfico entre o Brasil e a Itália, através da projeção de filmes e da realização de encontros de profissionais do setor (diretores, atores, atrizes, produtores) com alunos de cinema e comunicação de universidades e escolas brasileiras. O projeto visa também a realização de workshops que favoreçam a difusão cultural cinematográfica e a realização de futuros negócios em ambos os países, através da promoção de encontros entre produtores e distribuidores e a intermediação de acordos entre as instituições representativas do setor cinematográfico no Brasil e na Itália. O projeto promove também o resgate da história do cinema, através de retrospectivas de diretores/atores que marcaram a história do cinema em todo o mundo. Todas as ações são acessíveis ao grande público.

O projeto de rede “*Franchising in America Latina*”, realizado em 2010, nasceu da dinamicidade do setor em forte crescimento em todos os países do continente Sul americano e, das possibilidades de inserção das redes italianas, que também despertou o interesse da Assofranchising da Itália. O objetivo foi desenvolver relações com associações nacionais e promover contatos para a conclusão de acordos com empresas italianas para começar a atuar com sucesso no mercado latino-americano.

Dada a excelência italiana no setor agro alimentar foi idealizada uma iniciativa, tal iniciativa com atenção especial “*à conservação, ao packaging e ao marketing de produtos alimentícios*”. Realizada em rede, o projeto promoveu produtos italianos, especialmente em relação ao segmento da embalagem, extremamente importante para a proteção e conservação, o transporte e a difusão dos produtos mediante um design capaz de atrair a atenção do consumidor. A finalidade era colocar em contato produtores e possíveis *buyers* para incentivar a troca de tecnologia e *know-how* entre Itália e a América Latina, considerando que

o alto padrão qualitativo italiano e a experiência maturada nesse campo atendem eficazmente às crescentes exigências do mercado.

“*Conheça a Itália sem sair de São Paulo*”, foi um projeto realizado em duas ocasiões de comemoração, a primeira durante o aniversário de 450 anos da cidade de São Paulo e segunda durante o “*Ano da Itália no Brasil*”. O projeto inclui a elaboração de roteiros turísticos na cidade de São Paulo. Tais itinerários enfatizaram a presença italiana na arte, na arquitetura e na gastronomia paulistana. Divulgando a cultura italiana por meio do estímulo ao turismo na cidade de São Paulo.

A área do meio ambiente tornou-se um tema de profundo interesse da ITALCAM. Graças ao projeto “*Desenvolvimento Sustentável Bilateral*”, se deseja favorecer a difusão de uma cultura de *Green Economy* de maior peso. A Câmara criou uma importante rede de relacionamentos empresariais e institucionais com os setores públicos e privados, a fim de fortalecer o intercâmbio de conhecimento e tecnologia entre o Brasil e a Itália. Entre estes trabalhos ficam envolvidos os setores de arquitetura, construção, transportes sustentáveis, energia limpa, tratamento de água e resíduos, reciclagem e agricultura.

Nos últimos anos, a Câmara vem dedicando-se sobre o tema da *green economy* de forma bastante intensa também no ponto de vista educacional, além de afrontá-la na parte comercial e de tecnologia, promovendo mini-cursos e seminários com especialistas reconhecidos italianos e brasileiros, tendo criado um network extremamente reconhecido na área. Em relação à formação já abordou temas que vão desde o eco-design, arquitetura e construção sustentável, até a criação de debates entorno da política de resíduos sólidos e de energias renováveis e alternativas, aplicação de tecnologias e novas tendências, entre outros assuntos. Em 2011 foram incorporados a esses temas painéis sobre 'o papel social e empresarial na Economia Verde', 'Energia e Transportes sustentáveis'.

Focado no segmento médico-hospitalar, o projeto Telemedicina foi criado para auxiliar e facilitar a organização dos hospitais, que por vezes sofrem com a falta de leitos e equipamentos de diagnóstico, através da implantação, gerenciamento e transferência de conhecimento de um sistema via satélite que tem como objetivo melhorar o fluxo de informações entre médicos e contribui para o diagnóstico precoce. Este

sistema já vem sendo usado em diversos países pelo mundo e tem se tornado cada vez mais popular. Na África os resultados obtidos são muito positivos e com o apoio da Câmara temos buscado promovê-lo ainda mais.

Incentivando a pesquisa e educação, a ITALCAM promoveu “*a orientação ao trabalho para os jovens*”. Uma ação voltada ao desenvolvimento do conhecimento dos instrumentos a favor de jovens em busca do primeiro emprego. Este projeto visava auxiliar estes jovens com instruções básicas de comportamento, organização e dicas de como encontrar oportunidades de trabalho.

Neste âmbito a Câmara participou juntamente com a “Itália Trabalho” (agência técnica ligada ao Ministério do Trabalho Italiano), de um projeto direcionado a estudantes de universidades, conhecido como ITES (Ocupação e Desenvolvimento da Comunidade de Italianos no Exterior). Neste projeto o governo italiano tem proporcionado bolsas de estágio onde os candidatos serão encaminhados para empresas associadas à Câmara, a fim de obter experiência profissional e aprendizagem.

Grande atenção também é dada aos “serviços comerciais” que incluem as atividades tradicionais de assistência aos interessados: missões da Itália e para a Itália, participação em feiras italianas e brasileiras e atividades de apoio de natureza variada aos empresários. O principal escopo é incentivar as pequenas e médias empresas italianas a considerar o Brasil como destino privilegiado para a internacionalização, criando oportunidades para as empresas dos dois países.

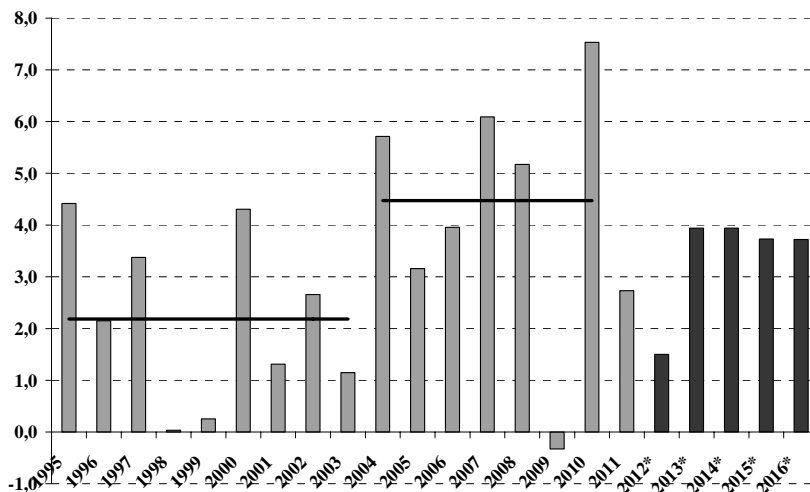
Portanto, é notório que a ITALCAM atua em diversas áreas, abrangendo problemáticas e setores que passam por questões relativas ao meio ambiente, à tecnologia e à esfera cultural. Não por acaso, a CCIE de São Paulo consta entre as mais antigas e importantes do mundo e, do alto de seus mais de 110 anos de vida, deseja continuar estimulando as relações bilaterais e representando um exemplo da combinação de tradição com modernidade.

## 4. Os investimentos em infraestrutura no Brasil

Por: TREBESCHI, Giorgio<sup>†</sup>

Após ter registrado taxa de crescimento médio anual de 4,5% entre 2004 e 2010, no decorrer do último biênio, a economia brasileira desacelerou. Em 2011, o PIB expandiu a 2,7% e para 2012 os economistas prevêem outra desaceleração a 1,5% (cfr. **Fig. 1**). A retomada já está em vigor desde o segundo semestre, graças, sobretudo à mudança de entonação das políticas econômicas a partir da segunda metade de 2011.

**Figura 1:** Taxas de crescimento do PIB (em %)



Fonte: IBGE, \* = boletim Focus do Banco Central do Brasil

Todavia, as previsões dos analistas privados indicam que, para o período 2013-2016, o crescimento não voltará aos níveis registrados na segunda metade da década passada. O quadro externo (sobretudo, em relação aos preços das *commodities*) não será favorável como no decorrer do segundo mandato do presidente Lula, enquanto internamente a

<sup>†</sup> Economista do Banco Itália e atual encarregado financeiro do Consulado Geral Italiano, em São Paulo.

dinâmica do crédito para as famílias e do emprego não fornecerá o mesmo impulso à demanda para consumos.

Alguns analistas afirmam que o modelo de crescimento brasileiro, baseado justamente na forte dinâmica dos consumos, esteja mostrando seus limites e que cada estímulo a mais à demanda se traduzirá inevitavelmente em maior inflação. Tal visão seria confirmada pelo desatrelamento das expectativas de inflação também em horizontes de médio prazo, que já se evidenciou desde o segundo semestre do ano passado<sup>‡</sup>. Para aumentar a taxa de crescimento potencial, hoje estimada no intervalo entre 3,5 e 4%, a atenção do governo deveria se voltar aos múltiplos gargalos do lado da oferta. Nesse contexto, os dados do recente relatório do *World Economic Forum* (WEF) sobre a competitividade global fornecem algumas indicações interessantes. O relatório evidencia que a carência de infraestruturas está entre os principais pontos críticos<sup>§</sup>.

De acordo com a classificação de competitividade redigida pelo WEF, o Brasil, como um todo, não ocupa em 2012 uma posição particularmente retraída (48ª colocação entre os 144 países pesquisados). Isso se deve aos bons resultados em alguns fatores, como: a) relevante dimensão do mercado interno (9º lugar), b) desenvolvimento dos mercados financeiros (46º), com uma referência especial à regulamentação do mercado de ações (8º) e à solidez do setor bancário (14º) e c) eficiência do setor privado (33º). Já em relação à qualidade das infraestruturas, os resultados são muito menos otimistas. Nesse campo, mundialmente o Brasil ocupa a 107ª posição, com necessidades especiais evidenciadas nas infraestruturas dos transportes (cfr. **Tabela 1**).

---

‡ As expectativas de inflação para 2016, conforme censo do Banco Central (BC) no boletim semanal “*Focus*”, já se atestam em 5%, diante do objetivo do BC de 4,5%.

§ “*The Global Competitiveness Report 2012 – 2013*”, *World Economic Forum*, Genebra 2012 disponível em [www.weforum.org/gcr](http://www.weforum.org/gcr).

**Tabela 1:** Qualidade das infraestruturas em relação a outros países.

	Posição	
	2011	2012
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>107</b>
<b>Transportes</b>		
Qualidade das estradas	118	123
Qualidade da infraestrutura ferroviária	91	100
Qualidade da infraestrutura portuária	130	135
Qualidade da infraestrutura do transporte aéreo	122	134
<b>Energia elétrica e telefonia</b>		
Qualidade da oferta de energia elétrica	69	68
Densidade da telefonia fixa	57	41
Densidade da telefonia celular	66	55
<b>Número total de países</b>	<b>142</b>	<b>144</b>

Fonte: *World Economic Forum*

Como demonstrado pelos empresários brasileiros e estrangeiros entrevistados na *Executive Opinion Survey* do WEF, as infraestruturas são o segundo fato entre os mais problemáticos para “fazer negócios” no Brasil (17,5% das respostas). As carências de infraestrutura são precedidas apenas pelos problemas relativos ao sistema tributário, seja na dimensão da complexidade da burocracia (18,7% das respostas) que da alta pressão tributária (17,2%).

Estimativas do Banco Mundial, baseadas na experiência das economias desenvolvidas e daquelas emergentes que mais recentemente evidenciaram taxas sustentáveis de crescimento, mostram que é necessário manter uma taxa de investimento em infraestruturas pelo menos a 3% do PIB: 1% para considerar as depreciações, 1,3% para seguir o crescimento da população e 0,7% para tornar os serviços de utilidade pública universal (especialmente o acesso à eletricidade, à água potável e à rede de esgotos)\*\*). Outras estimativas, que consideram mais especificamente as necessidades para a economia brasileira,

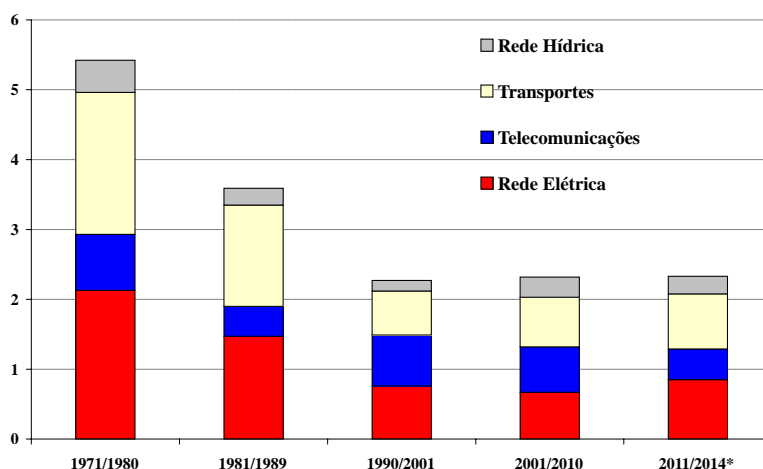
\*\* Citado por C.R. Frischtak em “O Investimento em Infra-Estrutura no Brasil: Histórico Recente e Perspectivas”, Pesquisa e Planejamento Econômico v.38 n°2, 2008, IPEA Brasília.



sugerem que uma taxa de 2% do PIB seria suficiente apenas para manter o estoque de investimentos nesta economia<sup>(††)</sup>.

Até a década de 80, o Brasil conseguia empenhar recursos a quantidades superiores às sugeridas pelas estimativas do Banco Mundial. A partir dessa mesma década – em razão das turbulências macroeconômicas que levaram a longos períodos de alta inflação e do aumento da despesa pública corrente – assiste-se, ao invés, a uma queda dos investimentos em infra-estruturas. Esses passaram dos 5,4% nos anos 1970 aos 2,3% da última década (cfr. Fig. 2)

**Figura 2:** Investimentos em Infraestrutura (% do PIB)



Fonte: Giambiagi 2012 (cfr nota 5) e BNDES

\* = previsões.

A contração dos investimentos é notadamente marcada no setor dos transportes (de 2% do PIB nos anos 1970 a 0,7% na última década) e na rede elétrica (de 2,1% a 0,7%). Os atrasos nos investimentos se refletem na baixa qualidade das infra-estruturas. Dos 1,6 milhões de quilômetros de estradas, que fazem do Brasil um dos países com a rede viária mais estendida, em 2009 apenas 13% estava asfaltado (em leve aumento dos

<sup>††</sup> Citado por F. Giambiagi em “Além da Euforia – Infraestrutura: Nada de Novo sob o Céu”, 2012, Elsevier, Rio de Janeiro.

10% em 2000). Da parte asfaltada, menos da metade era considerada em estado bom ou muito bom. O dado é relevante, considerando que mais de 70% das mercadorias brasileiras é transportado por estrada (8% na China, 24% na Austrália e 26% nos Estados Unidos). Os aeroportos estão superlotados. Em 2010 apenas três deles (Rio de Janeiro Galeão, Salvador e Recife) operavam dentro do limites recomendáveis pelas autoridades considerando os picos sazonais (80% da capacidade máxima), com os mais movimentados que apresentavam taxas de utilização de mais de 130%. Enfim, um dado mostra a necessidade dos investimentos na rede hídrica: em 2009 somente pouco mais de um terço (35%) dos esgotos eram tratados.

Continuando a investir em infra-estrutura pouco mais de 2% do PIB ao ano, o Brasil dificilmente preencherá a lacuna existente com os principais países emergentes. Aqueles asiáticos, por exemplo, fizeram significativos esforços para modernizar as infra-estruturas. Entre 1998 e 2003, os investimentos chineses em infra-estrutura cresceram de 2,6% do PIB a 7,3% (dos quais, 4% para os transportes). No mesmo período, a Tailândia passou de 5,3% para 15,4% do PIB (quase 4% para os transportes). Filipinas e Vietnã já investiam, desde o início da década passada, cifras superiores àquelas brasileiras (3,5 e 10% do PIB respectivamente). Também na América Latina a situação parece melhor. Especialmente o Chile ampliou os investimentos em infra-estruturas após 1995 levando-os para mais de 6% do PIB (dos quais 2% para os transportes) graças a uma legislação favorável para o envolvimento do setor privado nos projetos (mais de dois terços dos investimentos em infra-estruturas são financiados por estruturas privadas). Em 2001, a Colômbia investia quase 6% do PIB em infra-estruturas.

Em 2007, o governo brasileiro lançou o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), sucessivamente renovado em 2010, com o objetivo de investir mais de R\$ 900 bilhões (19% do PIB) no período 2011-2014, dos quais mais de 50% no setor da energia e do petróleo (com a contribuição de empresas de participação estatal, como a Petrobras). A impressão é que, além dos atrasos crônicos da sua implementação, o PAC, mesmo se tivesse sido 100% realizado, resolveria apenas em parte os problemas das infra-estruturas brasileiras. Algumas análises mostram que no setor dos aeroportos, por

exemplo, fazendo estimativas conservadoras sobre a evolução da demanda e considerando os investimentos previstos para a ampliação da capacidade, apenas três deles (Rio de Janeiro, Campinas e Manaus) operarão abaixo do teto máximo recomendado pelas autoridades (80%) em 2014<sup>(#)</sup>. Em relação às estradas, só 13% dos investimentos considerados necessários para a modernização da rede para os próximos três anos estão inclusos nos investimentos do PAC.

Enfim, também existe o problema de como encontrar os recursos para financiar os investimentos em um país como o Brasil, cuja taxa de poupança é relativamente baixa <sup>(§§)</sup>. No passado, notou-se uma forte correlação negativa entre a demanda total para investimentos e o saldo corrente da balança dos pagamentos (coeficiente de correlação de -0,9): na elevação da relação entre despesa para investimentos e produto sempre se acompanhou o aumento do déficit das contas da administração pública. Tal resultado indica que, antigamente, o esforço para ampliar o estoque de capital produtivo na economia, incluindo as infra-estruturas, foi mediamente obtido recorrendo a fontes externas de financiamento. Estima-se que os investimentos diretos – considerados uma fonte de financiamento estável e mantidos elevados mesmo em ocasião da recente crise europeia (2,5% do PIB em média no último biênio, em relação a um déficit das contas da administração pública de 2,2%) – continuarão a fluir no Brasil. Todavia, parece necessário um esforço em dois aspectos. De um lado, o governo deveria ampliar o espaço no balanço público para empenhar nos investimentos (hoje, no total, equivalente a 1% do PIB aproximadamente) invertendo uma tendência histórica que favoreceu o aumento da despesa corrente. Desde a década de 80, a pressão fiscal realmente aumentou em dez pontos percentuais em torno de 35% do PIB, enquanto os investimentos em infra-estruturas, como indicado anteriormente, se contraíram de cinco para dois pontos percentuais do PIB. Em segundo lugar, existe a necessidade de criar uma agenda de reformas voltada a estimular a economia privada (com a reforma previdenciária, por exemplo) e

---

<sup>#</sup> C. Campos Neto e F. Souza, “Aeroportos no Brasil: Investimentos Recentes, Perspectivas e Preocupações”, Nota Técnica nº5 2011, IPEA Brasília.

<sup>§§</sup> A taxa de poupança brasileira foi aberta a 17,2% na média da última década, em relação aos 48% da China ou aos 23,2% do Chile.

reforçar os esforços para tornar atraentes aos investidores os instrumentos financeiros privados (entre os quais, *infrastructure bond*)<sup>(\*\*\*)</sup>

## 5. Relações econômicas entre Itália e Brasil

Criada pelo Acordo Básico de Cooperação Técnica de 1972, complementado pelo Acordo-Quadro de Cooperação Econômica, Industrial, Científico-Tecnológicas, Técnica e Cultural de 1989, e pelo Convênio Básico de 1971, substituído pelo Novo Convênio de 1989<sup>25</sup>, a cooperação da Itália não tem atingido maior expressão até recentemente, estando sempre marcada por negociações que protelavam sua efetiva realização.

As sucessivas crises econômicas, os formalismos e certa desorganização agiriam como elementos impeditivos do desenvolvimento de atividades de maior relevo na área. Pode-se tomar como exemplo disso o caso recente, de 2010, da assinatura de instrumento de parceria estratégica nas áreas militar e espacial, de grande significado, protelado por conta da decisão brasileira relativa ao caso Battisti.<sup>(+++)</sup>

Assim, essa cooperação em seu período inicial efetivo (de 1989 até o primeiro governo FHC), revelando sua relevância e possibilidades para o Brasil, além de crescente, esteve centrada em sua maior parte na área de Saúde, seguida pelas áreas de Assistência Social e de Meio Ambiente, conforme se observa na tabela abaixo.

---

<sup>\*\*\*</sup> Nota-se que, nesta ótica, a redução da taxa de juros para níveis compatíveis na comparação internacional, em um contexto de expectativas ancoradas de inflação, representa um pré-requisito para o desenvolvimento dos mercados privados aos *corporate bond*. Em alternativa, continuaria a vigorar o atual modelo em que os investimentos são financiados a taxas facilitadas pelo BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), por sua vez, capitalizado com os recursos do governo obtidos da emissão de títulos públicos no mercado.

<sup>+++</sup> Assinado em abril de 2010, em Washington pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva e pelo primeiro ministro, Silvio Berlusconi.

## COOPERAÇÃO BILATERAL RECEBIDA PELO BRASIL

ITÁLIA	Projetos em execução			
Regiões %	1989	1994	1995	1996
Norte			15	
Nordeste	27		41	
Centro Oeste	20	ND*	8	
Sudeste	40		36	100
Sul				
Nacional	13			
Áreas/Temas %	1989	1994	1995	1996
Planejamento	7			
Indústria	20			
Desenv. Regional	20			
Saúde	27	ND*	33,3	50
Agricultura	7			
Desenv. Urbano	7			
Meio Ambiente	13		33,3	
Assist. Social			33,3	50
Total	1989	1994	1995	1996
Total de Projetos	ND*	38	3+39	2+56
Valor da Cooperação	ND*	ND*	ND*	ND*
<b>Obsv.:</b>			39 por ONGs Promessa: US\$ 4 mi	56 por ONGs

**Fonte: Relatórios de atividades (1988/96) ABC**

\* ND = não disponível

A cooperação por parte da Itália, no entanto, foi de início motivada, em grande medida, pelo interesse em se criarem as condições para o deslocamento de capital italiano para o Brasil. Assim ela vem acontecendo em sua maior parte na modalidade interinstitucional (entre instituições privadas, com participação de ONGs).

Não é por acaso que, ainda conforme a tabela apresentada, os projetos desenvolvidos tiveram inicialmente maior concentração na região Sudeste. A participação da região Nordeste apresentaria crescimento significativo no período imediatamente posterior, o que poderia significar a decisão por uma cooperação mais centralizada, isto é, com maior envolvimento do Estado Italiano e voltada para o processo de desenvolvimento social do Brasil.

Não que isso não tenha ocorrido, mas com a assinatura de Convênio-Quadro de Cooperação Econômica, Industrial e para o Desenvolvimento (Econômico) em 1998, o processo de cooperação entre esses países manteria as mesmas características anteriores: descentralizado e voltado para atividades eminentemente econômicas mesmo que em áreas de maior alcance como Meio Ambiente.

Somente em 2010 se observam uma intensificação dessa cooperação com o desenvolvimento de projetos mais sensíveis como o caso citado das áreas militar e espacial e da construção de navios.

Isto, contudo, fez mudar significativamente o papel da Itália na cooperação recebida bilateral do Brasil. Assim, de uma posição de cooperador sem expressão, a Itália passa a ocupar agora o terceiro lugar atrás somente de Japão e Alemanha, os dois principais tradicionais cooperadores do Brasil, e a frente da França, que tradicionalmente ocupava tal posição.

Mas essa posição se refere aos valores envolvidos, uma vez que, em termos de quantidade de projetos, a Itália ainda se encontra atrás da Alemanha, Japão, França e do próprio Canadá. Enquanto a Itália conta com 30 projetos em execução, aqueles países têm 70, 68, 34 e 196 projetos em execução no país, respectivamente.

Confirmando essa situação, os dados da Agência Brasileira de Cooperação – ABC, dão conta de que os projetos encontram-se centrados nas áreas Social/Educação e de Meio Ambiente, e se concentram no Nordeste, alcançando o Sudeste a terceira posição em termos regionais, o que se coaduna perfeitamente com a atividade de cooperação desenvolvida pela Itália junto ao Brasil.

É interessante notar, frente a esse quadro, que as relações negociais de comércio entre os países revelam que nos 20 últimos anos o Brasil saiu de uma posição superavitária para uma posição deficitária em relação à Itália. Ainda que tal comércio, seguindo a tendência geral do comércio exterior brasileiro, tenha crescido substantivamente ao longo do período, representa somente um pouco mais de 1,5% do montante de comércio deste país.

Acresce a isso o fato de que esse comércio apresentou mudanças qualitativas, tendo o Brasil passado de uma condição de exportador por excelência de produtos manufaturados no início dos anos 90 do século

anterior, para um exportador de fundamentalmente de produtos básicos a partir de meados dos anos 2000. Colocam-se como principais produtos de exportação nos dois últimos anos Café não Torrado e Pasta Química de Madeira e como importados Partes e Acessórios para Tratores e Automóveis e Partes e Acessórios de Carrocerias para Veículos.

Todo esse quadro revela a importância da cooperação italiana na política de cooperação desenvolvida pelo Brasil e, nesse sentido, no próprio processo de desenvolvimento nacional. Embora a cooperação recebida pelo Brasil tenha tido sua importância diminuída nos anos recentes e até por isso, a participação italiana nessa realidade assume papel de destaque podendo se ampliar, bastando para isso que os tradicionais obstáculos a isso, típicos da história das relações entre esses dois países, sejam superados por um relacionamento mais próximo, racional e equilibrado.

A Cooperação Italiana está presente no Brasil com programas e projetos de cooperação bilateral e multilateral.

O Brasil tem se caracterizado por um crescente desenvolvimento econômico, as suas necessidades em termos de cooperação de ajuda mudaram nos últimos anos. As atividades de cooperação italiana no Brasil têm, na sua maior parte, as características das intervenções de desenvolvimento participativo e envolver ativamente a sociedade civil e muitas autoridades locais, como governos municipais e estaduais para garantir uma sólida sustentabilidade nos projetos em longo prazo.

O alto grau de envolvimento dos parceiros locais é também visível a crescente quota de participação financeira que investem em projetos desenvolvidos pela Cooperação Italiana. As áreas de intervenção da Cooperação Italiana em sua maioria têm o caráter de intervenção em participativos de desenvolvimento, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas em áreas consideradas de maior interesse por parte do governo brasileiro, tal como previsto no programa de segurança alimentar "Fome Zero" e no programa de crescimento econômico "PAC - Programação de Aceleração do Crescimento", e também correspondem às principais áreas identificadas pelos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Em particular, nos últimos anos, 35% do financiamento foram usados para projetos que

tinham como objetivo a erradicação da pobreza extrema e da fome (ODM 1), 31% para garantir a sustentabilidade ambiental (ODM 7) e 27% para tornar o ensino primário universal (ODM 2).

A estratégia da Cooperação Italiana no Brasil está em linha com as diretrizes do Documento de Estratégia Nacional (CSP) 2007-2013 da União Européia, que define um quadro estratégico para os esforços de cooperação no Brasil, que são definidas duas prioridades:

1. Estimular os contatos e troca de know-how entre a União Européia e o Brasil, a fim de promover a inclusão social e uma maior equidade no Brasil, além de melhorar as relações bilaterais,

2. Promover o desenvolvimento sustentável na sua dimensão ambiental, em coordenação com outros doadores, a fim de maximizar o seu impacto.

A colaboração entre Itália e Brasil também está fortalecendo em ciência e tecnologia e está sendo intensificado nos últimos anos com a assinatura de acordos entre instituições e iniciativas privadas. Também tem testemunhado por um acordo de parceria estratégica assinado em Washington, em abril de 2010, que inclui, entre outros, um plano de cooperação industrial, com foco específico sobre a promoção do investimento em infra-estrutura para a próxima Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016. Amplas parcerias para transferência de tecnologia Italiana de defesa e transporte têm sido promovidas, como também a criação de um mercado internacional para os bicombustíveis e criação de uma Comissão Mista de Cooperação Científica e Tecnológica.

Outros exemplos de acordos de cooperação são os de técnico / financeiro de apoio entre o SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e do ICE - Instituto Italiano para o Comércio Exterior, para o estabelecimento de um Centro de Excelência ítalo-brasileiro de Metalurgia, no estado de Minas Gerais, e Centro, um ítalo-brasileiro de “não tecidos” no Rio de Janeiro. As unidades assim criadas serão utilizadas por alunos e professores para a pesquisa avançada e disseminação do conhecimento e, com este fim, receberão máquinas de alta tecnologia italiana para processamento, robótica e produção de fibras sintéticas, com o objetivo de formar profissionais e trabalhadores qualificados no Brasil.



O Núcleo de “não tecidos” será montado nas dependências do Centro de Tecnologia Química e Indústria Têxtil (CETIQT) do SENAI Rio de Janeiro, dando origem um espaço estratégico voltado par o desenvolvimento e pesquisa em processamento e conformação de fibras sintéticas e não tecidos, até então, inédito no Brasil. As etapas deste projeto abrangem, no caso das fibras sintéticas, a extursão e fiação a partir do polímero fundido, resfriamento a ar, estiragem (com eventual frisagem e corte) e a texturização. Para os não tecidos, as etapas previstas incluem a preparação das fibras e a obtenção e consolidação das mantas. A previsão é de que, entre os cursos novos e atualizados, cerca de três mil pessoas por ano possam ter acesso a esta tecnologia. Ainda, além de 500 horas por ano de serviços em pesquisa e desenvolvimento, serão disponibilizados particularmente pelo SENAI-CETIQT às empresas do setor têxtil.

Já o Núcleo de Excelência em Metal-mecânica será montado nas dependências do SENAI Betim, em Minas Gerais, e receberá uma célula robótica didática para ensino de componentes de solda a arco para mecânicos, um centro de tornos CNC e a licença de uso de um software de programação/treinamento CNC. O objetivo é formar uma unidade de desenvolvimento e produção de vem mecânicos e de autopeças, especialmente destinados para atender a indústria mineira.

Também chamam a atenção para os acordos entre empresas privadas no campo do desenvolvimento sustentável, entre as quais podemos citar a parceria firmada pela brasileira Bio Investimentos Graal e do grupo italiano M & G, por meio de suas subsidiárias ‘Renováveis Beta’. Este é um negócio no valor de € 150.000.000 para a construção da primeira planta industrial no Brasil para a segunda geração de bio-etanol.

## **5. Possibilidades de colaboração entre Brasil e Itália**

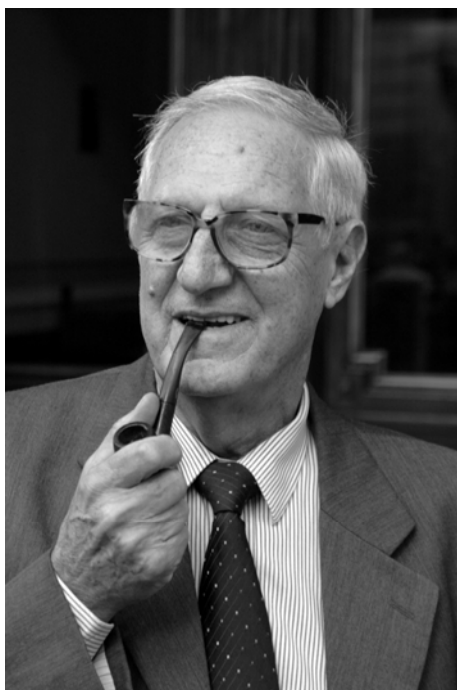
Os recentes acordos de colaboração entre Brasil e Itália na divulgação da energia sustentável assinado pelo italiano Corrado Clini ministro do Meio Ambiente, e seu colega brasileiro Edson Lobão, dão uma idéia de como a interação entre os dois países vai se concentrar a cada dia mais no campo da economia verde. Hoje em dia o setor de

energia sustentável dos dois países está entre os mais avançados do mundo, se tratando de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias com baixo impacto ambiental e pode oferecer aos países em desenvolvimento meio de reduzir a dependência de fontes de energia caras e poluentes e ajudar o crescimento econômico e social.

Além disso, a presença de aglomerados significativos, como a brasileira CEDIN (Centro de Desenvolvimento de Indústria Nascente), que inclui as empresas no campo da biotecnologia, nanotecnologia e biomedicina, sugere que a troca mútua de conhecimento e tecnologia com empresas italianas mesmo setor, proprietária de *know-how* e patentes incorporando conhecimentos de primeiro nível, pode levar ao desenvolvimento significativo para ambas as partes.

## SOBRE OS AUTORES

### EDOARDO POLLASTRI



**Dr. EDOARDO POLLASTRI**, nascido em Alessandria (Itália) em 27 de agosto de 1932. Casado, 3 filhos. Formado em Economia e Comércio.

#### ATIVIDADE PROFISSIONAL

A) **ERITREA:** Desenvolveu por mais de 15 anos a atividade de economista em Asmara. (1960-1975)

B) **BRASIL E ARGENTINA:** A atividade profissional no Brasil inicia-se em setembro de 1975 como representante do Grupo Financeiro Italiano FINDIM (FINDIM – “Finanziaria Industriale Immobiliare SpA”), holding de várias empresas industriais alimentares, entre as mais importantes a “STAR SpA” (Itália) e “STARLUX” (Espanha).

A área de atuação do Dr. Pollastri foi a América do Sul, principalmente Brasil e Argentina, onde desenvolveu os seguintes encargos profissionais:

- VISAGIS S/A (Indústrias Alimentícias VISCONTI) - Presidente (1975 – 2002)
- FINDIM DO BRASIL S/A - Superintendente (1975 – 2007)
- ARGENMILLA (Agroindustria, Buenos Aires) - Presidente (1980 – 2000)

#### OUTRAS ATIVIDADES:

A) **Atividade acadêmica:** de 1960 a 1974, titular da Cátedra de Contabilidade e Economia Empresarial na Universidade de Estudos de Asmara (Eritrea), universidade reconhecida pelo Estado Italiano. Na mesma Universidade assumiu o cargo de Vice Reitor.

B) **Atividade para-profissional:** Presidente da Cooperativa Agrícola de Agordat (Eritrea) (até 1970). Ente formado por 54 empresas agrícolas –

Consultor de 90% das empresas agrícolas atuantes na planície ocidental da Eritrea.

## **CARGOS SOCIAIS E POLÍTICOS**

### **Na Itália :**

- Senador da República Italiana e membro da Comissão Exterior do Senado (2006 – 2008)
- Presidente de Assocamerestero (Associação de todas as Câmaras de Comércio Italianas no mundo – 74 Câmaras em 48 países) – (2003-2009).

### **No Brasil:**

- Presidente da Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio, Indústria e Agricultura de São Paulo – (em exercício).
- Vice Presidente GEI – (“Gruppo Esponenti Italiani”) – (em exercício).
- Presidente “Scuola Italiana Eugenio Montale” (1996 –2002).
- Vice-Presidente ACLI (“Associazioni Cristiane Lavoratori Italiani”) - (em exercício).

## **CONDECORAÇÕES**

- Cav. Oficial e Comendador da República Italiana

## **FRANCESCO PATERNÒ**



### **Formação:**

- Liceu Clássico: Colégio Leonardo da Vinci, Catania, 1962-66
- Universidade de Catania, 1967 – 1968 - La Sapienza di Roma 1969-1972; Faculdade de Economia e Comércio,
- Inscrito ao curso de História e Filosofia, 1971/1972
- Curso de Import-Export na Fundação Getulio Vargas, São Paulo, Brasil, 1980/1981
- Curso de Legislação alfandegária na D.Aduaneiras Ltda, 1981
- Curso para patente de operador de bolsa “Commodities” – BM&F, Bolsa Mercantil & Futuros, São Paulo, 1984.

- Curso de informática na Faculdade de Engenharia da Universidade de Catania, 1992
- Graduação breve em Administração de Empresa – Brasil 2002/2004

**Idiomas:** Italiano, Português, Inglês e Francês fluentes

**Experiência Profissional:**

- Empresas Agrícolas e Vitivinícolas “Germani Paterno”, Catania, Itália, 1972/1979 - Administrador de empresas;
- Agrogest S.A. e Kauffmann Ltda, setor de Commodities (especialista de hedge de ativos e financeiros), Marketing e Relações Públicas. Desde 1984, sócio da Agrogest Commodities e Serviços Ltda, São Paulo, Brasil, 1980/1988
- Immobiliare Due S.r.l. - Catania, Itália, 1989/1997 - Administração e Direção na sociedade de construção civil;
- Soc. Immobiliare Uno S.r.l. - Administrador Delegado;
- Soc. In Piú Importazione e Commercio Ltda (Importação e venda de grifes italianas na cidade de São Paulo), 1997/1999 - Proprietário e administrador.
- Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio e Indústria (atual) - Secretário Geral - de 2001 - Coordenador geral dos departamentos de marketing e comunicação, comercial, Centro Formativo, gestão de desks e Administrativo/Financeiro;

## São Carlos, Capital Nacional da Tecnologia: a cidade que inova

Wilma R. Barrionuevo

A história da cidade de São Carlos, SP, confunde-se intimamente com a história da imigração italiana no país, pois desde a sua fundação baseou-se fortemente na cultura cafeeira trazida pelos imigrantes italianos, assim como nos padrões industriais daquele país. Por essas características a cidade era conhecida na Itália como *Piccola Italia* [1] devido à quantidade enorme de italianos que para cá emigraram.

São Carlos foi fundada na segunda metade da década de 1850, tendo sido elevada a cidade em 1880. Segundo site da Prefeitura [2,3], a cidade surgiu no contexto da expansão da lavoura cafeeira, que foi marcante nas últimas décadas do século XIX e nas duas primeiras do século XX. Seguindo a conjuntura vigente no país, a economia da cidade dependia inicialmente da mão de obra escrava e era baseada na agricultura de subsistência e no plantio de cana-de-açúcar. A chegada da ferrovia em 1884 propiciou um sistema eficiente para escoar a produção para o porto de Santos e deu um grande impulso ao desenvolvimento da economia da região. A ferrovia também contribuiu para que a área central da cidade se firmasse como local de destaque político e econômico.

Com a restrição internacional ao tráfico de escravos e ao movimento abolicionista interno, os Senhores do Café passaram a trazer os imigrantes europeus, principalmente italianos, para a realização dos trabalhos de lavoura. Dez anos depois, em 1886, São Carlos tinha o segundo maior contingente de imigrantes do Estado e em 1899, segundo o Clube da Lavoura, eram exatos 10.396 colonos italianos [1][2]”, que vinham para a *Piccola Italia* em busca de uma vida mais próspera para as suas famílias.

### Canção dos imigrantes vênnetos

"América América  
lá se vive que  
é uma maravilha  
vamos ao Brasil

com toda a família  
América América  
se ouve cantar  
vamos ao Brasil  
Brasil a povoar"

Canção dos imigrantes  
(Final do século XIX)

A imigração foi seguida por inúmeras mudanças, visto que os imigrantes, especialmente os italianos, trouxeram seus conhecimentos em tratos de lavoura, manufatura e comércio. Além disso, no século início do século XX os italianos já influenciavam a educação do são-carlense de forma marcante. Tais eventos acentuaram-se devido à crise mundial de 1929, que causou o colapso cafeeiro e levou os imigrantes a deixarem a atividade rural, passando a trabalhar no centro urbano, como operários nas oficinas, no comércio, na prestação de serviços, nas escolas e nas fábricas da cidade. Alguns, inclusive, criaram as suas próprias fábricas. A contribuição foi tamanha nas décadas de 30 e 40 que ao final da década de 50, São Carlos já tinha grande relevância industrial em relação ao restante do estado e do país. Os produtos fabricados incluíam ferragens, macarrão, charutos, sapados, adubos, máquinas de beneficiamento, tecelagem, lápis e, na década seguinte, de tratores, geladeiras e compressores. Na segunda metade do século XX, a cidade foi agraciada com a implantação da Escola de Engenharia de São Carlos, vinculada à Universidade de São Paulo (USP), e, na década de 70, com a criação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), as quais trouxeram grande desenvolvimento tecnológico e educacional a toda região.

A nível de Brasil a imigração italiana foi um dos maiores fenômenos migratórios já ocorridos, tendo se concentrado principalmente nas regiões sul e sudeste do país. Além de contribuir significativamente para a lavoura cafeeira, os italianos modificaram em muito os nossos costumes e cultura, trazendo: hábitos religiosos com festas de santos; pratos típicos como pizza, espaguete e panetone; o sotaque, que influenciou principalmente o paulistano e a população do sul do país. Também trouxeram técnicas agrícolas diferenciadas e eventos

esportivos, a exemplo do time de futebol Palestra Itália, atualmente Sociedade Esportiva Palmeiras. Segundo estimativa da embaixada italiana no Brasil, vivem no País cerca de 25 milhões de descendentes de imigrantes italianos [4]. Assim, os ítalo-brasileiros são considerados a maior população de oriundi (descendentes de italianos) fora da Itália [5]

## **A São Carlos de Hoje**

A cidade de São Carlos localiza-se na região centro-oeste do interior do estado de São Paulo, a uma distância rodoviária de 230 quilômetros da capital paulista e de 110 Km de Ribeirão Preto. Com uma população recenseada em 221.936 habitantes (IBGE/2010)[6], o município juntamente com outras 26 cidades, integra a Região Administrativa Central do estado, compreendendo uma população de cerca de um milhão de habitantes.[4][5]

Com a economia fundamentada em atividades industriais e na agropecuária, a cidade é um importante centro regional industrial [6]. No setor agrícola destaca-se a produção de cana-de-açúcar, laranja, leite e frango. No setor industrial, São Carlos conta com unidades comerciais e com unidades de produção de algumas empresas multinacionais, dentre as quais a Faber-Castell, Suíça Leica-Geosystems, Volkswagen, Electrolux, Husqvarna e Tecumseh. Dentre as empresas nacionais destacam-se: Opto Eletrônica, Latina, Tapetes São Carlos, Toalhas São Carlos, Papel São Carlos, Prominas Brasil, Terroni Equipamentos Eletrônicos, dentre outras. Várias dessas empresas nacionais consistem em indústrias tradicionais locais, além das empresas de base tecnológica formadas também localmente. A cidade possui o Aeroporto Estadual de São Carlos Mário Pereira Lopes, controlado pela TAM, empresa de transportes aéreos e de cargas.

O que realmente chama a atenção na cidade de São Carlos é a sua capacidade e imenso potencial para o desenvolvimento e produção direta de tecnologia [7]. Entre seus casos de espaços de produção tecnológica, destacam-se as unidades de ensino e pesquisa locais, de importância regional, nacional, e até internacional. Isso faz da cidade um dos mais importantes pontos de excelência educacional e de pesquisa do país.



Dentre as unidades de ensino e pesquisa situadas na cidade, destacam-se a Universidade de São Paulo - USP e a Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, além do Centro Universitário Central Paulista (UNICEP). A USP e a UFSCar são, em essência, portas abertas e ligações diretas com outras regiões do país e com outros países. São constantes os acordos e convênios firmados entre essas universidades e outras instituições e empresas do mundo todo. Foi essa estrutura científica e educacional, juntamente com as suas outras condicionantes industriais, que transformou São Carlos em uma cidade propícia às inovações tecnológicas. Muitas das empresas de base tecnológica são criadas a partir de iniciativas empreendedoras, ou através de acordos com professores das universidades locais.

A cidade ainda conta com outros tipos de espaços de produção tecnológica como centros de pesquisa, incubadoras de empresas nascentes, e instituições promotoras de desenvolvimento tecnológico. Dentre os centros de pesquisa que mais se destacam em todo o país, a EMBRAPA Instrumentação e a Embrapa Pecuária Sudeste. Destacados centros de pesquisas, essas unidades apresentam um importante fator de relacionamento da cidade com as regiões mais próximas e com outras regiões brasileiras. Essas unidades de pesquisa, assim como as universidades, mostram-se como importantes instrumentos na transferência de tecnologia ao setor produtivo.

Diante da concentração de universidades e centros de pesquisas, São Carlos apresenta grande concentração de cientistas e pesquisadores: um pesquisador doutor (PhD) para cada 180 habitantes [5]. No Brasil a relação é de um doutor para cada 5.423 habitantes. Graças aos centros de pesquisas São Carlos também ostenta outra importante marca: a média anual de registros de patente é de 14,5 patentes por 100 mil habitantes. No país essa relação é de 3,2 patentes por 100 mil habitantes. A cidade abriga ainda 39 cursos de graduação e 200 empresas são consideradas de alta tecnologia, em setores como óptica, novos materiais e instrumentação.

O complexo produtivo tecnológico de São Carlos ainda é complementado com mais de 100 empresas de bases tecnológica que atuam na área de aeronáutica, automação, informática, instrumentação

eletrônica, mecânica de precisão, novos materiais, óptica, química fina e robótica.

Configuram-se ainda como importantes exemplos de incentivo à inovação, três incubadoras de empresas de base tecnológica, que estão historicamente entre as primeiras experiências brasileiras de incubação empresarial, e têm por objetivo estimular a criação de empresas a partir da transferência de tecnologia gerada nas universidades e centros de pesquisa locais:

- O Centro de Desenvolvimento de Indústrias Nascentes - CEDIN, ligado à FIESP;
- o Centro Incubador de Empresas Tecnológicas - CINET, com empresas na área de aeronáutica, instrumentação eletrônica, mecânica de precisão, novos materiais, ótica, química fina e o
- o Centro Incubador de Empresas de Software- SOFTNET, que fornece apoio às empresas ligadas a atividades nas áreas de automação, informática e robótica.

Estas duas últimas são mantidas pela Fundação Parque de Alta Tecnologia (ParqTec) de São Carlos, criada em 1984 a partir de iniciativas de empreendedores com o auxílio do CNPq.

Instituída em 1984, a Fundação ParqTec é outro ponto de destaque neste cenário tecnológico. Trata-se de uma organização não-governamental sem fins lucrativos, que tem o objetivo de gerenciar e promover o desenvolvimento do Pólo Tecnológico de São Carlos, a partir da transferência de tecnologia das universidades e centros de pesquisas para as empresas.

## **Empresas Inovadoras de São Carlos**

### **- PROMINAS BRASIL LTDA**

A PROMINAS BRASIL é uma empresa do setor mecânicos, há mais de 50 anos no mercado. Quando nasceu, em 1953, a empresa fabricava perfuratrizes para poços artesianos. Na década de 70 a empresa inovou, entrando no mercado de sonda rotativa, equipamento que penetra o solo com um movimento giratório. Nos anos 80, desenvolveu as bombas de alta pressão, com hidro jateamento que atinge pressão elevadíssima e é utilizada para limpeza industrial, para acionamento de

prensas em usinas de cana de açúcar, etc. Esse jateamento é altamente utilizado em sistemas de esgotos, para desentupimento e, conseqüentemente, para evitar enchentes. Em usinas de açúcar o jateamento elimina os cristais que, de outra forma, obrigariam a quebra das tubulações para a sua remoção. Já nas tubulações de saneamento o jateamento remove inúmeros materiais, visto que no esgoto do Brasil são encontrados animais mortos, cadeiras, colchões, garrafas pet, coco verde, dentre muitos outros.

Atualmente, a Prominas está desenvolvendo uma perfuratriz para petróleo, para a Petrobrás. Basicamente, a empresa trabalha com produtos sob encomenda. Seus técnicos veem as necessidades do mercado e a empresa apresenta soluções. Mesmo sendo de líder no mercado sul-americano, oferece uma proposta simples, mas diferenciada, nos segmentos em que atua, fornecendo equipamentos e produtos confiáveis, que se traduzem em melhorias efetivas a seus clientes. Foi constituída com o objetivo claro de se diferenciar pela qualidade dos produtos e serviços, comprometimento e total envolvimento com as necessidades de seus clientes. Sua estrutura organizacional, representada por sua diretoria, traduz-se em experiência e conhecimento dos produtos e serviços prestados.

Dentre os produtos oferecidos pela empresa, destacam-se:

- Saneamento: mini-hidro, hidro-Jato, combinados, sucção, acessórios, filtros para ETE'S e ETA'S
- Perfuratrizes: roto-pneumáticas, outros produtos
- Bombeamento: bombas alternativas
- Produtos para Filtragem: filtros para Usinas de Açúcar e Álcool, filtros para Saneamento.

A empresa investe constantemente em tecnologia, com equipamentos de última geração. Além disso, investe no treinamento do corpo técnico, visando sempre obter soluções de vanguarda e o aperfeiçoamento da qualidade. Embora já tenha certificados ISO 9001, continua buscando o DEFEITO ZERO. Com esses fundamentos a PROMINAS tornou-se líder de mercado em todos os ramos que atua no Brasil e vem aumentando sua participação nos mercados internacionais. Além disso, a diversificação dos produtos a leva a ter uma carteira de clientes heterogênea, onde podemos encontrar as maiores empresas

estatais, as principais multinacionais, as melhores empresas brasileiras, pessoas físicas, além de clientes no mundo todo. A todos a empresa garante um atendimento diferenciado e personalizado.

## **- LATINA ELETRODOMÉSTICOS**

A empresa Latina Eletrodomésticos é uma das principais players brasileiras na fabricação de eletrodomésticos, dentro os quais se destacam: bebedouros de água, lavadoras de roupa, purificadores de ar, secadora de roupas e ventiladores de ar e de teto. Os produtos são de alta qualidade, premiados e que se enquadram nos mais rigorosos critérios e normas nacionais e internacionais. A Latina investe continuamente em inovações para que seus produtos sejam mais silenciosos, mais eficientes, mais duráveis, mais belos e mais cômodos de operar do que qualquer produto concorrente, em todas as categorias e em todas as faixas de preço. Todos os produtos são certificados pelo INMETRO.

Em termos de estrutura física, a matriz da Latina conta com 17.000 m<sup>2</sup> distribuídos em: Unidade de Manufatura, Centro Administrativo, Centro Tecnológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Áreas de Apoio para RH e Área Social. Além disso, no ano de 2002 a Latina S.A. adquiriu nova sede, dobrando sua capacidade de produção. A nova unidade representa uma significativa expansão na operação da empresa, além de permitir a instalação de novas linhas de produtos, proporcionando crescimento no quadro de colaboradores na área industrial, novos laboratórios, maior flexibilidade logística, mais conforto ambiental e melhor organização gerencial, através de melhor distribuição das unidades de compõem a empresa. Em 2004 foi inaugurada a fábrica de Recife que visa atender a demanda de todos os estados, desde a Bahia até o Ceará.

A Latina exporta hoje cerca de US\$ 2 milhões por ano para seis países: Portugal, Espanha, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Argentina. Atualmente a Latina está trabalhando para ampliar as suas relações comerciais internacionais. Dentre os possíveis estão Colômbia, Chile, Equador, Costa Rica e México. Todas as linhas de produtos são comercializadas internacionalmente e os produtos atendem a todas as exigências internacionais para assegurar sua qualidade e segurança do

consumidor final. Além de exportação, a Latina mantém relações comerciais com cerca de 16 países, através de importação e prestação de serviços.

Premiações da Empresa Latina:

27/01/2012 - Design Excellen Brazil 2012, pelo produto Purificador VITAMAX

16/12/2011 - Prêmio "Exporta São Paulo" - na categoria Inovação

01/01/2009 - 2009 - Prêmio Idea Brasil

01/01/2008 - 2008 - IX House & Gift

## **- TOALHAS SÃO CARLOS**

A empresa Toalhas São Carlos busca continuamente a melhoria do sistema de gestão da qualidade, processos e a produção de seus principais produtos: toalhas e roupões felpudos e aveludados, todos produzidos com o mais puro algodão. As toalhas são pré-lavadas e pré-encolhidas, deixando assim o produto muito mais macio, e com maior absorção, pois todos os produtos São Carlos são produzidos com a exclusiva tecnologia SUPER DRY, o que garante e assegura no momento do seu banho, algo muito especial e prazeroso. Os produtos unem praticidade e bom gosto e associam trabalho artesanal à beleza e conforto.

A empresa foi iniciada já na década de 40 e adotou, em 1967, a razão social que vigora até hoje: Tecelagem São Carlos S/A, uma sociedade anônima de capital fechado. Na década de 70 os irmãos Abdelnur empreenderam muitas inovações. A começar pela atualização dos equipamentos da indústria. O primeiro passo foi substituir os antigos teares Ribeiro, nacionais, pelos teares Sulzer Ruti, de última geração na época, fabricados na Suíça. Com a modernização do maquinário, a empresa passou a buscar conquistas de mercados no exterior. No final da década, os gestores decidem investir na instalação de uma fiação própria, integrada ao complexo fabril e o país inteiro toma conhecimento da qualidade das Toalhas São Carlos. Deste modo, nos duros anos setenta, enquanto o Brasil se debatia na busca de um correto destino econômico, social e político, a Tecelagem São Carlos assumia novas e grandes responsabilidades trabalhistas, verticalizava a produção e apoiava o crescimento de empresas fornecedoras e

compradoras de seus produtos, transformando-se também em um importante motor para o crescimento da cidade de São Carlos.

Na década de 80, através de inovação constante e sensibilidade mercadológica, a empresa se torna referência de qualidade, especializando-se mais rapidamente que a concorrência na customização dos desenhos, e tendo como vantagem competitiva, o fato de estar sediada mais próxima aos grandes centros consumidores do país. Atinge-se então, na década seguinte, uma maior maturidade nas áreas de meio ambiente, automação industrial e processos criativos informatizados, que usam plataformas mais avançadas de design. A empresa se torna, com muito orgulho, a primeira fabricante de toalhas da América Latina a obter a certificação ISO 9001, evidenciando sua constante preocupação com padrões elevados de qualidade, tanto em produtos como em processos. Também foi pioneira na região na implementação da Estação de Tratamento de Efluentes, objetivando desde então o correto relacionamento com as formas sustentáveis de manejo industrial. No mercado externo, a atuação cresce a olhos vistos, tanto pelo aumento de vendas ao Mercosul, como aos mercados da Europa e América do Norte.

O novo século trouxe para a São Carlos a confirmação de trilhar o caminho certo, aliando investimentos em tecnologia fabril, tecnologia da informação, criatividade em design, atendimento personalizado e total confiabilidade nas entregas. A partir da segunda metade da década, a empresa direciona esforços na ampliação de seus setores de fabricação, notadamente: tecelagem, beneficiamento e expedição. A primeira década deste novo século trouxe consigo o vigor necessário para a empresa encarar o futuro com as melhores perspectivas: Conquistar novos mercados e valorizar constantemente a sua marca, no Brasil e no mundo.

O parque fabril da empresa engloba cinco setores principais pelos quais todo o processo de produção das toalhas percorre: fiação, preparação, tecelagem, beneficiamento e acabamento, sendo a produção integralmente verticalizada. Na fiação, o algodão chega em fardos, e é submetido á análises criteriosas de suas fibras. A matéria prima in natura começa a ser aberta e escovada nas cardas, para obter o estado utilizável, dando início ao processo de transformação da fibra natural

em fios. No setor de preparação os fios são separados, conferidos, e realocados em rolos maiores que são encaminhados para a tecelagem. Na tecelagem pode-se dizer que se encontra o coração da indústria. Teares ultra-modernos perfazem os tecidos com batidas coordenadas que são submetidas a observação contínua, afim de proporcionar a melhor relação entre a altura das felpas e a trama do tecido, obtendo um produto de qualidade, com durabilidade, toque macio e alta absorção.

Depois de tecida, a toalha passa pelo processo de beneficiamento que inclui tingimento e lavagem, durante o qual só utiliza produtos químicos que estão alinhados com os protocolos internacionais de proteção ao consumidor (oko-tex) e a exigentes controles de resíduos, respeitando assim tanto as pessoas, quanto ao meio ambiente. Já tingida, a toalha é enviada para o setor de acabamento quando são feitas as colocações de etiquetas, barras e conferidos os atributos gerais do produto como tamanho e gramatura.

Em todos os processos industriais acima descritos, a empresa utiliza a mais alta tecnologia mundial, com mais rigorosos padrões de qualidade, como atestam os selos e as classificações (ratings) conseguidos pela empresa ao longo de sua história.

## **- TAPETES SÃO CARLOS**

A Tapetes São Carlos está sediada na cidade de São Carlos. Ocupa uma área total de 100 mil m<sup>2</sup>, sendo, aproximadamente, 70 mil m<sup>2</sup> de área construída. Fazem parte de seu atual portfólio as linhas de tapetes, carpetes, grama sintética decorativa, feltros para colchões e forrações.

A empresa foi fundada em 1951 por Otto Werner Rösel que veio com sua família para o Brasil. Na década de 70 os Rösel trazem para o Brasil a tecnologia de produção de Agulhados e instalam a Divisão Tufting, hoje o processo de fabricação mais utilizado do mundo. Na década de 90 é instalada a Divisão Automotiva, que oferece produtos para montadoras, encarroçadoras, autopeças e revendas. Ao final dessa mesma década, a Tecelagem passa por um grande processo de modernização e recebe a certificação QS 9000/ISO 9002. Este padrão estabelece diretrizes para as empresas atenderem os requisitos automotivos.

Em março de 2006 é instalada a E.T.E.: Estação de Tratamento de Efluentes e recebe a certificação ISO TS 16949/ISO 9001. Este padrão estabelece diretrizes para as empresas atenderem os requisitos automotivos. Em 2009 a Tapetes São Carlos recebe a certificação ISO 14001. Este padrão estabelece diretrizes para as empresas que desejam minimizar os impactos de suas operações no meio ambiente.

A Tapetes São Carlos é a 1ª Empresa da America Latina a ser certificada pelo Green Label Plus (Produtos Verdes para Edifícios Verdes), concedido pela CRI (Carpet and Rugs Institute), dos Estados Unidos, para produtos com baixa emissão de orgânicos químicos voláteis (VOC's). Produtos com o selo Green Label Plus® podem ser utilizados nos conceituados "Prédios Verdes" ("Green Building") e garantem uma qualidade de vida saudável em ambientes internos comerciais e residenciais.

Na esteira da contínua modernização de seu maquinário, a Tapetes São Carlos conta hoje com modernas extrusoras para transformação de chips de polipropileno em fios contínuos Roselan, utilizados na fabricação de tapetes e carpetes. Além do polipropileno, utiliza fios fiados e contínuos de nylon, poliéster e outros materiais na fabricação de tapetes e carpetes.

Além do mercado interno, a Tapetes São Carlos tem presença marcante no mercado externo com significativas exportações para Alemanha, Estados Unidos, México, Argentina, Chile, Paraguai e Uruguai, entre outros.

## - TECUMSEH

A Tecumseh Products Company é reconhecida por trazer uma dimensão extra em inovação de produtos, confiança dos clientes e qualidade dos produtos às indústrias de condicionadores de ar e refrigeração.

Dentre seus produtos, destacam-se:

- **Compressores recíprocos** robustos e eficientes, para refrigeradores e freezers, condicionador de ar e refrigeração comercial, incluindo aplicações em serviço de alimentação e câmaras frigoríficas. Um compressor recíproco hermético usa pistões movidos por um eixo com excêntrico para fornecer refrigeração em alta



pressão do ponto baixo ao ponto alto de um sistema de refrigeração. Em 1938, a Tecumseh revolucionou a indústria de refrigeração com o primeiro compressor recíproco hermeticamente selado. A empresa oferece liderança industrial em compressores recíprocos para condicionador de ar e refrigeração há mais de 75 anos. Atualmente, mantém a liderança ao desenvolver cada novo compressor com eficiência energética, funcionamento silencioso e confiabilidade.

- **Compressores rotativos:** os compressores rotativos de alta eficiência da Tecumseh oferecem mais confiabilidade, baixo nível de ruído com flexibilidade máxima para opções de instalação vertical e horizontal para condicionadores de ar e refrigeração. Os compressores rotativos herméticos utilizam a ação rotativa de um cilindro contido em uma câmara de mesmo formato para fazer a compressão do gás refrigerante. Os compressores rotativos, em seu design, possuem menos componentes que outros tipos de tecnologias de compressão e oferecem uma opção eficiente para várias aplicações.

A Tecumseh instalou seu primeiro compressor rotativo HR em um condicionador de ar em 1957, onde este compressor permaneceu em serviço por mais de 40 anos. Os modernos sistemas de condicionadores de ar e aplicações comerciais de hoje exigem alta eficiência combinada à habilidade de utilizar gases refrigerantes que não agredam o meio ambiente. Os compressores rotativos da Tecumseh continuam na liderança.

- **Compressores Scroll:** a série VS de compressores Scroll da Tecumseh oferece a tecnologia mais atual em eficiência e confiabilidade. Eles são desenvolvidos para aplicações comerciais e foram aprovados em testes severos de durabilidade e resistência para garantir excelente desempenho. Os compressores Scroll utilizam dois discos espirais deslocados que permitem ciclos simultâneos de sucção, compressão e descarga enquanto o gás passa pelo mecanismo. Possuem design específico e de alta eficiência para o mercado de refrigeração.

- **Unidades condensadoras:** uma unidade condensadora é montada no lado de alta pressão de um sistema de refrigeração. É um conjunto que inclui um compressor, um condensador, um motor

de ventilação, controles e uma base de montagem. Tem a função de realizar troca de calor para que o gás refrigerante que entra seja resfriado, condensado e transformado em estado líquido, além de receber o auxílio da ventilação externa, que passa pelo trocador de calor, para resfriar o gás refrigerante interior do sistema. Existem diversos modelos de unidades condensadoras, de diversos tamanhos que vão desde a unidade de pequena aplicação residencial à unidade de grande escala industrial utilizada em processos de fábricas. A empresa oferece um conjunto completo de opções de unidades condensadoras resfriadas por ar ou água, além de unidades externas e internas para aplicações comerciais de refrigeração.

**O começo.** A Empresa desenvolveu o primeiro compressor "hermético" para os refrigeradores domésticos em 1937. Com o passar do tempo o nome Tecumseh tornou-se sinônimo de refrigeração comercial e condicionador de ar residencial, expandimos nossa linha de produtos para que a mesma incluísse compressores automotivos de condicionador de ar, em 1953. A reputação da empresa em relação à inovação se fortaleceu em 1959, quando desenvolveu o primeiro compressor hermeticamente selado de alta velocidade para aplicações comerciais.

Ainda que o foco na fabricação de produtos seja constante, a Tecumseh tem investido substancialmente em laboratórios de engenharia, pesquisa e desenvolvimento na América do Norte, Europa, América do Sul e Índia. Associa-se a centros de Pesquisa & Desenvolvimento em universidades de todo o mundo. Estes centros não são apenas responsáveis em aplicar soluções de produto. As universidades parceiras também fazem pesquisa de ciências biológicas sobre como os produtos estudados se relacionam com ser humano e com o meio ambiente.

Dentre as ações de Inovação da Tecumseh, foi projetada recentemente uma linha completa de compressores herméticos para condicionamento de ar residencial e especializado, refrigeradores e congeladores residenciais e refrigeração comercial. Mas a especialidade da empresa não se resume a isso; também oferece uma linha completa de unidades condensadoras para uso interno ou externo, evaporadores,

bombas de calor, sistemas completos de refrigeração e serviço autorizado de componentes de reposição.

A Tecumseh responde aos desafios do mercado de refrigeração e condicionador de ar por mais de sete décadas, sendo líder no aprimoramento de produtos e serviços destinados à indústria que atendemos. A dedicação ampla da empresa ao controle de qualidade já garantiu à Tecumseh o mais alto nível de qualidade dentre os grandes fabricantes de refrigeração e condicionadores de ar. E as pessoas contratadas têm a honra de proporcionar o bem estar de tantas vidas, em tantos países, todos os dias, de modo a oferecer ação coordenada entre a instalação em todo o mundo e onde seja que se encontrem suas plantas. É assim que a empresa garante a melhor oferta de produtos, especificações e entrega.

#### **- TECNOMOTOR**

A Tecnomotor Eletrônica do Brasil S/A foi fundada em 1980 e desde sua fundação vem desenvolvendo projetos de equipamentos para atender aos usuários do setor da reparação da mecânica automotiva, procurando sempre acompanhar o avanço tecnológico que, de alguns anos pra cá, sofreu muitas modificações principalmente com a implantação dos sistemas de injeção eletrônica de combustível e outros sistemas de eletrônica embarcada nos veículos. Desenvolve e fabrica equipamentos para diagnóstico, inspeção e reparação automotiva, gerando informações, treinamento e sistemas informatizados. Localizada em São Carlos-SP, faz parte do Polo de Alta Tecnologia, inter-relacionando-se com as universidades locais e com as principais montadoras do país.

Com uma diretoria atuante, articula todo o processo, desde os projetos técnicos, até a atenção aos clientes que recorrem à Tecnomotor, pessoalmente, por telefone ou internet, para orientação ou solução de problemas. Sua visão de mercado é oferecer sempre produtos de alta tecnologia, mas de fácil operação a garantir a seus clientes todo o suporte técnico e treinamento no uso dos seus equipamentos.

A Tecnomotor Eletrônica do Brasil, após 30 anos de relacionamento direto no varejo com seus clientes, criou a Tecnomotor Distribuidora, um projeto inovador e agressivo focado em melhorar ainda mais o

relacionamento e o atendimento aos seus clientes, consolidando-se como referência no Setor. Um grande diferencial da Tecnomotor Distribuidora é, através de sua equipe comercial, proporcionar aos seus clientes a melhor venda consultiva, ou seja, oferecer produtos que realmente sejam necessários e viáveis para seu negócio. Com essa filosofia comercial e com produtos Tecnomotor, visa levar mais eficiência as oficinas de reparação. Desta maneira no competitivo mercado atual, as oficinas equipadas com produtos Tecnomotor serão mais eficientes e, conseqüentemente, gerarão negócios de maior sucesso e rentabilidade. A Tecnomotor Distribuidora trabalha também no segmento de equipamentos para diagnóstico Diesel, como por exemplo, a Bancada TM 507 para teste do sistema Common Rail; possui ainda equipamentos para Undercar, tais como: balanceadora e desmontadora de rodas, alinhadores de suspensão. No segmento de Scanner automotivo é líder de mercado com o equipamento Rasther, tanto para veículos ciclo Otto como para veículos Diesel. Esses e muitos outros equipamentos estão disponíveis com diversas formas de pagamento e com todo o suporte técnico e qualidade Tecnomotor.

Os CAR (Centros de Apoio ao Reparador) são centrais regionais da Tecnomotor, onde o reparador encontra treinamentos técnicos especializados, assistência técnica de seus equipamentos, show room de produtos, e toda a comodidade e condições especiais para adquirir qualquer equipamento Tecnomotor, mais perto de sua cidade. Hoje são 04 centros de apoio, localizados em São Paulo – capital, Limeira, Bauru e Campo Grande – MS, e a tendência é que os CAR continuem se expandindo por todo o Brasil.

#### **- EYETEC**

A Eyetec Equipamentos Oftálmicos Ind. Com. Imp. e Exp. Ltda. foi fundada em 1992 por físicos, engenheiros e técnicos ligados a Universidade de São Paulo tendo como objetivo principal, suprir a demanda por equipamentos utilizados por médicos oftalmologistas que até então não eram fabricados no Brasil.

Ao longo dos anos, a Eyetec sempre buscou explorar o que considera seu ponto forte que é a capacidade de dominar tecnologias, e por conseqüência, desenvolver equipamentos médico-hospitalares

compatíveis com os melhores do mundo e com preço não proibitivo, viabilizando dessa forma a aquisição dos mesmos por um número maior de médicos, e dessa forma permitindo que uma parcela maior da população brasileira, possa se beneficiar dos mais modernos equipamentos para diagnósticos disponíveis no mundo.

Dentro dessa filosofia de trabalho, em 1992 a Eyetec lançou no mercado o primeiro Oftalmoscópio Binocular Indireto nacional, esse equipamento hoje já contabiliza mais de 4.000 unidades vendidas somando os diferentes modelos. Em 1997 foi lançado o primeiro Topógrafo de Córnea nacional, que hoje é também líder de mercado com quase 1.500 unidades vendidas nos dois modelos comercializados pela empresa. Em 2001 a empresa lançou o primeiro Auto Projetor programável nacional e em 2006, acompanhando a evolução dos equipamentos para teste de Acuidade Visual foi lançado a Tela de Acuidade. No ano de 2008 foi a vez do primeiro Campímetro de Projeção. E por fim, em 2012 o lançamento do Microscópio Especular de Não Contato com ótima aprovação do mercado tendo várias unidades instaladas em importantes hospitais e clínicas renomadas.

Sempre buscando identificar as novas tendências e necessidades do mercado e contando com a colaboração de médicos renomados, a Eyetec tem trabalhado de maneira integrada para aprimorar seus produtos de modo que os mesmos possam oferecer os recursos mais modernos, para isso, conta com uma estrutura própria composta de laboratórios de óptica, software, mecânica e eletrônica que oferecem os recursos necessários para o desenvolvimento de tecnologias e fabricação de protótipos que no futuro serão incorporadas aos produtos de linha ou se tornarão novos produtos.

A Eyetec conta hoje com uma área de mais de 3000 m<sup>2</sup>, que abriga seus laboratórios e oficinas. Dispõe também de toda uma estrutura de apoio administrativo, financeiro, comercial, compras e de recursos humanos que dão suporte necessário para que o trabalho de seus colaboradores seja feito com eficiência.

É dessa forma que a Eyetec busca cumprir sua missão, que é atender o mercado de equipamentos médico-hospitalares, através do desenvolvimento de novas tecnologias e da melhoria contínua de seus produtos superando as expectativas do cliente, garantindo assim a

satisfação de seus colaboradores e parceiros e a maximização do valor econômico aos acionistas de forma ética e eficiente.

## **- OPTO ELETRÔNICA**

A Opto Eletrônica S/A é uma empresa de tecnologia no ramo de optoeletrônica, com atuação nas áreas médica, industrial, de componentes ópticos, aeroespacial e de defesa. Pioneira em diversos setores, a OPTO é sinônimo de inovação e respeito aos clientes, à sociedade e ao meio ambiente.

Em dezembro de 2009 a OPTO recebeu o Prêmio FINEP de Inovação na categoria Média Empresa. Esse reconhecimento integra a história de desafios e conquistas da OPTO, que, desde a sua criação, em 1985, contribui para transformar conhecimento e alta tecnologia em riquezas genuínas para a sociedade e para as próximas gerações.

A OPTO apoia diversas iniciativas para o desenvolvimento de tecnologia em universidades e centros de pesquisa de todo o Brasil, além de incentivo ao esporte, com patrocínio a equipes de protótipos de veículos e aerodesign, tenistas, entre outros. Desde 2004 participando do Rally dos Sertões, a OPTO disponibiliza equipamentos oftalmológicos, envia médicos especialistas e faz doação de óculos para a população carente que reside em cidades ao longo do trajeto do rali. Os atendimentos acontecem antes, durante e até dois meses depois da prova. Além disso, investe em ações de sustentabilidade ambiental, como no projeto Bosque dos Ipês, acrescentando quase 500 árvores ao cenário urbano de São Carlos (SP), sede da empresa. Hoje, a OPTO está constituída de uma planta industrial no município, além de departamento comercial e assistência técnica na capital paulista, quatro laboratórios antirreflexo (São Paulo, Fortaleza, Porto Alegre e Brasília) e unidades no exterior (Opto-USA, Opto-Mexico e Opto-Global).

A OPTO nasceu a partir da concretização do sonho de seus fundadores, na época pesquisadores e técnicos do Instituto de Física do Campus da USP em São Carlos. Sempre na vanguarda das novas tecnologias optoeletrônicas, a OPTO foi a primeira empresa do hemisfério sul a produzir um laser - no caso, o laser HeNe (Hélio-Neônio). Na sequência, a empresa fabricou o primeiro leitor de códigos

de barra para uso em supermercados (tecnologia posteriormente vendida à Itautec).

Logo no primeiro ano de vida, a OPTO nacionalizou a produção de filtros azuis, utilizados na foto-polimerização de resinas dentais e de refletores odontológicos - produtos fabricados pela empresa até hoje. Apenas nas primeiras duas décadas de produção, mais de um milhão de refletores odontológicos foram fabricados pela OPTO – o que corresponde a mais de um milhão de consultórios odontológicos no mundo utilizando refletores produzidos pela empresa.

Entre 1988 e 1992, a OPTO se dedicou a desenvolver aplicações industriais para os lasers Hélio-Neônio que fabricava. Nesse período, a empresa colocou no mercado quase 4.000 mil equipamentos, entre posicionadores para indústria de pneus, inovadoras adaptações a laser para teodolitos (instrumentos para topografia), sistemas de alinhamento de trilhos para a Companhia Vale do Rio Doce, entre outros. O domínio de tecnologias nas áreas de óptica e eletrônica levou a OPTO, em 1992, a entrar no mercado de equipamentos médicos-oftálmicos, inicialmente distribuindo lasers fotocoaguladores para retina e, em seguida, desenvolvendo e produzindo os próprios equipamentos. Nesse mercado, o primeiro produto foi o Microscópio Cirúrgico, totalmente desenvolvido na OPTO e exportado para todo o mundo. Sempre à frente, a empresa desenvolveu e lançou no mercado o Retinógrafo totalmente digital, tornando-se uma das poucas empresas no mundo a produzir o equipamento, a exemplo de diferentes lasers produzidos na OPTO.

A OPTO iniciou, em 1993, a produção dos primeiros componentes óticos com qualidade aeroespacial: os prismas de alta precisão para sistemas de imageamento. No ano seguinte, teve início na empresa o desenvolvimento de sensores a laser para sistemas militares de defesa, como espoletas para mísseis antiaéreos e sistemas de guiamento a laser para mísseis antitanque. Em 1996, a OPTO foi pioneira ao introduzir no mercado brasileiro o tratamento antirreflexo para lentes de óculos. A empresa segue hoje como a única no País com certificação ISO para a realização desse tipo de trabalho, com mais de 1 milhão de pares de lentes tratados.

Inúmeras etapas e avanços da OPTO tiveram apoio da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos. A característica inovadora da OPTO também levou-a a trabalhar em conjunto com pesquisadores da Escola Paulista de Medicina da Unifesp no desenvolvimento de um tratamento para a DMRI - degeneração macular relacionada à idade (uma das maiores causadoras de cegueira nos dias de hoje).

A OPTO desenvolveu um laser específico para as necessidades dos médicos pesquisadores e o resultado é o tratamento i-MP (Indocyanine Green Mediated Photothrombosis), uma técnica inovadora e em fase III de Clinical Trial no Brasil. Trata-se do primeiro Clinical Trial de um tratamento desenvolvido no Brasil. A partir de 2006, com a experiência em equipamentos militares e de alta tecnologia, a OPTO foi convidada a participar das licitações para o desenvolvimento e fabricação das câmeras dos satélites sino-brasileiros CBERS 3, CBERS 4 e Amazônia 1. A empresa foi selecionada para a execução dos projetos, que proporcionaram uma revolução à OPTO, como a construção de um edifício de 4.500 m<sup>2</sup> e a entrada de quase 70 pesquisadores, além de uma enorme gama de novos equipamentos de altíssima tecnologia (como a primeira linha de produção de lentes não esféricas da América Latina). Essas conquistas continuam fazendo da OPTO uma empresa que não para de crescer, e sempre com o foco no futuro.

#### **- ENGECER**

A Engecer foi criada por um grupo de especialistas em Engenharia de Materiais da Universidade de São Carlos (UFSCar) em 1987, com o objetivo de produzir componentes cerâmicos para laboratórios e pós para polimento de vidro. Mantendo suas raízes nas universidades locais desenvolve, de forma conjunta, projetos inovadores em matérias cerâmicas bem como conta com suporte laboratorial para caracterização desses materiais. As atividades de desenvolvimento envolvem parcerias com universidades e centros de pesquisa, outros agentes tecnológicos. Inserida no ambiente de inovação tecnológica, possui capacitação para o desenvolvimento de produtos fundamentados na tecnologia de cerâmicas, adequados aos diferentes desafios da indústria, quer seja na nacionalização de componentes críticos quer na concepção de novas soluções.



Os primeiros anos da empresa se caracterizaram por intensa atividade de pesquisa no setor de materiais cerâmicos, procurando identificar os processos industriais apropriados para produção em escala de componentes especiais desenvolvidos para um restrito grupo de clientes. Após a profissionalização da administração, a empresa passou por uma nova fase caracterizada pela substancial ampliação da base de clientes. Com foco na identificação das necessidades dos clientes a Engecer fornece atualmente uma grande gama de produtos de elevado conteúdo tecnológico, atendendo ao mercado de componentes de menores séries de produção, elevada complexidade de fabricação e de produção sob encomenda (projeto e fabricação).

Por meio de tecnologias específicas a empresa fabrica e comercializa duas linhas distintas de produtos utilizando-se materiais cerâmicos. A primeira linha de produtos compõe-se de pós cerâmicos para polimento de superfícies duras, especialmente o vidro, atuando como principal fabricante nacional desses produtos. A segunda linha compõe-se de componentes de cerâmica sinterizada com variada gama de composição e diversidade de geometria.

Um processo de produção confiável é considerado como a base para a necessária repetibilidade das partes e peças produzidas, tanto no aspecto dimensional como quanto às características de material (por exemplo: rugosidade, densidade, composição, etc.). Inserida em um mercado de elevado padrão de exigência, a Engecer preocupa-se em atender às demandas por meio da alta qualidade dos produtos e elevada flexibilidade de fabricação. Com um sistema de gestão da qualidade atualizado e certificado segundo a norma ISO 9001 – 2008, a Engecer garante a eficácia da gestão dos complexos processos produtivos tendo como objetivo a satisfação das necessidades de seus clientes.

Utilizando-se de processos de conformação por Prensagem Isostática e Uniaxial, as peças podem ser produzidas conforme as necessidades específicas de cada projeto. A produção é definida segundo a especificação do cliente com elaboração de um grupo de desenhos para cada etapa do processo, permitindo, assim, a verificação de conformidade em cada passo deste, mantendo-se elevado padrão de controle das especificações.

Contando com sua planta própria para manipulação das matérias primas (óxidos), o controle do processo se inicia pelo tamanho de grão e dureza das matérias primas, os quais são controlados por meio da medição da distribuição granulométrica da área específica, segundo ensaios normalizados de Sedígrafo e BET. Nos processos de usinagem e retífica, são utilizados equipamentos com recursos de medição e automação que permitem garantir as características dimensionais de conformidade com os desenhos assim como a rugosidade da superfície, parâmetro de grande importância para os componentes sujeitos ao processo de desgaste. Quando necessário outros ensaios de caracterização podem ser executados nas Universidades e Laboratórios parceiros. Esses ensaios podem incluir avaliação da estrutura do material, composição ou análise de propriedades mecânicas, químicas e físicas.

**Desenvolvimento de Produtos:** As cerâmicas técnicas são consideradas como produtos de alto desempenho associados às tecnologias inovadoras que compreendem diferentes composições as quais caracterizam redes cristalinas diversas com atributos próprios no contexto das propriedades mecânicas, químicas e elétricas. O trabalho com cerâmicas técnicas exige constante aprimoramento da microestrutura desses materiais por meio de diferentes formulações, processos de conformação, sinterização e processamento pós sinterização, de forma a otimizar as propriedades desejadas. Nesse contexto, o desenvolvimento de produtos requer constante interação entre as diversas disciplinas da fabricação e da caracterização dos materiais, além da adequação dos processos às geometrias diversas.

## **- SÃO CARLOS INDÚSTRIA DE PAPEL**

Fundada há cerca de 50 anos, na região central do estado, a São Carlos S/A Indústria de Papel e Embalagens, vem se dedicando a constantes investimentos em tecnologia, com adventos e equipamentos de última geração. Essa busca pelo aperfeiçoamento em qualidade e produtividade a coloca no mercado dentre as 10 maiores empresas do setor de embalagem.

Todo o processo baseia-se em uma forte parceria com fornecedores, garantindo sempre a melhor qualidade de suas matérias. A partir daí,

garante através de um rigoroso processo industrial na confecção, um papel de qualidade que, por sua vez, assegura a qualidade das embalagens, o atendimento e as necessidades de acondicionamento, segurança, peso, resistência ao empilhamento, e transporte de produtos. Por fim, conta com um parque fabril de última geração, com máquinas que executam operações automatizadas de impressão, vinco, dobra e corte. Entendendo-se ainda, em busca logística e transporte adequado a cada necessidade.

Do projeto ao acabamento, a São Carlos S/A Indústria de Papel e Embalagens, busca desenvolver cada vez mais soluções que auxiliam seus clientes, nos mais variados seguimentos da economia. Valorizando cada vez mais seus parceiros segmentados.

Implantada numa área de 140 mil m<sup>2</sup> e com uma planta industrial de 40 mil m<sup>2</sup>, a São Carlos S/A Indústria de Papel e Embalagens, produz 120 mil toneladas de produtos ao ano, com a matéria prima 100% reciclada, sempre preocupada em manter essa produtividade e, ao mesmo tempo, respeitando o ecossistema, quer seja no tratamento de seus afluentes, ou ainda, investindo em áreas de reflorestamento e garantindo a reposição de árvores e a produção de biomassa.

#### **- FABER CASTELL**

Mundialmente reconhecida pela qualidade em seus produtos, a Faber-Castell é a maior fabricante de EcoLápis de madeira plantada e está presente em mais de 100 países, contando com 14 fábricas, 20 escritórios comerciais e cerca de 7.000 colaboradores em todo o mundo. Produz mais de 1 mil itens diferentes, desde EcoLápis de cor e de grafite, EcoGiz de cera, massa de modelar, canetas, lapiseiras, marcadores, CDs, disquetes, cartuchos compatíveis de impressão, até exclusivas canetas-tinteiro.

A principal subsidiária do grupo está localizada no Brasil, com cerca de 2.700 colaboradores, formada por uma unidade de produção em São Carlos, no interior de São Paulo, uma unidade de produção de mudas e operações florestais com industrialização da madeira em Prata, Minas Gerais, uma unidade de fabricação de produtos plásticos em Manaus (AM), uma área de plantio e uma área de preservação permanente em Morretes, Paraná.

A produção anual de 1,9 bilhão de EcoLápis de madeira plantada torna o Brasil líder mundial no setor. A unidade brasileira da Faber-Castell produz mais de mil itens que abastecem o mercado interno e são exportados para mais de 70 países, respeitando as necessidades dos mercados regionais, sempre tendo em mente as exigências globais, com design característico e atemporal. Para a empresa, inovação e criatividade representam pioneirismo e o fornecimento de melhorias contínuas para oferecer soluções com benefícios relevantes aos consumidores finais. Para isso estimula a própria criatividade por meio de uma atmosfera de trabalho aberta, dedicação, comprometimento e equipes de trabalho multidisciplinares internacionais. Além disso, mantém um compromisso constante com as pessoas e o meio ambiente. Atua com responsabilidade social dentro da empresa, com parceiros de negócios e com a comunidade. Priorizamos e realizamos uma busca contínua por processos e materiais ecológicos que nos permitam contribuir para a preservação do planeta. Sempre prevemos futuras tendências e impactos para cumprir com nossas obrigações e garantir a sustentabilidade

#### **- ENGEMASA**

A ENGEMASA é uma empresa de fundição de aços inoxidáveis e ligas especiais. A empresa surgiu dos ideais de modernização dos anos 70, quando engenheiros da Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) se uniram para fundar uma empresa de fundição de aços inoxidáveis e ligas especiais objetivando a substituição de importações.

Dentre os seus principais produtos, destacam-se os fundidos e os forjados. As peças fundidas pela ENGEMASA são produzidas de acordo com o mais moderno processo de fundição. Podendo ter de 0,5 Kg a 2.500 Kg de peça 'limpa', as peças são produzidas dentro do mais rigoroso controle de composição química, tratamentos térmicos necessários para conferir a adequada estrutura metalográfica, exame dimensional, testes destrutivos e ensaios por partículas magnéticas, líquido penetrante, ultra-som, gamagrafia. Os fornos de fusão são de indução ao ar e sob vácuo, possibilitando a produção de ligas de baixos teores de carbono e gases dissolvidos. Já os fornos de tratamento

térmico são monitorados por computador com termopares aferidos conforme normas, garantindo com o tratamento as estruturas necessárias para resistência à corrosão e abrasão.

Quanto aos produtos Forjados, a forjaria da ENGEMASA compartilha da mesma estrutura de aciaria da fundição e têm possibilidade de forjar barras de perfil redondo e quadrada de até 4 metros de comprimento e de até 120 milímetros de diâmetro ou aresta acabado, sendo possível também a produção de "blanks" forjados. Podemos fornecer material com acabamento bruto de forjaria ou barras usinadas. O desenvolvimento de ligas para barras forjadas na ENGEMASA foi sempre impulsionado pelas exigências do mercado que necessita de barras resistentes à abrasão, à corrosão e que também suporte as severas exigências mecânicas na qual são solicitados os produtos feitos a partir destas barras, como eixos, flanges, pinos, parafusos e hastes; entre outros.

A ENGEMASA possui em suas instalações uma Divisão de Usinagem, a qual está equipada com Centro de Usinagem CNC, Mandrilhadoras CNC, Torno Vertical CNC e Tornos CNC. Todos os equipamentos com disponibilidade de dispositivos para preparação de ferramentas e controles dimensionais de mais alto padrão, entre outras máquinas. O Laboratório de Metrologia está altamente equipado para exames dimensionais, medição geométrica e de posição.

A empresa vem investindo e aprimorando seu pessoal constantemente, operando com profissionais treinados altamente qualificados para exercer as funções da área e atender às exigências de mercado.

## **Histórico**

A partir do início de operação da mesma em 1978, a ENGEMASA foi vencendo os desafios que lhe foram impostos, nacionalizando peças até então importadas com performance igual ou melhor que os concorrentes externos. Os desafios impostos na década de 1980, principalmente pela PETROBRAS, fizeram que a ENGEMASA adentrasse ao mercado fornecedor de barras forjadas em ligas especiais e agulhas metálicas utilizadas para reforço de concreto refratário.

Na década de 90, através de rigoroso relacionamento com importantes universidades nacionais e laboratórios de pesquisas, a ENGEMASA adentra ao mercado Petroquímico fornecendo fundidos estáticos em ligas de alto níquel e cromo para trabalhos à altas temperaturas. Atendendo solicitações da PQU (Petroquímica União), desenvolve tecnologia para fabricação de Tubos Centrifugados e inicia a montagem de colunas petroquímicas dentro dos mais rigorosos controles metalúrgicos de adições micro ligas, garantindo performance das mesmas para trabalhos à altas temperaturas. Assim, a PETROBRAS e as indústrias petroquímicas nacionais passam a contar com um fornecedor genuinamente nacional capacitação para receber os desafios crescentes deste importante Setor da Economia Nacional. Ainda na década de 90, a ENGEMASA adquire a tecnologia de fabricação de Válvulas de Segurança e Alívio e, aproveitando a capacidade de tecnologia própria de fundição, passa a ocupar posição de destaque neste segmento de mercado.

Através de contínuo intercâmbio com as melhores universidades brasileiras e institutos de pesquisa, a ENGEMASA tem completo domínio metalúrgico de seus produtos e está pronta para vencer os desafios da próxima década. Os produtos são certificados pelo SGS, TUV e PETROBRAS, de acordo com a Norma ISO 9000

#### **- FULTEC**

A Fultec Inox dispõe de grande flexibilidade no processo produtivo podendo fundir aços de qualquer norma, inclusive aquelas exclusivas criadas por empresas para uso específico. As normas com as quais a empresa trabalha com maior frequência são: ASTM e DIN.

Principais produtos

- Aços ao Carbono ou baixa liga
- Aços Inoxidáveis para corrosão
- Aços Inoxidáveis para abrasão com corrosão
- Aços Inoxidáveis Duplex
- Aços Refratários
- Ferros Fundidos Especiais para abrasão com corrosão e alta temperatura
- Ligas de Níquel

- Ligas de Cobalto
- Ligas Especiais

Capacidades: os Cadinhos da Fultec Inox permitem fundir peças de 0.1 Kg até 600 Kg. A fusão é feita pelo processo PP SET (cura a frio) e SHELL MOLDING.

A Fultec Inox disponibiliza serviços de assessoria altamente qualificados para auxiliar as empresas a encontrarem soluções para o mundo competitivo: Assessoria Técnica, Programa MAGMASoft, Desenvolvimento de novos materiais, Análise Química, Ensaio Mecânico, Metalografia. Localizada em São Carlos-SP a Fultec conta com o constante apoio intelectual dos profissionais e pesquisadores da USP (Universidade de São Paulo) e UFSCar (Universidade Federal de São Carlos).

#### **- EDG EQUIPAMENTOS**

A EDG Equipamentos e Controles Ltda possui um avançado Centro de Pesquisa e Desenvolvimento o qual mantém parcerias com importantes instituições e profissionais de diversas áreas, notadamente a da área odontológica, o que fez a EDG Equipamentos tornar-se referência no país com o desenvolvimento e produção de equipamentos de última geração para as áreas de prótese odontológica. Além dos equipamentos destinados para a prótese odontológica, a EDG mantém uma completa linha de peças e acessórios para reposição.

A EDG Equipamentos foi fundada em 1.976 na cidade de São Carlos, SP. Inicialmente foi implantada numa área de apenas 300 m<sup>2</sup> com o objetivo de atender as necessidades dos profissionais da área de prótese odontológica com a produção de equipamentos específicos em substituição aos equipamentos importados, de preços elevadíssimos praticados pelos fornecedores internacionais que dificultavam sobremaneira as atividades desenvolvidas pelos profissionais da área.

Atenta às novas tendências e às necessidades cada vez mais sofisticadas do mercado, a EDG Equipamentos fundou o GRUPO EMPRESARIAL EDG formado pelas empresas EDG EQUIPAMENTOS, CELMAT MATERIAIS ODONTOLÓGICOS, SMARTDENT e RIZAX COMPONENTES ODONTOLÓGICOS permitindo ao profissional

brasileiro estar sempre atualizado com o há de mais moderno na área da prótese odontológica.

Abaixo, alguns exemplos de equipamentos inéditos lançados pela EDG que revolucionaram a prótese brasileira, hoje considerada uma das melhores do mundo.

- Termopolimerizadora: permitiu a popularização das resinas ISOSIT e similares;
- Forno para anéis: utilização de revestimentos com expansão controlada;
- Fotopolimerizadoras: popularização das resinas foto polimerizáveis;
- Fornos para porcelana micro processados: o grande salto da cerâmica no Brasil;
- Fornos para cerâmica prensada: início do metal free Brasil;
- Fornos para sinterização e infiltração: popularizou a técnica metal free com os compósitos alumina/vidro;
- Centrifugas elétricas: início da fundição técnica;
- Fundição por indução: alta tecnologia no processo de fundição de precisão por aquecimento indutivo sem a utilização de chama;

Atualmente a EDG em sua sede própria, ocupa uma área de 15.000 m<sup>2</sup> onde abriga além da área industrial, um conjunto de amplos e modernos laboratórios que promovem os testes dos novos produtos em condições de “Heavy Duty”, garantindo assim a total confiabilidade antes de serem lançados no mercado.

A EDG está presente em 26 países nos cinco continentes propiciando uma ampla e eficiente rede de assistência técnica localizadas em mais de 130 cidades nas diversas regiões do Brasil e do mundo. “A EDG é uma empresa parceira que disponibiliza soluções e alternativas adequadas e inovadoras para a odontologia e prótese odontológica mundial”.

## **- DIGIMOTOR**

A Digmotor é uma empresa de base tecnológica estabelecida em São Carlos SP que desenvolve, constrói e fornece Bens de Capital e Automação Industrial nas áreas de Mecânica, Mecatrônica, Eletrônica e Software embarcado. A empresa atende indústrias de Equipamentos e



Material Elétrico, fabricantes de Autopeças e de componentes para Linha Branca, criando soluções tecnológicas inovadoras nos equipamentos e pela confiabilidade e desempenho destes nas linhas de produção dos clientes. Além do Brasil, são atendidos clientes em mais 15 Países.

Líder no seu mercado, a DIGMOTOR oferece na sua linha de máquinas bobinadeiras uma linha completa de equipamentos para enrolamento, acabamento e teste de bobinas elétricas, máquinas para bobinamento de estatores de motores elétricos, rotores de motores DC e toróides. Na linha de máquinas a laser, a DIGMOTOR desenvolve equipamentos para marcação de plásticos, madeira, metais, vidro e outros materiais. Essas máquinas permitem uso de laser YAG ou CO2 dependendo da aplicação.

#### Histórico

A Digmotor inicia suas atividades em 1984, fabricando os primeiros motores de passo no Brasil. O resultado deste empreendimento foi o acúmulo de conhecimento em mecatrônica. Em 1989 desenvolve as primeiras máquinas bobinadeiras eletrônicas para fios de cobre.

Na década de 90 lança as primeiras bobinadeiras CNC, passa a utilizar o software Solidworks (CAD 3D) em seus projetos mecânicos e começa a produzir, em 1999, bobinadeiras com tecnologia similar as produzidas na Europa, Japão e EUA. Fornece, então, duas linhas automáticas para a produção de bobinas de ignição automotivas para a Visteon.

No ano seguinte, a empresa inicia pesquisas para lançar novos produtos e desenvolve a linha de máquinas para marcação a laser e linha de máquinas de sopro de garrafas PET. Em 2003 desenvolve linha automática para produção de motores elétricos composta de insersora de papel, bobinadeira, máquina de solda, impregnadora, torno, teste e selecionadora. Além disso, projeta e constrói uma máquina automática para teste funcional de caixas de direção automotiva para a Visteon. Seguindo sempre a sua linha inovadora faz sua primeira exportação de sopradora de garrafas PET para o Canadá em 2004.

A DIGMOTOR tem clientes em todo o Brasil, Argentina, Uruguai, Chile, Venezuela, Colômbia e Canadá. Entre nossos clientes estão algumas empresas conhecidas como : Bosch, Parker Hannifin, Trancil,

Qualifio, Siemens Transformadores, Emicol, Weg, Britania, Legrand, Telemecanic, Asco, Panasonic, Echlin, Klocner Moeller, Embraco, Philco-Hitachi, Eaton, Mallory, Invensys, Wabco, Compela , Fae, SMS, Ts-Shara, Intral, Philips Lighting, HI Eletrometal, Helfont, Visteon, Cebi, Bitron, Tecumseh, Denso, SEW, Delphi, Valeo, Siemens VDO, Mondial, OSG, Phihong, etc.

Cada equipamento elaborado e construído contém conhecimento e experiência adquiridos em 20 anos de atuação nas áreas de fabricação de bens de capital. A empresa tem um departamento de pesquisa e desenvolvimento (P&D) com engenheiros, projetistas e analistas que se atualizam todo ano visitando feiras e empresas nos EUA e Europa.

Na área de Tecnologia da Informação, a DIGMOTOR mudou, em 1998, sua plataforma de software para projetos mecânicos (CAD). Substituiu-se o Autocad pelo moderno e inovador software Solidworks. Esta nova plataforma de desenvolvimento de projetos trouxe inúmeros recursos, agilidade e confiabilidade no trabalho dos projetistas mecânicos. Como resultado de desenvolvimentos de novas máquinas CNC e seus constantes aprimoramentos, o departamento de P&D domina as seguintes plataformas de Software: Delphi, C/C++, Assembler, Ladder, LabView, Wizcon. Em redes locais de controle trabalha-se nos padrões Profibus DP, Can bus.

Os equipamentos são construídos com mecânica muito robusta sobre bases sólidas. Isto garante vida útil longa e baixo nível de ruído. Os equipamentos fabricados pela DIGMOTOR tem componentes e subsistemas fornecidos por empresas conhecidas mundialmente. Como: Festo, Parker Hanniffin, NSK, Star, SKF, INA, Moeller, Siemens, Weg, Matsushita, Indramat, Moog , Kollmorgen, ABB, ACE, Pilz, M.Shimizu, Balluf, Phoenix, National instruments, Advantech.

## **TERRONI**

A Terroni Equipamentos é uma empresa de capital 100% nacional, localizada em São Carlos, interior do Estado de São Paulo, especializada na fabricação de equipamentos que envolvem vácuo, frio ou calor, principalmente liofilizadores e vem atendendo com excelência a demanda do mercado, nos setores acadêmico, farmacêutico, veterinário,

alimentício e de centros de pesquisa, e ganhando espaço inclusive internacionalmente.

A liofilização ou secagem a frio (freeze dry) é o mais nobre processo de conservação de produtos biológico conhecido porque envolve os dois métodos mais confiáveis de conservação, o congelamento e a desidratação. Para ser liofilizado, o produto deve estar congelado a uma temperatura bem baixa, geralmente abaixo de  $-20^{\circ}\text{C}$ , e depois ser submetido a uma pressão negativa (vácuo), fazendo com que a água dos produtos seja retirada por sublimação, ou seja, passe diretamente do estado sólido para o estado gasoso. O resultado final é um produto com uma estrutura porosa livre de umidade e capaz de ser reconstituída pela simples adição de água.

Desta forma, os produtos liofilizados não sofrem alterações de tamanho, textura, cor, sabor, aroma, teor de vitaminas, sais minerais, proteínas, etc. e, quando conservados adequadamente, mesmo em temperatura ambiente, resistem intactos por muitos anos. Assim, os produtos liofilizados quando reconstituídos, retomam suas propriedades originais como nenhum outro produto desidratado. Muito utilizada no meio farmacêutico e em pesquisas, aos poucos a liofilização ganha espaço na indústria alimentícia e outros segmentos, como na preservação de flores e animais, documentos e livros antigos ou recuperados de enchentes, bancos de ossos e tecidos para implante, etc. No Brasil a maioria dos equipamentos liofilizadores está localizada em indústrias farmacêuticas, centros de pesquisas, universidades e algumas plantas industriais de café e insumos para alimentos institucionais.

Uma das pioneiras do Brasil na fabricação de liofilizadores, a Terroni® tem mais de 40 anos de mercado e é a primeira empresa do setor no Brasil a obter a Certificação de Qualidade ISO 9001. Sua meta é tornar-se a principal referência do mercado nacional e internacional como empresa fornecedora de equipamentos e soluções que envolvam vácuo, frio e calor, principalmente liofilizadores”

## **- FÁBRICA DE MOTORES DA VW DO BRASIL**

A Volkswagen tem 60 anos de Brasil. Essa história de sucesso teve início em um pequeno galpão alugado na rua do Manifesto, no bairro

do Ipiranga, em São Paulo, com apenas 12 funcionários. Apenas seis anos depois, em 18 de novembro de 1959, a empresa já inaugurava a unidade Anchieta, com a participação do então presidente Juscelino Kubistchek.

Em 1976, a Volkswagen iniciou a operação da fábrica de Taubaté, erguida com o propósito de produzir o Gol, o carro mais vendido durante 26 anos consecutivos. Vinte anos depois, em 1996, a empresa inaugurou a fábrica de São Carlos, uma das três maiores produtoras de motores do Grupo Volkswagen no mundo. Com 830 empregados, a fábrica produz em média 80 mil motores por mês em 67 modelos diferentes. Para o mercado brasileiro, 100% dos motores recebem a tecnologia bicombustível Total Flex.

Alinhada aos rigorosos padrões do Grupo Volkswagen, a Volkswagen do Brasil em São Carlos iniciou em 2013 a fabricação do novo motor de três cilindros 1.0l da família EA211 no novo prédio produtivo. Fruto de investimento de R\$ 335 milhões, o novo prédio aumentou a capacidade produtiva da fábrica em cerca de 20%, o que consolida São Carlos como a terceira maior unidade de motores do Grupo Volkswagen.

Instalado num espaço total de 27 mil m<sup>2</sup>, o novo prédio conta com moderna tecnologia e foco em qualidade e sustentabilidade, que proporcionam eficiência produtiva, reduções no consumo de recursos naturais e maior eficiência na reciclagem de resíduos.

Em termos de gestão ambiental, a fábrica de São Carlos tem se destacado no Grupo Volkswagen e entre as empresas da região, pelo trabalho que desenvolve na área ambiental e pelos projetos com foco na sustentabilidade. Projetada para produzir com a mesma qualidade das melhores indústrias européias, São Carlos foi a primeira planta do Grupo Volkswagen, fora da Europa, a conquistar o certificado ambiental ISO 14001, em 1997, e se tornou referência em gestão ambiental para as demais unidades na América do Sul. A unidade conta com a maior área verde entre as fábricas da Volkswagen do Brasil, num total de 730 mil m<sup>2</sup>. Possui 18,6 hectares de área de reserva legal, com preservação do cerrado, com o reflorestamento da mata nativa como uma das práticas sustentáveis permanentes visando a preservação ambiental.

A unidade de São Carlos realiza desde 1998 o teste a frio de motores, denominado Kalt Test, reconhecido na época como uma tecnologia inovadora. A fábrica foi uma das primeiras fabricantes de automóveis do Brasil a realizar o teste. Realizado em 100% dos motores, o Kalt Test avalia mais de 300 características distintas no motor, monitorando sincronismo, ruído, ignição, aspiração, escape, torque e lubrificação. Esses equipamentos garantem os mais rigorosos critérios de aprovação do motor. Além disso, destaca-se a não utilização de combustível para realização do teste, o que proporciona redução no impacto ambiental. A unidade conta com quatro máquinas responsáveis pelos testes, que demoram entre sessenta e setenta segundos.

#### **- GLOBO AVES - EMPRESA DE AVICULTURA**

A Globoaves, fundada em 1985, atua na avicultura, suinocultura, agricultura e pecuária. A empresa apresenta granjas, fábricas de ração, incubatórios e frigoríficos. As modernas granjas de matrizes de corte são todas administradas pela própria empresa. As granjas de recria contam com galpões dark house com estruturas diferenciadas para alojar machos e fêmeas. Os locais são adequados para que as aves potencializem ao máximo sua capacidade reprodutiva. Quando em idade adulta, são transferidas para granjas de produção, com aviários amplos, bem equipados e com equipe qualificada para o adequado manejo das aves e a coleta de ovos, sempre de acordo com rígidas normas de biossegurança. Duas das granjas da empresa estão localizadas próximas a cidade de São Carlos na região rural de Itirapina e de Brotas. Em Itirapina localiza-se também uma das fábricas de ração que atende a demanda da empresa, produzindo ração na forma farelada e peletizada para as granjas de matrizes da empresa. Uma equipe de nutricionistas e veterinários é responsável pela elaboração das rações, de composição nutricional balanceada e adequada às necessidades de cada tipo de ave, de acordo com seu sexo e idade. A qualidade dos insumos utilizados na fabricação é de suma importância para saúde e sanidade das aves, recebendo uma atenção especial durante o processo de seleção.

Na cidade de São Carlos, e também em Itirapina encontram-se incubatórios, nos quais a Globoaves emprega alta tecnologia para que sejam produzidos os melhores Pintos de Corte de Um Dia do mercado. A preocupação da empresa com a Segurança Alimentar de seus produtos, garantiu que a Globoaves se tornasse pioneira ao receber a recomendação de certificação HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), programa padrão em excelência na garantia da qualidade sanitária dos produtos. Os Incubatórios Globoaves contam com equipamentos automatizados para classificação de ovos, ovoscopia e vacinação in ovo e todos os processos são supervisionados por equipe certificada e treinada constantemente para atender aos rígidos padrões de qualidade de nossos clientes.

#### **- CAPRICÓRNIO TÊXTIL**

A unidade da Capricórnio Têxtil de São Carlos é uma empresa focada em desenvolver produtos de índigo que estejam inseridos na tendência mundial do denim, suas novidades e grandes lançamentos. Essas tendências são buscadas nas principais feiras de moda em todo o mundo.

Criado com o intuito de aproximar a relação entre seus clientes e representantes, a empresa trabalha em conexão direta com as necessidades do público, procurando focar as atividades nas necessidades dos clientes.

A Capricórnio Têxtil foi fundada em 1946 em São Paulo, com o nome de Lanifício Capricórnio Ltda., quando iniciou suas atividades no ramo têxtil de lã. Em 1960 iniciou a produção de tecidos sintéticos e firmou-se como fabricante de tergal e gabardine, com a melhor qualidade no mercado, atendendo a confeccionistas de roupas profissionais. Em 1970 passou a confeccionar e produzir roupas profissionais.

Na cidade de São Carlos (SP), a Capricórnio associou-se, em 1980, à Cafí Ltda. e concentrou-se na produção de tecidos índigo blue. Utilizando maquinário de última geração, passou a incorporar uma nova tecelagem a esta unidade, dobrando sua capacidade produtiva. Em 2001 adicionou uma moderna fiação e tecelagem ao seu parque industrial, o que promoveu um aumento na capacidade produtiva da

companhia. Com investimentos em maquinário, a empresa obteve um consequente aumento de sua produção têxtil, o que tornou a Capricórnio Têxtil uma das cinco maiores produtoras de denim do país. Desde 2001, quando iniciou as atividades da nova fiação em São Carlos (SP), a empresa investe em modernos equipamentos e na capacitação profissional, com foco na satisfação e fidelização de seus clientes.

#### **- ROSSIGNOLO COTTON**

A Rossignolo Cotton atua há mais de 25 anos no mercado têxtil nacional, sempre produzindo fios para malharia e tecelagem com excelência de qualidade.

Sua história foi construída e pautada pelo compromisso com fornecedores e pelo apoio e confiança de seus clientes e parceiros.

A dedicação e competência de sua equipe, focada em QUALIDADE, EFICIÊNCIA e CONFIANÇA, permite que seus clientes tenham rendimentos acima da média do mercado, graças ao conhecimento, experiência e equipamentos de última geração utilizados na produção de seus fios.

Os rigorosos processos de controle de qualidade, prontos para atender as mais diferentes demandas comerciais, fazem da Rossignolo Cotton uma empresa com marca sólida e reconhecida entre as maiores e melhores produtoras de fios de algodão do Brasil. O mix de produtos oferecidos é direcionado ao setor de malharia e tecelagem.

A Rossignolo Cotton possui laboratórios completos, onde são realizados testes e acompanhamento de toda a sua produção, garantindo através de indicadores, a qualidade de todos os seus produtos comercializados.

A linha de produtos oferecidos contempla fios 100% algodão desenvolvidos para alto desempenho, fios especiais com flame e multicount dentre outros produtos.

#### **- SILTOMAC**

A Siltomac atua no desenvolvimento e fabricação de equipamentos para mecanização da nutrição animal, oferecendo alta tecnologia ao alcance do Pecuarista.

Dentre os seus principais produtos, destacam-se:

- Colhedoras de forragem: utilizadas na colheita de forrageiras e leguminosas destinadas ao processo de ensilagem ou alimentação in natura para ruminantes.
- Misturadora de ração: utilizada no processo de mistura e fornecimento aos animais de qualquer tipo de ração ou alimento, farelos, concentrados saís e todo tipo de matéria orgânica com valor nutritivo para alimentação animal.
- Vagão forrageiro: utilizado no transporte e distribuição de trato verde in natura ou ração total aos animais.,
- Moinho de cilindro: utilizados para processo de esmagamento de grãos de milho, sorgo, dentre outros.

A SILTOMAC visa a produção de equipamentos com alto e rigoroso padrão de qualidade bem como disposição de uma completa linha de opcionais para a customização de qualquer equipamento, de acordo com a sua necessidade. Utilizando alta tecnologia em seus equipamentos, garante baixo consumo aliado a um alto rendimento, proporcionando assim o melhor custo benefício na mecanização da nutrição animal.

Com a facilidade e agilidade na reposição de peças, e assistência técnica especializada, os produtos Siltomac garantem um trabalho sem interrupções com a mais alta produtividade.

A Siltomac é representante oficial de grandes marcas mundiais, como a Claas e a Dinamica Generale. Unindo os produtos destas marcas à experiência da Siltomac no campo, o pecuarista adquire além de um equipamento de qualidade, um serviço e atendimento para todas as suas exigências e necessidades.

Responsabilidade ambiental: extremamente preocupada com a responsabilidade ambiental, a empresa disponibiliza ao mercado, equipamentos altamente eficazes com baixo consumo de potencia e de energia, de acordo com a regulamentação vigente.

## **INCUBADORAS DE EMPRESAS**

Além das empresas citadas, temos empresas nascentes sediadas nas incubadoras do CEDIN e do ParqTec. As incubadoras de empresas são ferramentas essenciais para diminuir o índice de mortalidade das micro e pequenas indústrias no Brasil. A empresa abrigada em sua fase



embrionária, dispõe de um apoio estratégico diferenciado, que ajuda a superar dificuldades iniciais e a ingressar no mercado com melhores condições de sobrevivência e superação. O acesso a consultorias e os custos e imposto mais baixos favorecem o desenvolvimento nos primeiros anos de atuação.

#### **- DAMHA URBANIZADORA**

A Damha Urbanizadora é uma empresa do Grupo Encalso Damha, conglomerado empresarial fundado em 1964, que atua nos seguintes segmentos: Engenharia Civil Pesada, Agronegócios, Shopping Center, Concessão de Rodovias, Energia e Empreendimentos Imobiliários.

Marcando presença no cenário nacional desde 1979, a Damha desenvolve e executa loteamentos fechados e condomínios residenciais, reconhecidos pela alta qualidade urbanística e construtiva. Um projeto diferenciado da Damha Urbanizadora está localizado na cidade de São Carlos, interior de São Paulo. São quatro condomínios residenciais de alto padrão inseridos no Parque Eco Esportivo Damha – uma reserva de 12 milhões de m<sup>2</sup>, com Centro Hípico, represas, trilhas ecológicas, Centro de Eventos, fauna e flora, além do Damha Golf Club, um campo de golfe oficial e considerado pela revista americana Golf Digest, o 3º melhor campo de golfe do Brasil. No Parque Eco Esportivo a Damha Urbanizadora elevou o seu próprio conceito sobre "viver bem". Foi desenvolvido um projeto que tem grande interação com a natureza, aliando moderna infraestrutura, projeto urbanístico inovador, e tudo com muito segurança.

#### **- PARQUE ECOTECNOLÓGICO DAMHA**

Integrado ao Parque Eco Esportivo, a Damha Urbanizadora desenvolveu o Parque Eco Tecnológico Damha: o primeiro parque tecnológico de 3ª geração do País. Um projeto no qual o espaço de lazer, esportes e moradia se integram a um complexo empresarial e de negócios, com foco em novas tecnologias e inovação, proporcionando maior qualidade de vida. O objetivo desse projeto é proporcionar moradia, trabalho e momentos de lazer, longe de congestionamentos e deslocamentos típicos das cidades e regiões metropolitanas.

O Parque Eco Tecnológico Damha São Carlos veio criar, ampliar e aprimorar oportunidades de investimento e negócios envolvendo novas tecnologias, estimulando a sinergia entre universidades, institutos de pesquisa e empresas no município, já reconhecido internacionalmente como pólo de ciência, tecnologia e inovação.

O empreendimento faz parte do Sistema Paulista de Parques Tecnológicos, programa lançado pela Secretaria de Desenvolvimento do Governo do Estado de São Paulo e viabilizado por meio de parcerias público-privadas e recursos de órgãos e agências de fomento do Governo Estadual, Federal, da Prefeitura de São Carlos e de diversas Universidades e Institutos de Pesquisa.

A estrutura do Parque Eco Tecnológico Damha São Carlos prevê a implantação de um Núcleo de Inovação, com uma Incubadora de Empresas e um Centro de Serviços, sob a gestão do Instituto Inova, com laboratórios, escritórios de administração, consultoria e comunicação. Em torno desse núcleo serão desenvolvidas ações e atividades que visam a criação e o fortalecimento de empresas de base tecnológica.

Sua localização é também estratégica, em entroncamento rodoviário às margens da Rodovia Tales de Lorena Peixoto Filho - SP-318. O local fica próximo ao campus da UFSCar, da unidade da Embrapa Agropecuária Sudeste, de um centro tecnológico da TAM e da fábrica Tecumseh. Fica, também, a 5 minutos do centro da cidade de São Carlos, dos campi da USP - São Carlos, da unidade da Embrapa Instrumentação, do campus da Unicep e do campus da Fadisc. Próximo ao Parque também ficam os campi da Unesp de Araraquara e de Rio Claro. Além disso, o Parque está localizado a 100 km de Ribeirão Preto, 120 km de Campinas e 240 km de São Paulo.

O envolvimento direto de grupos de pesquisa da USP, da UFSCar, da Unesp e da Embrapa em torno do projeto é outro diferencial do Parque Eco Tecnológico de São Carlos, que conta também com apoio do Sebrae, da Ciesp/Fiesp, do Senac e Senai, entre vários outros parceiros.

As atividades do Parque são também apoiadas por programas diversos ligados ao Governo Federal, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia, Estadual, por meio da Secretaria de Desenvolvimento, e Municipal, por meio da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Sustentável, Ciência e Tecnologia da Prefeitura de São Carlos.

## Objetivos

- Atrair empreendimentos inovadores.
- Apoiar áreas estratégicas de desenvolvimento e sua transformação em negócios, riqueza, salários e impostos.
- Aproximar empresas, centros de pesquisas e universidade.
- Ambiente de inovação com geração de conhecimento.
- Integrar áreas de tecnológicas, empresariais, residenciais, esportivas e ecológicas.
- Fortalecimento das empresas já existentes.
- Qualidade de vida com trabalho, educação, lazer, cultura, esporte e desenvolvimento com sustentabilidade.

## - TAM MRO - CENTRO TÉCNICO DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES

O TAM, Taxi Aéreo Marília, é uma empresa de grande expressão no Brasil, no setor de transporte aéreo de passageiros e cargas. O TAM MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) da TAM, foi fundado há dez anos e está certificado pelas mais importantes autoridades aeronáuticas do mundo. Com mais de 1.200 funcionários diretos, é responsável pela manutenção de componentes aeronáuticos da frota da TAM e pela prestação de serviços em aeronaves de clientes do Brasil e do exterior. Além do atendimento em unidades de manutenção de linha distribuídas em diversos aeroportos, conta com Centro Tecnológico próprio instalado em São Carlos, onde repara aeronaves e executa os checks C e D, os mais completos na área de manutenção preventiva, além de outros serviços como revisão de trens de pouso, aviônicos e equipamentos hidráulicos.

O setor de reparos e manutenção preventiva de aeronaves movimentava quase US\$ 2 bilhões por ano na América Latina. Diante da perspectiva de crescimento do setor, a unidade mantém estratégias para ampliar constantemente sua capacidade produtiva. Destaque para a construção de novos hangares de alta produtividade e de novas oficinas em São Carlos. Recentemente, o TAM MRO inaugurou um novo hangar de 2.450 metros quadrados, com capacidade para atender uma aeronave narrow body (avião para voos domésticos, com corredor único). Desde

a sua inauguração, há 10 anos, a unidade de negócios já recebeu mais de R\$ 200 milhões em investimentos.

Outras iniciativas também foram lançadas para assegurar mão de obra qualificada para a prestação de serviços de manutenção, por meio da execução em São Carlos do Curso Técnico de Manutenção de Aeronaves. Gratuito, ele admite dezenas. O TAM MRO oferece o material para as aulas práticas e abre vagas de estágio para os participantes, com prioridade para contratação.

## **Museus da Cidade de São Carlos**

- **Museu de Aviões da TAM**

Nossa história é escrita diariamente: cada voo, cada destino, cada passageiro é uma página. E para contar a história da aviação foi criado o Museu de Aviões da TAM que, com mais de 20.000 m<sup>2</sup> de área, tem a chancela de ser o maior museu de aviação do mundo mantido por uma companhia aérea privada. O museu TAM foi criado da restauração de um antigo monomotor Cessna dos irmãos Amaro, o qual os inspirou na realização do sonho de preservar a memória da aviação e de homenagear um homem que há mais de 100 anos sonhou que podia voar. Seu trabalho árduo e persistente o levou a concretização do que é hoje um dos transportes mais modernos do mundo. Hoje o museu da TAM com mais de 90 aeronaves entre pioneiros, clássicos, jatos e caças, a maioria em plenas condições de vôo, além de simuladores, túnel multimídia, Espaço TAM Kids, Espaço propulsão, Torre de Controle, Espaço Moda e uma ala dedicada exclusivamente a trajetória evolutiva da própria TAM. Visitar o museu é entrar em um túnel do tempo com destino a uma experiência única ao passado na qual a empresa faz questão de guiá-lo.

- **Museu da Ciência Prof. Mário Tolentino**

O Museu da Ciência de São Carlos Prof. Mario Tolentino foi concebido para ser um espaço de educação e de convivência com temas de ciências, tecnologia e arte. Um espaço interativo, que tem o objetivo de desmistificar e tornar agradável a aprendizagem e o ensino de

Ciências, um espaço criado para a cidade de São Carlos, para seus moradores e visitantes.

O Museu da Ciência Prof. Mário Tolentino está situado na Praça Cel. Sales, no centro de São Carlos. Foi montado pela Prefeitura de São Carlos, com recursos federais e municipais.

O Museu conta com um Comitê Gestor, formado por representantes das universidades, de institutos de pesquisa, do poder público e de pesquisadores da cidade. O Comitê Gestor será o responsável por direcionar as atividades do Museu, orientar a expansão de seu acervo e buscar novas parcerias.

O Museu de Ciências nasce com 129 experimentos de física, divididos em ótica, espelhos, fluídos, mecânica, som, geração de energia, eletromagnetismo e deverá expandir seu acervo para outras áreas da ciência. Foi montado em um espaço amplo, que permite a interatividade dos visitantes com o acervo. Conta também com um auditório de 56 lugares, para a realização de seminários, palestras e atividades culturais, uma sala de aula para ser utilizada pelo professor visitante e uma área para exposições, que trará sempre novidades para o público.

- **Museu Itinerante e Museu Virtual de Ciência e Inovação do CePOF/INOF, na Universidade de São Paulo**

Os museus de Ciências têm um papel importante nesta área, visto que partilham o objetivo comum de despertar o interesse e a curiosidade do público para os diferentes temas da ciência e da tecnologia.

Enquanto a maioria das exposições fixas de ciências concentra-se nos grandes centros do Estado de São Paulo, enfrentamos o grande desafio de disponibilizar para os alunos que vivem nas cidades pequenas e vilarejos, a emoção da ciência. Para suprir tal necessidade, o Núcleo de Difusão Científica do CEPOF/INOF criou um Museu Itinerante de Ciências para que os estudantes, principalmente das escolas públicas, pudessem ter acesso às diversas novidades na área de ciência e tecnologia. O museu combina inúmeros recursos virtuais a peças interativas, a fim de divulgar ciência por meio das seguintes atividades: (a) exibição do conteúdo de importantes museus de todo o

mundo através de filmes, imagens e vitrines em miniaturas. (b) peças interativas desmontáveis (c) materiais acessíveis para Internet, que permite que as pessoas que visitam a exposição encontrem imagens e explicações a qualquer momento. (d) exposições e exposições periódicas abertas em shopping centers, edifícios públicos e outros locais onde milhares de pessoas entram em contato com temas da ciência, em sua vida diária.

- **Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC)**

O Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) pertence à Universidade de São Paulo e vincula-se à Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária, ao Instituto de Física de São Carlos e ao Instituto de Química de São Carlos.

Seu objetivo principal é estabelecer um vínculo duradouro entre a Universidade e a Comunidade, facilitando o acesso da população aos meios e aos resultados da produção científica e cultural da Universidade. Para atingir plenamente seus objetivos, promove e orienta atividades que visam despertar nos cidadãos, em especial nos jovens, o interesse pela ciência e pela cultura, além de colaborar na formação dos estudantes de Licenciatura em Ciências Exatas, do Campus da USP de São Carlos, repassando a eles a experiência que surge da execução de projetos.

No CDCC, estudantes de graduação da USP de São Carlos têm a oportunidade de vivenciar o sistema educacional público através de atividades de monitoria. Aos professores do ensino fundamental e médio, o CDCC oferece cursos e orientação específica nas áreas de química, física, matemática, biologia, educação ambiental e astronomia, o que possibilita a atualização de seus conhecimentos e torna disponíveis materiais instrucionais, equipamentos e a capacidade científica e tecnológica da Universidade de São Paulo. Pretende-se, assim, que os professores tenham oportunidade de realizar pesquisas para o desenvolvimento e aplicação de métodos alternativos de ensino.

Localizado no centro da cidade de São Carlos, em São Paulo, o CDCC encontra-se instalado em um prédio histórico, construído em 1908 pela Società Dante Alighieri, e adquirido em 1985 pela Universidade de São Paulo com recursos da própria universidade, da

CAPES, do CNPq, da FINEP e da Secretaria de Educação de São Paulo com a finalidade específica de sediar um Centro de Ciência. Integra ainda o CDCC, um Observatório Astronômico, o Centro de Divulgação da Astronomia, (CDA), cujo prédio está instalado no Campus I da USP.

O CDCC é aberto à visitação pública individual ou de grupos. Entre as atrações, encontram-se os museus de Ecologia e de Física, o Laboratório de Química, a Biblioteca e a Mulher de Vidro - um modelo animado em que são apresentados os sistemas e órgãos do corpo humano.

Entre leigos interessados, estudantes e professores, o público atendido nas diversas atividades do CDCC é estimado em 75 mil pessoas por ano.

## Referências

- [1] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Denomina%C3%A7%C3%B5es\\_de\\_S%C3%A3o\\_Carlos\\_\(S%C3%A3o\\_Paulo\)#Piccola\\_Italia](http://pt.wikipedia.org/wiki/Denomina%C3%A7%C3%B5es_de_S%C3%A3o_Carlos_(S%C3%A3o_Paulo)#Piccola_Italia)
  - [2] <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/conheca-sao-carlos/115268-a-cidade-de-sao-carlos.html> (site oficial da Prefeitura de São Carlos)
  - [3] <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/historia-da-cidade/115269-historia-de-sao-carlos.html> (site oficial da Prefeitura de São Carlos)
  - [4] [http://www.ambbrasil.esteri.it/Ambasciata\\_Brasilia/Menu/I\\_rapporti\\_bilaterali/Cooperazione\\_politica/Storia/](http://www.ambbrasil.esteri.it/Ambasciata_Brasilia/Menu/I_rapporti_bilaterali/Cooperazione_politica/Storia/)
  - [5] <http://www.italplanet.it/interna.asp?sez=143&info=2344&ln=0>
  - [6] <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>
  - [7] <http://www.planejamento.sp.gov.br/busca.php>
  - [8] <http://www.fiesp.com.br/fiesp/interior-acao-regional.aspx>
  - [9] [http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o\\_Carlos\\_\(S%C3%A3o\\_Paulo\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Carlos_(S%C3%A3o_Paulo))
- Alvim, Zuleika M. F. Brava Gente! Os Italianos em São Paulo (1870-1920). São Paulo. Editora Brasiliense, 1986.
- Andrews, George Reid. Negros e Brancos em São Paulo (1888-1988). Trad. Magda Lopes, Revisão Téc. e Apresentação Maria Ligia Coelho Prado. Bauru, EDUSC, 1998.

## SOBRE A AUTORA

### Wilma R. Barrionuevo



Fez 3 pós-doutorados na Universidade de São Paulo - USP, nas áreas de Engenharia, de Química e de Física, além de especialização em Gerenciamento de Projetos de Inovação Empresarial. Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina, mestrado em Ecologia e Recursos Naturais, pela Universidade Federal de São Carlos e doutorado em Ciências, pela UFSCar. Fez doutorado-sanduiche na Universidade de

Nevada, nos Estados Unidos. Atualmente desenvolve as seguintes atividades junto ao Grupo de Óptica IFSC-USP: (1) Produz e gerencia projetos de Inovação Empresarial; (2) é coordenadora da Olimpíada Brasileira de Física em Escolas Públicas no Estado de São Paulo; (3) coordena as atividades paralelas da Olimpíada Brasileira de Física em todo Brasil; (4) é responsável pela produção e direção de programas televisivos voltados a ciências e a Inovação Tecnológica empresarial; (5) coordena o Museu Itinerante e o Museu Virtual da USP pelo projeto "A USP vai a sua Escola".





## Inovações Tecnológicas produzidas pelo LIEC/CMDMC

Elson Longo

O atual contexto mercadológico tem exigido do setor produtivo incrementos cada vez maiores de produtividade e melhoria da qualidade sem, no entanto, comprometer os custos de produção. Esses dois requisitos essenciais à sobrevivência no mercado globalizado só são alcançados com um crescente investimento em pesquisa e tecnologia.

No entanto, apesar de se constituir na garantia de sobrevivência do empreendimento, manter uma infra-estrutura adequada e pessoal capacitado para o desenvolvimento de pesquisas e novas tecnologias é bastante oneroso e aumenta significativamente os custos para a produção.

Em algumas áreas esse investimento não permite que pequenas e médias empresas tenham acesso às ferramentas necessárias e acabam se tornando obsoletas e migrando para a elaboração de produtos de baixo conteúdo tecnológico e, conseqüentemente, baixo valor agregado.

Neste sentido, o CMDMC, financiado pela FAPESP/CNPq/FINEP, a fim de contornar essas dificuldades, coloca à disposição da iniciativa privada uma ampla infra-estrutura laboratorial e corpo técnico-científico altamente capacitado para o desenvolvimento de processos e produtos de alto grau tecnológico, bem como metodologias e técnicas para controle de qualidade.

A divisão de Inovação Tecnológica conta ainda com o apoio do conhecimento gerado nas demais áreas do CMDMC, como a de Pesquisa, que, de forma direta ou indireta, contribui para a resolução de problemas tecnológicos e a participação ativa da Universidade Federal de São Carlos / UFSCar e Universidade Estadual Paulista / UNESP.

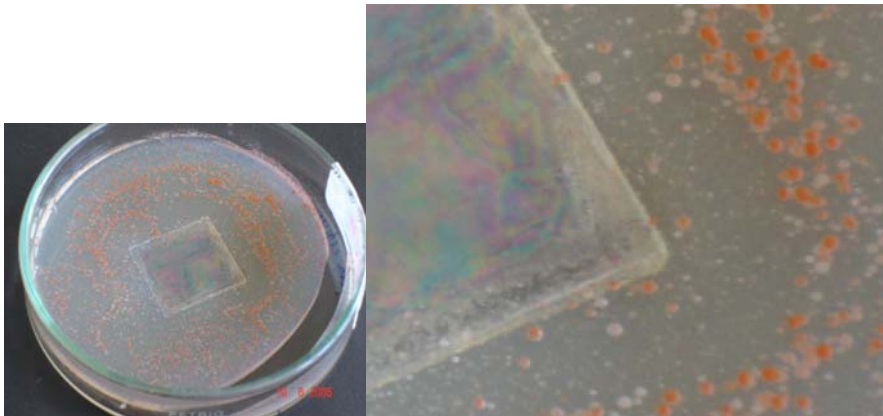
Para garantir a funcionalidade, rapidez no desenvolvimento, diminuição dos custos e otimização dos projetos, os parceiros empresariais estarão associados à Universidade procurando assim, formar uma cadeia produtiva, em que os pesquisadores interagem com os produtores das matérias primas, e os empresários que as processam, obtendo o produto, e este último por sua vez com o consumidor final.

O CMDMC visa com essa iniciativa garantir a melhor relação entre o custo/benefício do produto ou processo desenvolvido.

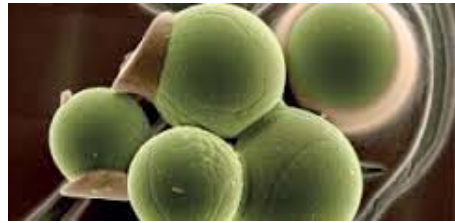
Além do desenvolvimento de processos, produtos e solução de problemas, a divisão é ainda responsável pela formação e capacitação de Recursos Humanos para o setor produtivo. Com o conhecimento gerado nas demais áreas do centro, existe a facilidade de atualização e especialização de profissionais ligados as áreas de conhecimento abordadas pelo mesmo. Resumidamente, podemos mostrar de forma sucinta as atividades desenvolvidas pelo Centro nos últimos 25 anos, havendo a participação das atividades de Inovação Tecnológica são Coordenadas pelo Professor José Arana Varela, Edson Roberto Leite, Carlos Alberto Paskocimas, Fernando Vernilli Jr. e uma equipe de mais de 60 estudantes de doutorado, mestrado e iniciação científica. Deve-se ressaltar também o trabalho desenvolvido na CSN com a ativa participação do Sidiney Nascimento Silva e Oscar Rosa Marques, e pela White Martins William Kobayashi, Abilio Tasca e Tulio Mendonça.

#### - Empresas start-up criadas a partir do centro

*Nanox Intelligent Materials, 6 funcionários, 1 milhão / ano*



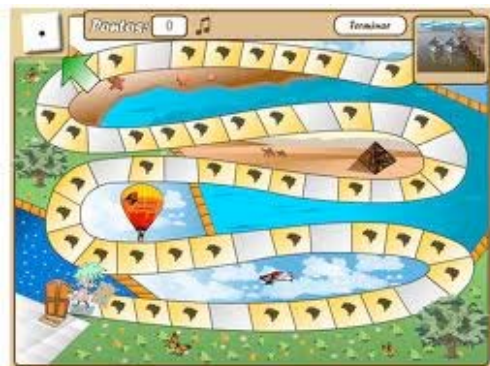
Placa de vidro com Nanox Clean em meio de cultura microbiana (*Serratia marcescens*), sua superfície sem a presença de colônias da bactérias, em testes realizados em laboratórios terceirizados.



As vendas da Nanox seguiram para o México e Estados Unidos como matéria-prima para ser incorporada a vários tipos de peças plásticas e metálicas da linha *premium* das geladeiras das marcas General Electric (GE) e Mabe, como dispensadores e água, gavetas e prateleiras que evitam a contaminação cruzada entre alimentos, formação de mau cheiro e bolores. A tecnologia da NANOX age contra vários microrganismos como bactérias e fungos. Os produtos da Nanox ainda estão nos bebedouros de aço inoxidável e plástico da empresa IBBL, de Itu, como bactericida, e também nos secadores de cabelo e em chapas de alisamento da Taiff, empresa instalada em São Paulo.

- ***Aptor Software, 10 funcionários, 400 mil / ano***

A Aptor é especializada na organização de congressos científicos nacionais e internacionais. Esta empresa surgiu da necessidade do Centro de organizar reuniões e congressos. As principais entidades científicas, utilizam seus serviços para divulgação de suas pesquisas. Por outro lado, está desenvolvendo jogos on-line, com base no conteúdo de quatro disciplinas do ensino médio – química, física, matemática e biologia.

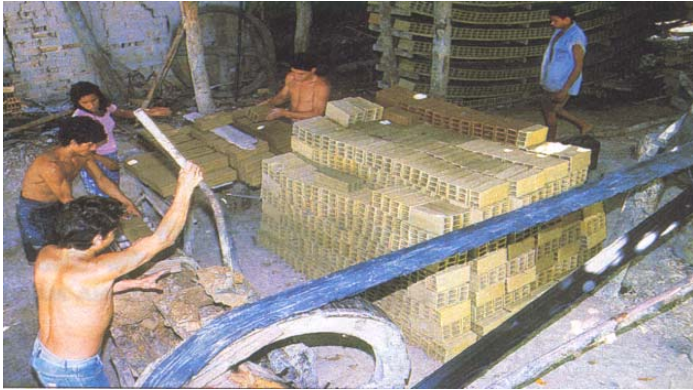


- *KosmoScience Ciência e Tecnologia Cosmética*, 32 funcionários, 5,8 milhões / ano



A empresa KosmoScience trabalha com foco na nanotecnologia para desenvolver metodologias para avaliação de produtos cosméticos. Entre os serviços prestados pela empresa está a análise da carbocisteína, um aminoácido utilizado tradicionalmente em aplicações farmacêuticas que entrou no mercado cosmético em substituição ao formol – banido devido ao seu potencial cancerígeno – para alisamento de cabelos, processo conhecido como escova progressiva. Antes de qualquer lançamento cosmético, as empresas precisam comprovar todos os benefícios listados nos rótulos dos produtos para que eles sejam aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Nos Estados Unidos, na Europa e no Japão. Além da prestação de serviços a KosmoScience desenvolve com a universidade estudos básicos. Entre eles, podemos ressaltar o estudo em fibras de cabelo humano, utilizando microscopia de força atômica. Com essa técnica é possível selecionar componentes químicos, como silicões, polímeros e proteínas, mais eficazes para tratamento de cabelos. A KosmoScience é um laboratório de referência tendo como clientes a Natura, L'Oréal, Hipermarcas, Unilever, O Boticário, Belcorp do Brasil, entre outros.

- Empresas apoiadas pelo centro e efeitos deste apoio em termos econômicos ou sociais (empregos, desenvolvimento regional)





### ***-Polo Cerâmico de Santa Gertrudes***

O crescimento brasileiro acentuou-se nesta década quando o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes recebeu apoio da FAPESP desenvolvendo um projeto com Consórcios Setoriais para Inovação Tecnológica (Consitec), juntamente com pesquisadores do Centro Cerâmico do Brasil (CCB), coordenado pelo Dr. José A. Paschoal, além de pesquisadores do CMDMC. No início, São Paulo produzia 190 milhões de metros quadrados de revestimento e hoje, produz 606 milhões de metros quadrados, faturando 3,78 bilhões de reais e gerando 25 mil postos de trabalho direto e 200 mil indiretos. O projeto foi articulado com 20 fábricas paulistas e contemplou sete linhas de pesquisa, desde inovações na área de ensaios para avaliação de produtos a estudos em tecnologia de assentamento de placas cerâmicas. Três linhas tiveram como foco o porcelanato, um tipo de placa cerâmica sofisticada com alto valor agregado e requisitos técnicos diferenciados, como menor absorção de água, maior resistência mecânica e *design* mais elaborado.

### ***-Polo Cerâmico de Porto Ferreira***

O Polo Cerâmico de Porto Ferreira, investiu na inovação tecnológica para garantir a sobrevivência de suas 108 empresas. No projeto com o CMDMC, melhorou-se a baixa qualidade da matéria-prima, o alto custo de produção e o *design* pouco inovador das empresas, que

comprometiam o desempenho da indústria local, levando à falência centenas de empreendimentos. O Polo produz, atualmente, uma média mensal de 3 milhões de peças, faturando R\$ 50 milhões por ano e gerando 4 mil empregos diretos – 45% da mão-de-obra da indústria local. Além disso, o projeto com o Centro financiado pela FAPESP, mudou drasticamente a queima da cerâmica artística, de fornos elétricos para fornos à gás, justamente no período de escassez de energia elétrica, viabilizando todo o Polo Cerâmico.

#### *- Polo Cerâmico de Pedreira*

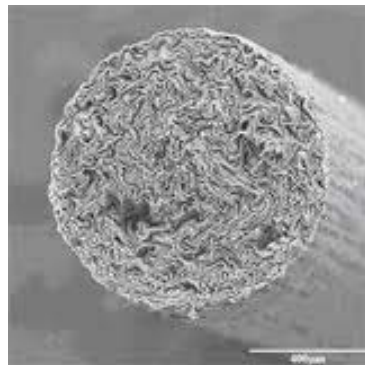
Um projeto do CMDMC com parceria com 29 empresas do município de Pedreira, beneficiando 1260 empregos direto e 8 mil indiretos, com um faturamento de 256 milhões de reais / ano. Este projeto foi executado para produzir peças de melhor qualidade, baseadas no conhecimento acadêmico, com o mínimo de perdas no processo produtivo. Foi realizado um trabalho de acompanhamento e controle da massa e do esmalte melhorou muito a qualidade do produto e, com isso, conseguiu ser mais competitivo, principalmente, com produtos chineses.

#### *- Angelus*

O CMDMC desenvolveu com a Angelus pinos com 80% de fibra de vidro e 20% de resina epóxi, dopada com nanopartículas de molibdato de cálcio. Os pinos de fibra de vidro são translúcidos, possibilitando a passagem de luz incidente. Esta luz funciona como laser e permite a polimerização do polímero cerâmico utilizado na obturação do dente. O processo de endurecimento é mais rápido porque, diferentemente do que ocorre com pinos opacos, a luz vai até regiões mais fundas do dente, às quais não chegaria sem este canal de transmissão. Além dos pinos fotoluminescentes, que geraram uma patente, que rendeu outro produto inovador, a embalagem inteligente. Esta embalagem têm nanopartículas de molibdato de cálcio, dopado com prata, tornando-a bactericida, 1 milhão de reais / ano.



## *Faber Castell*



O CMDMC, juntamente com a Faber Castell, resolveu o problema na produção de lápis grafite, a empresa é líder nacional, com cerca de 2,5 milhões de grosas (unidade de medida que equivale a 12 dúzias) anuais, além de ser a única fabricante de minas para lapiseira do grupo em todo o mundo. Com as pesquisas obteve-se um grafite mais resistente, sem alteração da deposição, que é a intensidade da marca do grafite sobre o papel, e da maciez do produto. As melhorias implementadas como resultado de dois anos de pesquisas permitiram que os lápis e o grafite para lapiseiras, chamado de minas, alcançassem o nível de qualidade internacional, sem alteração do preço para o consumidor. O desenvolvimento do novo composto no CMDMC levou o produto a um custo 600 vezes inferior ao material japonês, sem apresentar dificuldades de estocagem e de manuseio, além de ter a vantagem de não conter solventes tóxicos em sua composição,.

## *-White Martins Gases Industriais*



Com a White Martins, o CMDMC desenvolveu tecnologia inédita para evitar o "coração negro" das cerâmicas, o problema da discrepância de tonalidades que surgia no aquecimento do material. A solução desenvolvida acabou com o problema técnico e estético e, de quebra, acelerou o tempo do processo e aumentou a produção em 30%, significando ganho de mais de US\$ 400 milhões por ano para a empresa. Por outro lado, foram desenvolvidos Refratários de Sílica Resistentes a corrosão para fornos a 100% "Oxi-Fuel, resultando numa economia para a indústria de vidros em torno de 32 milhões.

### **- Desenvolvimento com a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)**

A parceria entre o LIEC e a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) iniciou em 1989 mediante o estudo da falha dos queimadores cerâmicos dos regeneradores do Alto Forno #3 da CSN. Inicialmente a CSN contratou os serviços de consultoria técnica internacional que levaram ao resultado de que a falha de tais queimadores era oriunda de Dano por Choque Térmico, levando como parecer técnico a alternativa de reparo geral dos Regeneradores do Alto Forno#3 refletindo na perda de 70% da produção da CSN. Avaliações feitas pela equipe do LIEC levaram a conclusão que a falha dos queimadores era oriunda de um processo de corrosão, permitindo a CSN eliminar a origem de tal processo, resultando no prolongamento da campanha dos regeneradores de 1989 – 1995. A partir disto vários projetos de cooperação técnico-econômica foram realizados resultando em 34 Projetos Implantados, 11 em Implantação e 4 em Desenvolvimento, totalizando 49 projetos.

Ao longo dos 23 anos de parceria (1989 – 2013) entre o LIEC/CMDMC e a CSN, obteve-se como resultado econômico a cifra de US\$ 121 Milhões oriunda dos 42 Projetos Implantados, conforme detalhado a seguir:

#### **1) Efeito da dessulfuração com borra de alumínio em carro torpedo**

Esta pesquisa melhorou e aumentou a competitividade da CSN. Para atender a demanda do mercado de aço com teores de enxofre cada vez menores, pesquisadores do Centro Multidisciplinar de

Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) desenvolveram um novo método de dessulfuração de gusa em parceria com Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), obtendo resultados que aumentam a competitividade da indústria nacional. Normalmente, o aço é fabricado a partir de carbono e óxido de ferro, no alto forno. Nesta fase se produz o chamado ferro gusa, que contém um excesso de carbono e impurezas como silício, fósforo e enxofre (que facilitam a oxidação). Retirado o excesso de carbono, silício e fósforo, por intermédio de processos relativamente fáceis, resta a retirada do enxofre (dessulfuração), que é mais complicada.

Os processos atuais usam óxido de cálcio e carbonato de cálcio que reagem com o enxofre, formando sulfeto de cálcio. Como a retirada do enxofre não é muito eficiente, o aço chega a um padrão de qualidade 4 ou 5, numa escala de um a dez. Acrescentamos carbeto de cálcio (conhecido como carbureto) e borra de alumínio (alumínio metálico), um resíduo da fabricação de alumínio, tóxico para as plantas. O alumínio eleva a temperatura do banho e melhora a dessulfuração, convertendo-se, ainda, de alumínio metálico em óxido de alumínio, que deixa de ser tóxico". Em seguida, é adicionada uma liga de magnésio e alumínio, ambos metálicos, e o resultado é um aço que chega a 10, na escala de qualidade.

As injeções dos elementos dessulfurizadores são feitas no carro torpedo que faz o transporte do ferro gusa do alto forno para o conversor - de modo que não foi necessário fazer grande reformas na siderúrgica. O custo deste aço nobre, mesmo assim, é mais alto, porém a equipe também pensou num sistema de silos, que permite fabricar aço "a la carte", com o padrão de qualidade (e preço) definido pelos compradores.

## **Resultados e Impactos Econômicos, Ambientais e Sociais do Projeto Desenvolvido**

### **2-Efeito da dessulfuração com borra de alumínio em carro torpedo**

Este projeto resultou em uma economia de US\$ 4,7 milhões por ano, segundo monetização da CSN. Pesquisa aumenta qualidade do aço e

reduz resíduos. Novo processo de dessulfuração do ferro gusa e adaptações em equipamentos da linha de montagem melhoram significativamente a qualidade do aço. O sistema é resultado de pesquisas do Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica da Universidade Federal de São Carlos e, além de reduzir o consumo de energia, utiliza resíduos da fabricação de alumínio, transformando rejeitos tóxicos em inertes.

A Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de novas tecnologias para a redução dos teores de enxofre na produção de gusa, implantada industrialmente na CSN, proporcionou uma flexibilização do processo industrial a partir da injeção de três diferentes agentes dessulfurantes, os quais permitem a remoção gradual de enxofre sem a necessidade de mudança no sistema de produção.

Os agentes dessulfurantes (carbeto de cálcio, alumínio-magnésio e borra de alumínio) são injetados durante o transporte de gusa nos carros torpedos, entre os altos fornos e o conversor, sem que haja necessidade de mudança no sistema de dessulfuração, como ocorre atualmente.

O novo processo foi desenvolvido ao longo de dois anos pelos pesquisadores da UFSCar e agregou valor e melhorou a qualidade do aço, com redução do custo operacional e aumento da produtividade, colocando a indústria siderúrgica brasileira numa nova posição no mercado internacional, abrindo a possibilidade de exportação dessa tecnologia. O projeto de pesquisa foi resultado da tese de doutorado de Sérgio Murilo Justos, sob orientação dos pesquisadores Sidney Nascimento Silva, da CSN, e Elson Longo, Edson Roberto Leite e Carlos Alberto Paskocimas. Além de todas as vantagens, a nova metodologia tem um aspecto ambiental importante, o que contribui para a solidificação da indústria com o ISO 14.000. Este projeto integrado entre universidade e empresa, além das vantagens econômicas e melhoria da qualidade do aço, permite o aproveitamento dos rejeitos das fábricas de alumínio (prejudiciais ao solo) com sua transformação em agente dessulfurante.

O aumento da demanda por aço com menor concentração de enxofre é uma tendência mundial, pois oferece maior durabilidade. E a implantação desse novo processo, o qual flexibiliza a produção de aço

com diferentes concentrações de enxofre, coloca a CSN numa posição tecnológica privilegiada no mercado internacional

### **3- Desenvolvimento de agregados para lastros ferroviário e pavimento rodoviário**

O projeto desenvolvido pela equipe do CMDMC/UFSCar em parceria com a equipe da CSN visa agregar valor e incrementar a comercialização de um sub produto das Aciarias LD, erroneamente chamados de "escória de aciaria",isto é, desenvolveram novas aplicações para este co-produto como sucedâneo da brita em obras de pavimentação rodoviária e lastro ferroviário.

Métodos e técnicas laboratoriais foram desenvolvidos para certificação da qualidade desse produto e atender às especificações normalizadas pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER (pavimento rodoviário) e Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (lastro ferroviário).

A escória de Aciaria, agora, graças ao projeto é também conhecido como Brita Siderúrgica, que se trata de um co-produto líquido decorrente do processo de fabricação e refino do aço em conversores LD, solidificando-se após resfriamento a temperatura ambiente, consistindo essencialmente de silicatos de cálcio, óxido de ferro e ferrita cálcica.

### **Resultados e Impactos Econômicos, Ambientais e Sociais do Projeto Desenvolvido**

Este projeto resultou num retorno de US\$ 1,8 milhões por ano.

Esse produto apresenta uma elevada resistência ao desgaste, aliada a uma textura rugosa e morfologia cúbica. É caracterizada por uma elevada densidade, baixa absorção de água e coloração predominante cinza claro.

Para cada tonelada de aço produzida nos conversores LD, são gerados cerca de 140 a 150kg de escória. Considerando a produção anual de aço líquido da CSN de 5,5 milhões t/ano , são gerados cerca de 550.000 t/ano de escória de Aciaria.

Tendo em vista esse elevado volume de escória gerado anualmente, surge a necessidade de se desenvolver estas novas aplicações,

preferencialmente com alto potencial de vendas, alcançando assim a minimização do impacto ambiental oriundo do depósito destes subprodutos em aterros.

Os métodos e técnicas desenvolvidos e aplicados ao projeto verificaram a adequação da brita siderúrgica as aplicações de lastro ferroviário e obras de pavimentação ferroviária. As metodologias de caracterização permitem ainda incrementar a sua comercialização e a agregar futuramente mais valor a esse co-produto.

**4- Avaliação dos benefícios ambientais e econômicos resultantes do beneficiamento da sucata refratária gerada na UPV-CSN (2010 – 2012).** Realizado utilizando tecnologias limpas, incluindo pesquisa, transferência e aplicação de alternativas tecnológicas associadas a reinserção de resíduos (sucata refratária e carga metálica) na cadeia produtiva. A implantação de medidas adequadas de controle ambiental para tratamento e disposição final segura dos resíduos remanescentes depende do desenvolvimento de novas tecnologias que atendam os requisitos do estudo de viabilidade técnica e econômica.

**5- Estudo para a Formação de Carepa no LTQ (2010 – 2012).** Caracterização e estudo da formação da carepa no processo de laminação a quente - Laminador de Tiras a Quente, e a sua posterior remoção no processo de decapagem (Linhas de Decapagem Contínua), visando à melhoria da produtividade destes equipamentos.

**6- Estudo Post Mortem do Revestimento Refratário do Alto Forno #2 da CSN.**

(2009 – 2010) . O estudo “post mortem” do revestimento refratário do cadinho do Alto Forno # 2 revelou que os blocos de carbono da região oposta aos furos de gusa, ainda preservam as suas características físico-químicas originais, sinalizando que não será necessário um reparo geral no Alto Forno e sim um novo reparo parcial em meados de 2013, ou seja, reduzindo significativamente os investimentos necessários, os quais podem atingir dezenas de milhões de dólares.



### **7- Determinação dos mecanismos de desgastes nas placas de aço da Aciaria da CSN**

(2009 – 2011). É de grande importância conhecer os materiais que compõem, pois esta transporta 230 toneladas de aço líquido com temperaturas superiores a 1650°C, tornando-se necessária a utilização de componentes refratários com elevados níveis de qualidade a fim de garantir a segurança operacional e também a fim de manter as propriedades do aço líquido, impedindo que esse material refratário altere as propriedades do aço durante o seu tempo de permanência na panela.

### **8-Avaliação da resistência ao desgaste de refratários a base de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{C}/\text{SiC}/\text{MgAl}_2\text{O}_4$ impregnados com soluções precursoras de $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ e de $\text{Al}_2\text{O}_3$ (2008 – 2011).**

O aumento da resistência ao desgaste de refratários a base de  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{C}/\text{SiC}/\text{MgAl}_2\text{O}_4$  pela incorporação de céria na porosidade aberta já é conhecido. Viabilizando aumento na campanha dos carros-torpedo de indústrias siderúrgicas, aumentando consequentemente o escoamento da produção crescente dos altos-fornos. O uso de soluções precursoras

de espinélio ( $MgAl_2O_4$ ) e de  $Al_2O_3$  busca uma diminuição no alto custo de produção de refratários contendo óxido de cério, mantendo, entretanto, o efeito benéfico do aumento da resistência ao desgaste.

#### **9- Pelotas ligadas a frio utilizando resíduos siderúrgicos (2008 – 2010)**

Dentre os insumos a serem considerados neste estudo, os resíduos siderúrgicos merecem atenção especial em função da sua elevada concentração de ferro e partículas finas. De acordo com esse enfoque, o presente projeto visa a reciclar os resíduos siderúrgicos gerados na UPV, ricos em ferro e carbono, na produção de pelotas ligadas a frio.

#### **10-Desenvolvimento de Concreto de Alta Resistência Mecânica (2006 – 2009)**

Desenvolvimento de concreto refratário de alta resistência mecânica, similar ao concreto Fondu Laffarge. Produto alternativo ao concreto refratário de Fondu Laffarge, de elevado custo.

#### **11-Reforma geral do regenerador #1 do Alto Forno #2 da CSN\*( 2006 – 2007)**

Realizar estudos comparativos entre os materiais refratários disponíveis no mercado a fim de subsidiar a especificação do revestimento refratário para a reforma geral do regenerador #1 do AF#2 da CSN.

**12- Selecionar concretos refratários para aplicação de “shotcrete” aos Canais de Corrida e Carros Torpedo (2006 – 2007)** Comparar o desempenho de concretos refratários aplicados por “shotcrete” e os materiais refratários utilizados correntemente no revestimento dos Canais de Corrida e Carros Torpedo da CSN visando ao desenvolvimento de novas estratégias de manutenção

#### **13- Implantação de termografia "on line" na frota de carros torpedo da CSN.**

(2005 – 2006) Teve como finalidade principal permitir a avaliação, em tempo real, do perfil térmico do revestimento refratário da frota de Carros Torpedo da CSN, a partir dos microcomputadores da rede



corporativa, e garantir a segurança operacional dos processos de metalurgia de redução (Altos Fornos) e do aço (Aciaria). As consequências de eventuais vazamentos em Carros Torpedos podem ser catastróficas. Em adição, o sistema implantado, inédito na siderurgia nacional, é uma excelente ferramenta visando a subsidiar o balanceamento (otimização) do projeto de revestimento refratário dos Carros. O projeto foi implantado a partir de Setembro de 2005 permitindo alavancar os principais indicadores de desempenho operacional e de manutenção refratária do sistema Carro Torpedo.

#### **14- Estudo post mortem do revestimento refratário do forno de cal #1 da CSN.**

(2005 - 2006) Determinar o perfil de desgaste do Forno de Cal #1 da CSN e estabelecer os mecanismo de desgaste que ocorrem durante a operação a fim de subsidiar o desenvolvimento de materiais de melhor desempenho.

#### **15- Caracterização físico química da lama de retífica da CSN (2005 – 2006)**

O processo de retifica de cilindros de laminação da CSN gera uma lama, sendo que este resíduo não é reaproveitado no processo pirometalúrgico. O projeto teve como objetivo caracterizar a lama de retifica a fim de determinar potenciais aplicações de reaproveitamento deste resíduo no próprio processo pirometalúrgico.

#### **16- Materiais Nanoestruturados para Refratários de Carro Torpedo**

(2004 – 2006) Desenvolver novos métodos de prevenção à corrosão de revestimentos refratários de ASCM mediante impregnação com solução portadora de elementos que promovam incremento das propriedades físicas e químicas do material e formação de camada protetora através de adequação da escória do processo siderúrgico.

**17-Sinter com permeabilidade controlada** (2004 – 2005) Aumentar a permeabilidade do sinter sem degradação das suas propriedades mecânicas com a finalidade de aumentar o rendimento do gás do Alto Forno. Foi utilizada como nucleador de permeabilidade a celulalignina

com tamanho de partícula controlada afim de após queima nuclear microporos aumentando desta forma a permeabilidade do sinter sem alterar as propriedades mecânicas.

**18-Determinação do teor de  $\text{CaC}_2$  em agente dessulfurante (2004 – 2005)** Desenvolvimento de um método que consiste na medição indireta do teor de agente dessulfurante através da tomada de pressão de vapor do acetileno gerado na reação do carbetto de cálcio com a água. Relacionou-se essa pressão com a massa de  $\text{CaC}_2$ , através da equação dos gases perfeitos modificada com um fator de correção. A calibração do método foi feita utilizando-se padrões com teor de  $\text{CaC}_2$  conhecido.

**19-Correlacionar o desempenho da massa de tamponamento com as variáveis operacionais do Alto Forno (2004 – 2005).**

Objetivo identificar, utilizando ferramentas estatísticas, as variáveis operacionais que influenciam diretamente, de forma conjunta ou indiretamente no desempenho da massa de tamponamento visando otimizar o escoamento dos Altos Fornos. Correlacionando os indicadores de desempenho da massa de tamponamento com as variáveis operacionais do Alto Forno. Após analisar os resultados estatísticos, serão levantadas as possíveis hipóteses de correlacionamento entre variáveis operacionais e desempenho da massa, desta forma será possível planejar testes laboratoriais para validação das hipóteses. Revisar especificações técnicas da massa de tamponamento com o corpo técnico dos fornecedores da CSN.

**20- Nacionalização de haste cerâmica para monitoramento do perfil de desgaste do revestimento refratário de Altos Fornos. (2003 – 2004)**

O trabalho teve como principal objetivo desenvolver e nacionalizar a fabricação de hastes cerâmicas para monitoramento do perfil de desgaste do revestimento refratário de Altos Fornos, visando a redução dos custos de manutenção. As hastes cerâmicas importadas foram caracterizadas com relação à composição mineralógica, composição química, distribuição e estrutura de poros, morfologia e tamanho de grãos. A partir destas caracterizações, foi desenvolvido em conjunto com a Saint Gobain Ceramics and Plastics um produto nacional similar.

Posteriormente, as hastes foram calibradas com ultra-som e instaladas no Alto Forno #2 da CSN para a avaliação industrial. As haste cerâmicas desenvolvidas de menor custo apresentaram desempenho satisfatório em termos de confiabilidade no monitoramento do perfil de desgaste do Alto Forno #2.

## SOBRE O AUTOR

### Elson Longo



Assistente Técnico de Gabinete e Professor vinculado a Pós-Graduação do IQ e POSMAT da UNESP. Professor Emérito, Titular e vinculado à pós-graduação do DQ e DEMa UFSCar. Doutor em Físico-Química pelo Instituto de Física da USP- São Carlos, publicou mais de 770 artigos em revistas internacionais e mais de 760 trabalhos em Congresso. Orientou e co-orientou 65 teses e dissertações. Desenvolveu inúmeros projetos com empresas. Recebeu mais de 20 prêmios e menções honrosas. Mantém forte intercâmbio

com instituições nacionais e internacionais de pesquisa na Espanha, França, EUA e Itália. Atualmente é Coordenador do Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia de Materiais em Nanotecnologia (CNPq/Fapesp), Diretor do Centro Multidisciplinar de Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (FAPESP). Ex-Presidente da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais. Membro da World Academy of Ceramics.



# Inovações Científicas e Tecnológicas no *Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica*

Daniel Varela Magalhães  
Cristina Kurachi  
Marcelo Becker  
Vanderlei Salvador Bagnato

## **Introdução**

A óptica é uma área da física que trata de fenômenos relacionados à luz e seus efeitos. Se olharmos apenas para essa definição é difícil imaginar o impacto que essa área tão particular tem causado nos últimos anos. Diversas áreas do conhecimento e de aplicação tem utilizado a luz como instrumento fundamental ou complementar para inúmeras finalidades. Leitores de discos ópticos, telecomunicações de alta velocidade por fibras ópticas, máquinas de corte a laser, iluminação de alta eficiência usando LEDs, descontaminação por UV e técnicas de tratamento médico altamente seletivas são apenas alguns exemplos que já fazem parte do nosso cotidiano. Um exemplo prático, que muitas vezes não é notado, é a utilização de materiais transparentes com maiores índices de refração para a obtenção de lentes mais leves e finas na fabricação de óculos de grau, aumentando significativamente o conforto dos usuários. Também é graças ao conhecimento atual em óptica que possibilita o desenvolvimento de filtros solares mais eficientes e dispomos de métodos para avaliar sua eficácia, por exemplo, com relação ao bloqueio de raios ultravioleta. Os conhecimentos de óptica nos levam a um maior entendimento de composição e reprodução de cores, de modo a sermos capazes de gerar imagens de uma forma nunca antes vista. Tantas novas ferramentas, aliadas a uma forte base de pesquisa, fazem com que haja um constante fluxo de tecnologias e técnicas inovadoras nessa área de conhecimento.

Desde o final da década de 90, os esforços do Grupo de Óptica do Instituto de Física de São Carlos, resultaram na formação de um centro de excelência, dos onze Centros de Pesquisa Inovação e Difusão

apoiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (CePID - FAPESP)\*. Os projetos CePID têm três eixos principais: *Pesquisa básica, Inovação e Difusão*. Sob a rubrica de Pesquisa Básica, o CePOF possuía, desde o início, três temas principais: Física Atômica, Molecular e Óptica (AMO), Materiais Fotônicos (PM), e Biofotônica (Bio). Além disso, o Centro já apoiava 11 parcerias de pesquisa com várias escolas de odontologia, medicina e veterinária, em atividades de investigação e tratamento médico-odontológico, oncologia e pragas em agricultura.

As linhas específicas de investigação em AMO concentram-se principalmente em matéria condensada, colisões atômicas e moleculares frias, e no desenvolvimento do estado-da-arte em tempo e da frequência usando relógios atômicos. O programa de Materiais Fotônicos desenvolve polímeros e outros materiais orgânicos, aplica pulsos de luz ultracurtos para a fabricação e análise, e caracteriza filmes finos optoeletrônicos. A Biofotônica investiga novas ferramentas ópticas não invasivas, objetivando diagnóstico de doenças e alterações metabólicas teciduais, terapias de câncer e doenças infecciosas envolvendo luz (terapia fotodinâmica), foto-diagnóstico precoce de doenças em plantas e em culturas, e questões ambientais, como a degradação de pesticidas e da poluição de águas subterrâneas. Baseado também em sua experiência única em óptica, materiais e desenvolvimento de dispositivos, o CePOF iniciou uma nova linha de pesquisa nas áreas de plasmônica e nanofotônica (Nano). Estas duas novas áreas de pesquisa básica prometem novas descobertas na interação luz-matéria, desenvolvimento de nanodispositivos com aplicações na saúde e engenharias, aplicações de importância econômica para o estado de São Paulo e para o Brasil.

Além das atividades de pesquisa, o CePOF possui diversas atividades relacionadas a Inovação e Difusão. Na primeira, com pesquisas de caráter mais aplicado, visamos o desenvolvimento de novos equipamentos ou novas técnicas, que se valem de conceitos das áreas básicas de pesquisa, mas visam sua utilização até mesmo por profissionais de outras áreas. Em Difusão, o objetivo é realizar

---

\* <http://www.fapesp.br/cepid/>

transferência de conhecimento científico para a sociedade, abordando todos os níveis educacionais, desde o ensino fundamental até o superior, e em diversas áreas do conhecimento. Isto se dá na forma de feiras, exposições, páginas na internet, canal de TV, colunas em jornais e atividades com escolas da região.

Em 2008, o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), juntamente com várias fundações estaduais de amparo à pesquisa (FAP's) lançou um programa para a implantação de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT's). Implementamos então o Instituto Nacional de Óptica e Fotônica (INOF). Este Instituto Nacional oferece um ambiente para pesquisa básica de classe mundial para todos os seus parceiros que a constituem. Estabelece novos programas de pesquisa e aumenta o sucesso dos existentes com atividades colaborativas entre os parceiros de diversos estados, fornecendo a plataforma a partir da qual os avanços das pesquisas feitas dentro deste Instituto são traduzidos em benefícios tangíveis, tanto econômicos como educacionais, para a sociedade brasileira. O INOF realiza essas metas com base principal no CePOF e pesquisa é apoiada em três pilares principais:

1. Óptica em Física Atômica, com principal ênfase nas propriedades dinâmicas de fluidos quânticos ultrafrios e aplicações em referências de frequência;
2. Plasmônica, que faz o estudo da energia eletromagnética localizada na superfície e concentrada em nanoestruturas metálicas e dielétricas muito abaixo do limite de difração, em conjunto com o desenvolvimento de "metamateriais", que exibem novas propriedades ópticas que não são encontrados em substâncias que ocorrem naturalmente;



3. Biofotônica, desenvolvendo técnicas baseadas em óptica para combinar pesquisa básica com novas ferramentas para o tratamento e diagnóstico de doenças.



Foto com os integrantes do INOF participantes do Workshop de 2009

Uma matriz de projetos de pesquisa inter-relacionados rege cada um dos temas principais. Esses projetos foram selecionados por seus desafios científicos e seu potencial de nutrir a excelência em um ambiente multidisciplinar. A proposta do Instituto Nacional foi concebida e desenvolvida pelas diversas instituições parceiras, cada uma com competência em diferentes áreas de conhecimento, mas alertas para as oportunidades únicas oferecidas pelas estreitas colaborações. Juntos, 10 instituições, com aproximadamente 40 pesquisadores e mais de 120 pessoas, incluindo pós-doutores, pós-graduandos e alunos de graduação, trabalham em um ambiente de cooperação com objetivos comuns. Algumas dessas instituições já estão bem estabelecidas, enquanto outros são novos e emergentes:

- Instituto de Física de São Carlos - IFSC / USP - São Carlos - São Paulo
- Escola de Engenharia de São Carlos - EESC / USP - São Carlos - São Paulo
- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - FMRP / USP - Ribeirão Preto - São Paulo

- Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP - Araraquara - São Paulo
- EMBRAPA Instrumentação - EMBRAPA - São Carlos - São Paulo
- Instituto de Física G. Wataghin - IF - UNICAMP - Campinas - São Paulo
- Universidade do Estadual de Santa Catarina - UDESC - Joinville - Santa Catarina
- Departamento de Engenharia Elétrica - UFPE - Recife - Pernambuco
- Instituto Federal do Ceará - IFCE - Fortaleza - Ceará
- Faculdade de Odontologia - UFBA - Salvador - Bahia
- Instituto de Ciências Biológicas - UFGO - Goiânia - Goiás
- Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP - Botucatu - São Paulo
- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia - UFGD - Dourados - Mato Grosso do Sul

Além disso, desenvolvemos diversas colaborações internacionais, com centros de pesquisa de reconhecimento internacional, em várias linhas de pesquisa:

- NIST - Gaithersburg - EUA - Condensados de Bose-Einstein, Colisões Frias, Fabricação em Nanoescala de dispositivos Plasmônicos e Metamateriais
- Universidade de Monash - Austrália - Novos Aspectos de Turbulência em Fluidos Quânticos
- ENS - Paris - França- Física de Átomos Frios
- Observatório de Paris - França – Relógios Atômicos usando Átomos Frios
- Universidade de Florença - Itália - Novos Efeitos em Condensados de Bose
- Universidade de Heidelberg - Alemanha - Condensados de Bose-Einstein sob excitações
- MIT - EUA - Experimentos com fluidos quânticos
- UNAM - México - Termodinâmica de Gases Quânticos
- Dubna – Rússia – Produção de Estados Excitados de BEC

- Instituto Mads Clausen - Sonderborg - Dinamarca - Materiais não-lineares (fibras orgânicas) Aplicados a Dispositivos Plasmônicos
- National Research Council - Ottawa - Canadá - Fabricação de Quantum Dots
- Victoria University - Vancouver - Canadá - Desenvolvimento Experimental de Sensores e Detetores Plasmônicos
- Universidade da Pensylvania - Philadelphia - EUA - Teoria para Metamateriais e Circuitos em Guias de Onda
- Universidade do Arizona - Tucson - EUA - Teoria e Simulação para Desempenho de Dispositivos Plasmônicos
- Universidade do Estado do Arizona - EUA - Simulação Numérica de Estruturas Plasmônicas e Interação com Radiação Óptica
- Eastern Carolina University - EUA - Aplicações Clínicas de Terapia Fotodinâmica
- Universidade de Ontário - Canada - Terapia Fotodinâmica Experimental
- Rice University e University of Texas MD Anderson Cancer Center - Houston - EUA - Diagnóstico Óptico

### **Atividades de pesquisa**

As atividades de pesquisa do CePOF constituem-se, atualmente, de três linhas mais destacadas de atuação, interagindo de modo a formar uma sólida plataforma de investigação fundamental. Tal plataforma proporciona os alicerces para gerarmos pesquisa aplicada e inovação tecnológica de qualidade. As três áreas, descritas mais em detalhes a seguir, são: Física Atômica, Molecular e Óptica (AMO), Biofotônica (Bio) e Nanoplasmônica (Nano).

### **Física Atômica**

Neste tópico de pesquisa nos concentramos sobre a física de gases ultra-frios e sua interação com a luz. Podemos ainda subdividi-lo em: Matéria Quântica, Metrologia de Tempo e Freqüência e Fundamentos

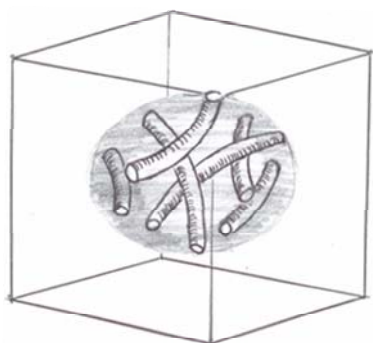
da Interação Luz-Matéria. Investigações experimentais são apoiadas e complementadas por uma equipe de estudos teóricos. Nosso grupo foi o primeiro a observar a turbulência quântica em um condensado de



Esquema mostrando os sub-tópicos da área de

sobre os aspectos modernos de fluidos atômicos quânticos, redes ópticas e colisões atômicas.

Recentemente, os vórtices quânticos em Condensados de Bose-Einstein foram observadas no nosso laboratório por meio de uma nova técnica que consiste na

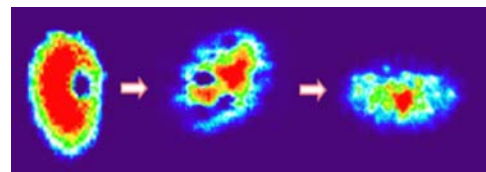


Representação da interpretação de múltiplos vórtices emaranhados em um Condensado de Bose-Einstein

Bose-Einstein (BEC) e nossos resultados de novas desencadearam esforços internacionais para encontrar modelos teóricos adequados, bem como a criação de novas experiências.

### Matéria Quântica

Realizamos estudos experimentais e teóricos



Imagens de Condensados de Bose-Einstein, desde o regime de um vórtice até o turbulento

introdução de oscilações fora do eixo oscilações normais no condensado. Este sistema, composto de vórtices e de anti-vórtices, resulta em uma grande variedade de possibilidades, dependendo da frequência e da amplitude da excitação. Eventualmente tais excitações levam o sistema a um regime chamado de turbulência quântica, onde vórtices emaranhados aparecem em todas as direções do espaço. O estudo da turbulência quântica já são de grande interesse na comunidade científica

usando hélio líquido, mesmo apresentando muitas dificuldades técnicas relacionadas. Em contraste, Condensados de Bose-Einstein (BEC) são perfeitos para este tipo de estudo, pois os parâmetros experimentais podem ser precisamente ajustados e o momento angular pode ser adicionado de modo controlado. As principais questões em jogo no momento são: Porque o estado turbulento suprime a assinatura BEC da inversão da relação de aspecto durante a expansão balística? Esta pode ser uma assinatura de um novo regime hidrodinâmico no superfluido atômico? Como acontece o decaimento do estado turbulento? Como o tamanho finito e a massa da amostra condensada afeta o aparecimento do estado quântico turbulento? Como podem vórtices turbulentos serem transferidos de uma espécie para outra em uma mistura de dois superfluidos? Como pode um vórtice a alta circulação ser estabilizados por modulações do potencial aprisionamento? Finalmente, deve estudar como os modos colectivos são modificados pela presença de vórtices de turbulência ou mesmo na nuvem.

## Metrologia

Relógios atômicos representam um exemplo de uma aplicação muito bem sucedida de átomos resfriados a laser. O desenvolvimento de captura óptica e técnicas de refrigeração tem vindo a fornecer ferramentas para a estabilidade e precisão sem precedentes no tempo e metrologia de frequência. Microondas e padrões ópticos usando átomos frios e íons atingiram níveis de  $10^{-16}$  a  $10^{-18}$  de precisão, sendo limitada por fatores que eram insignificantes há duas décadas. Este nível de confiança tão elevada na unidade de tempo está a ajudar a melhorar mesmo outros padrões físicos de referência, tais como o metro, proporcionando rastreabilidade para uma medição de frequência. O nosso grupo desenvolve padrões atômicos de micro-ondas em ambiente de laboratório e ambientes remotos. A

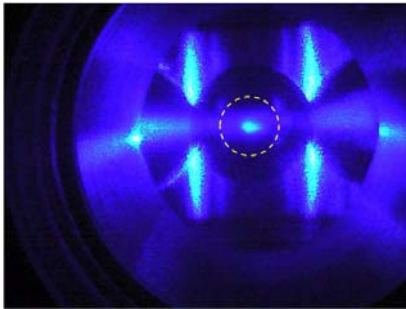


*Relógio atômico tipo fonte de átomos. (1) Região de resfriamento de átomos; (2) Interação com micro-ondas; (3) Detecção de átomos.*

pesquisa com átomos de estrôncio (Sr) permitirá nos envolver no domínio óptico, uma vez que a transição 689 nm proibida fornece uma transição do relógio excelente. A ligação natural neste laboratório é a colaboração com o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), que prevê o reforço da metrologia no Brasil.

## Interação Luz-Matéria

À primeira vista, a dispersão Rayleigh a partir de átomos e o espalhamento Mie a partir de objetos extensos são fenômenos bastante diferentes. A primeira exhibe ressonâncias devido à estrutura interna de energia dos átomos, ao passo que a segunda mostra ressonâncias induzidas pelas condições de contorno que impõe o alvo dentro do



*Nuvem de átomos de estrôncio resfriados a laser no nosso grupo*

campo de luz incidente. Em contraste, qualquer objeto extenso (por exemplo, uma esfera dielétrica) é um conjunto de partículas microscópicas. Enquanto espalhamento Mie é obviamente um processo cooperativo que envolve uma distribuição de partículas macroscópicas, e em óptica quântica o espalhamento Rayleigh é frequentemente descrito como um efeito de uma única partícula. Dicke<sup>†</sup> reconheceu, já em 1954, que no caso

de conjuntos de dispersores este conceito é errôneo. Em vez disso, os efeitos coletivos desempenham um papel dominante, mesmo para o espalhamento de fótons individuais. Apesar disso a relação ambivalente entre os espalhamentos Mie macroscópico e Rayleigh microscópico está longe de ser compreendida. Muitas questões fundamentais, bem como práticas, estão esperando para serem abordadas: Podemos esperar ressonâncias de Mie com nuvens atômicas? É possível unificar as teorias de Rayleigh coletiva e espalhamento Mie? Podemos observar sub-radiância e gerar emaranhamento?

---

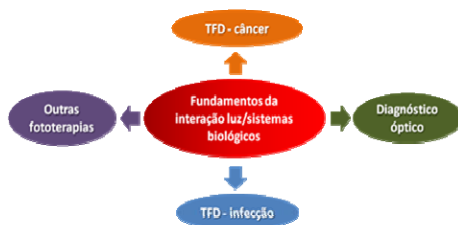
<sup>†</sup> R.H. Dicke, Phys. Rev. **93**, 99 (1954)

Outro tema nessa linha é a aplicação de redes ópticas para a criação de cristais fotônicos. Redes ópticas são gases atômicos frios, diluídos de forma estruturada em regime periódico por meio de uma força espacialmente modulada exercida pela interferência de um conjunto de feixes de laser em sobreposição. Devido à sua estrutura periódica os átomos em redes ópticas tem muitas analogias com sólidos cristalinos ou metálicos e têm sido utilizados para emular vários aspectos da física do estado sólido sob condições idealizadas. Cristais fotônicos representam uma classe de materiais dielétricos com variações espacialmente periódicas do índice de refração, exibindo uma riqueza de propriedades incríveis e muito útil. A expectativa para aplicações é de poder um dia confinar a luz em torno de elementos perturbadores, viabilizando elementos como registradores fotônicos, chaves e até mesmo computadores.

Sensores de gravidade são instrumentos indispensáveis para inúmeras aplicações industriais, tais como pesquisa de gravidade ao longo de linhas sísmicas, prospecção de petróleo e gás e navegação. São igualmente importantes na investigação fundamental, onde são usados para testes da relatividade geral e a medição precisa de forças de Casimir. Os recentes esforços de desenvolvimento de gravímetros baseados em interferometria de átomos chegaram a uma precisão notável. Uma técnica particularmente atraente, traduzindo a força de aceleração gravitacional em uma medição de frequência, detecta oscilações de Bloch de átomos refrigerados a laser confinados em uma onda vertical estacionária de luz. Em gravímetros modernos, as oscilações são mapeadas através da medição do estado dos átomos após tempos de evolução variáveis. A medição é destrutiva e novas amostras atômicas tem que ser preparadas para cada tempo de evolução escolhido. Em contraste, os átomos frios podem executar mais de 10.000 oscilações de Bloch em um único ciclo de funcionamento, de modo que o seu controle não destrutivo seria altamente benéfico. Nosso grupo está desenvolvendo um experimento para superar a natureza destrutiva das medições em gravímetros atômicos, através de uma técnica para monitorar as oscilações de Bloch in vivo, permitindo que os átomos interajam com uma cavidade em anel de alta finesse operada em regime de eletrodinâmica quântica de cavidade (CQED).

## Biofotônica

A Biofotônica é uma área do conhecimento multidisciplinar, integrando a física e as ciências biomédicas para o desenvolvimento de técnicas e instrumentos que possibilitam o melhor entendimento de fenômenos biológicos, assim como de métodos de diagnóstico e tratamento empregando técnicas fotônicas. A engenharia também possui extrema importância em Biofotônica no design e na montagem instrumental, possibilitando as diversas aplicações atuais. Diversas contribuições da Óptica nas ciências biológicas e da saúde estão presentes desde fototerapias relatadas para o tratamento de doenças de pele por civilizações antigas, passando pela invenção dos microscópios, para o estudo dos sistemas biológicos com resolução subcelular, até procedimentos altamente seletivos para o tratamento de determinadas doenças.



*Diagrama dos tópicos de pesquisa do Laboratório de Biofotônica*

As diversas aplicações da fotônica em ciências da Vida são possíveis pela variabilidade de resposta que se pode obter em sistemas biológicos em função da escolha dos parâmetros de iluminação. Tipos diferentes de interação da luz com tecidos biológicos podem resultar tanto em um aumento do metabolismo celular pela fotoativação de biomoléculas específicas, como em uma remoção seletiva de tecido doente preservando os tecidos sadios adjacentes. A indução de uma determinada resposta biológica será obtida quando os parâmetros de iluminação são adequados para as características do tecido alvo e para o efeito desejado.

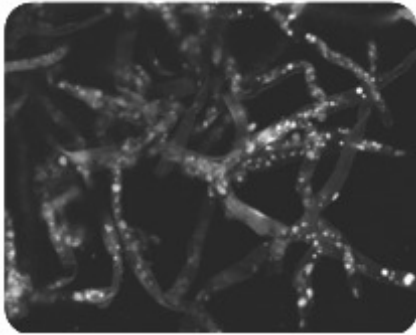
O CePOF realiza pesquisas para o desenvolvimento instrumental e científico de técnicas fotônicas para o diagnóstico e tratamento de doenças, especialmente de lesões neoplásicas e infecciosas.

Os estudos são realizados para o entendimento das interações da luz e sistemas biológicos, das respostas celulares até o resultado



observado no organismo, em experimentos *in vitro*, em modelos animais, até ensaios clínicos. As linhas de pesquisa atuais do nosso grupo são: terapia fotodinâmica em Oncologia e controle microbiológico, diagnóstico óptico, ablação a laser e fototerapia de baixa intensidade.

A terapia fotodinâmica (TFD) é uma técnica que pode ser indicada para o tratamento local de lesões tumorais e de lesões infecciosas. A resposta é baseada na interação da luz com um agente químico,



Avaliação da distribuição celular do fotossensibilizador no *Pythium*

denominado fotossensibilizador, que deve ter concentração seletiva em tecidos alterados e células microbianas. Uma vez fotoativado, o fotossensibilizador reage com o oxigênio presente no local e forma a espécie reativa, o oxigênio singleto, que é altamente oxidante. Esse é o tipo principal de reação fotodinâmica, que resulta na oxidação de diversas biomoléculas, induzindo a célula à morte. A TFD é um tipo de

fotoquimioterapia, onde a maior concentração do fotossensibilizador no tumor e a iluminação controlada da lesão, resultam em um tipo de tratamento mais seletivo, em comparação às atuais técnicas de tratamento. O controle microbiano em lesões infectadas pode ser obtido, preservando o tecido do hospedeiro, uma vez que as células microbianas são mais susceptíveis a TFD, em comparação com as células de mamíferos. O CePOF vem trabalhando no desenvolvimento de protocolos para novas aplicações da TFD, como é o caso do tratamento da pitiose, de novos dispositivos e protocolos para aumentar a eficácia do tratamento em indicações como lesões e infecções pelo *Human Papiloma Virus* (HPV), doença periodontal, infecção endodôntica, queilite e ceratose actínica, dentre outras.

Atualmente estamos coordenando um estudo clínico para avaliar a eficiência da TFD no tratamento do carcinoma basocelular, o tipo mais frequente de câncer de pele. Nesse projeto, toda a tecnologia empregada

é brasileira, tanto o equipamento como a medicação são produzidos por empresas nacionais. O equipamento é atualmente o único que possibilita o diagnóstico óptico e a iluminação para TFD. O uso de tecnologia 100% brasileira reduz o custo financeiro do tratamento.

O diagnóstico óptico é também uma linha de pesquisa relevante para melhorar os resultados do tratamento oncológico. A detecção precoce do câncer e a discriminação das lesões potencialmente malignizáveis resultam em maiores taxas de sobrevida e menor morbidade dos pacientes de câncer. Nosso grupo tem investido no desenvolvimento de instrumentos e metodologias de diagnóstico óptico baseados na fluorescência. A fluorescência é um tipo de interação da luz com o tecido biológico que é modificado dependendo das características estruturais e bioquímicas dos constituintes teciduais. Um tecido com alterações metabólicas, como o órgão para transplante, ou um tecido neoplásico, como o câncer de pele ou de boca, apresentam alterações das quantidades e das características das biomoléculas que compõem o tecido investigado. Dessa maneira, a fluorescência proveniente de um tecido normal é diferente daquela emitida por um tecido alterado. As técnicas ópticas para diagnóstico tecidual podem ser realizadas *in situ*, de maneira não invasiva, e após definidas “impressões digitais” na fluorescência de uma dada alteração tecidual, o resultado da análise pode ser obtido em tempo real. Exemplos de dispositivos para diagnóstico óptico montados pelo grupo são: sistema de espectroscopia de fluorescência, sistema de imagem de fluorescência de campo amplo e sistema de microscopia multifotônica. Todos esses sistemas são utilizados em experimentos laboratoriais ou ensaios clínicos para avaliar a eficiência no diagnóstico e apresentam um grande potencial de uso como ferramenta auxiliar para aumentar a resolução de diagnóstico clínico.

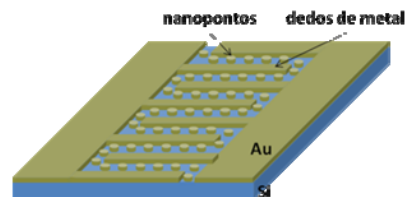
### **Desenvolvimento de protótipos**

O CePOF tem trabalhado no desenvolvimento de equipamentos personalizados, tanto para a realização dos experimentos laboratoriais, como para os ensaios clínicos. Os pesquisadores do grupo trabalham em conjunto com engenheiros para a definição do design apropriado para as características anatômicas do tecido/órgão a ser tratado e dos

parâmetros ópticos, eletrônicos e mecânicos adequados para uso seguro. Após a montagem, os protótipos são avaliados tecnicamente e testados em animais de laboratório antes dos estudos em pacientes.

## Nanoplasmonica

*Plasmons* de superfície são ondas de densidade de carga concentrada na interface entre um condutor metálico e um dielétrico. Estas ondas eletromagnéticas se propagam ao longo da superfície, mas estão espacialmente confinadas em direções perpendiculares a ele. O confinamento é inferior ao limite de difração de focalização por um fator maior que três no lado dielétrico e mais do que um fator de 10 no lado metálico. A faixa de transmissão do modo guiado na superfície chamado de "plasmon polariton de superfície" (spp) é da ordem de 50 micrometros ou de cerca 100 comprimentos de onda. Este forte confinamento transversal e o comprimento de propagação relativamente longo dão origem a novas interações luz-matéria em escala nanométrica. Podemos subdividir essa linha de pesquisa em: Desenvolvimento de aplicações e dispositivos projetados para as linhas de biofotônica e matéria quântica fria, além de eixos de investigação no âmbito das atividades de metrologia de tempo e frequência; Ciência fundamental da eletrodinâmica clássica e quântica da plasmônica, incluindo o transporte, geração e detecção de ondas de plasmons de superfície com materiais semicondutores nanofabricados e metamateriais.



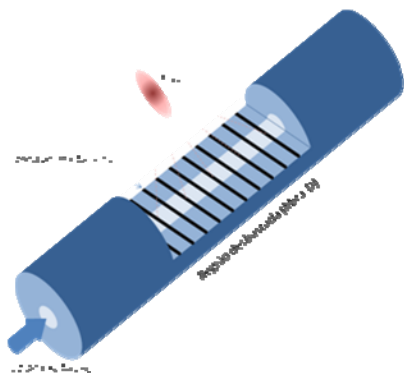
*Nanopontos posicionados num sensor plasmônico interdigital*

## Desenvolvimento de Dispositivos

Os recentes avanços na tecnologia de nanofabricação e pesquisa em novos materiais estão revolucionando o projeto de dispositivos optoeletrônicos, em particular dos dispositivos baseados em plasmons

polariton de superfície (spp) para bio-sensoriamento e aplicações de telecomunicações. A escala de integração de chip de sistemas plasmônicos, tais como a integração de fotodiodos III-V com guias de onda spp, é particularmente promissora para aplicações de detecção. Fotodetectors especiais de spp podem ser melhorados usando nanopontos distribuídos na superfície do topo. Esta abordagem é particularmente atrativa para aplicações de detecção, uma vez que a ressonância de plasmon de nanopontos é fortemente sensível à geometria do ponto e da constante dielétrica do ambiente. Por isso, estes parâmetros podem ser ajustados para entrar em ressonância a um analito específico num dado comprimento de onda e dramaticamente aumentar a resposta do sensor global. No caso de aplicações de telecomunicações, onde a detecção de pulsos rápidos é muitas vezes necessária, esses fotodetectors também se mostram como uma grande promessa. Neste caso, uma matriz de nanopontos distribuídos entre "dedos" de metal podem ser usadas para reduzir a capacitância e a resposta de tempo de trânsito do fotodetector, ao funcionar como centros de recombinação artificial.

Metamateriais são estruturas mistas constituídas de componentes de tamanho menor que o comprimento de onda que oferecem a possibilidade de orientação e de imagem além do limite de difração. Mesmo que esta nova classe de materiais tenha sido originalmente demonstrada em microondas, os avanços na nanofabricação agora permitem sua aplicação no regime óptico. Este desenvolvimento tem dado origem a metamateriais



*Fibra-D com grooves metálicos para óptica difrativa em nanoescala*

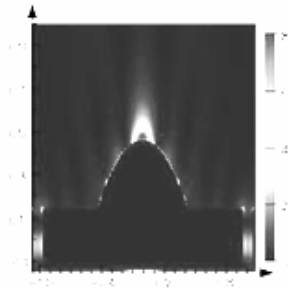
plasmônicos, com aplicações notáveis para a detecção e telecomunicações. Metamateriais plasmônicos demonstraram desempenho superior para tecnologia de biosensoriamento, proporcionando maior sensibilidade a variações de índice de refração.

Em óptica convencional, abertura numérica elevada e tamanho focal limitado por difração são muito difíceis de obter

se a distância focal da lente é comparável com o diâmetro da abertura. Felizmente, estas restrições podem ser superados com a utilização de ondas spp, que têm sido utilizados com sucesso na concepção de placas de zonas de Fresnel e lentes de fenda em nano-escala. Lentes plasmônicas, além de possibilitar superfocalização além do limite de difração, são úteis para a alta densidade, integração on-chip, microscopia de alta resolução e altos gradientes de potencial para aplicações de aprisionamento atômico. Nanoescala óptica difrativa será implementada em fibras-D e em substratos convencionais para aplicações bio-sensoriamento.

### Simulações Computacionais

Avanços em hardware de computação e tecnologia de software trouxeram computação intensiva ao alcance de grupos de pesquisa que trabalham em um ambiente universitário. Simulação numérica de interação luz-matéria com condições de contorno muito elaboradas e propriedades dos materiais exóticos é agora uma realidade prática. Os dispositivos nano-plasmônicos requerem otimização de projeto cuidadosa antes da fabricação e teste. Nosso grupo já começou a implementar um cluster computacional, centrado em placas-mãe com multiprocessadores-multicore, muitas dezenas de gigabytes de memória RAM e de rede Ethernet convencional a 100Mb.



Simulação de um campo evanescente extremamente confinado em uma ponta metálica

### Inovação

Nosso grupo de pesquisas tem, desde bastante tempo, disponibilizado conhecimento e suporte técnico para a indústria. A Óptica é uma das principais áreas de inovação, controle de qualidade e melhoria de desempenho. Por exemplo, a demanda considerável para armazenamento de



Atividades interativas do CePOF

dados renovável é encontra solução na óptica. Na indústria de instrumentação médica a óptica é usada para o diagnóstico e tratamento de doenças. O Centro de Óptica e Fotônica tem sempre buscado estar bem preparado para responder à demanda da indústria, bem como os desafios de transformar a ciência em produtos comerciais. No campo da óptica, a experiência da cidade de São Carlos tem sido um bom exemplo de como as relações positivas entre a universidade e a indústria podem ser em termos de transformação do conhecimento da ciência em riqueza e prosperidade para o Brasil.

O aparecimento de uma indústria óptica em São Carlos tem seguido um caminho que lembra o que ocorreu em outras regiões, como a área da baía ao redor de Stanford nos EUA. Desenvolvimentos originados a partir de projetos científicos realizados no âmbito de um programa de universidade são a principal força motriz para a Inovação Industrial. Nossas atividades neste campo são tão intensas que têm desempenhado um papel importante nas definições do novo Parque Tecnológico para a cidade. Novas descobertas em projetos de pesquisa da universidade podem resultar em uma empresa spin-off. Esse é o exemplo de muitas das empresas em óptica cerca de São Carlos. Quando as empresas atingem um determinado tamanho, normalmente a sua própria produção científica estimula a formação de ainda outras empresas. Este é o estágio atual para a maioria das empresas ópticas que começam a partir da universidade, em São Carlos. Alunos que convencionalmente estariam à procura de emprego, hoje estabelecem atividades que geram empregos. A lista fornecida na Tabela 1 corresponde às principais empresas que fazem parte do Parque óptico em torno de São Carlos, e muitos deles iniciados direta ou indiretamente do nosso programa de pesquisa.

Hoje, cerca de 32 empresas em óptica empregam mais de 1000 pessoas das quais mais de 50 são de alta qualificação, provenientes de escolas de pós-graduação das universidades da cidade. No total, estas empresas estão pagando mais de 43 milhões de reais em impostos diretos por ano. A formação de empresas no campo da óptica tem sido de cerca de 1,5 empresas por ano. Esta taxa de formação corresponde à maior no campo da óptica em todo o Brasil. Com a formação do centro, em conjunto com uma ação específica, neste sentido, esta situação pode

ser consideravelmente alargada e esta taxa de formação pode ser pelo menos o dobro. Nossos pesquisadores geraram mais de 40 patentes ao longo da última década, a maioria deles representando potencial de inovação ou até mesmo já transformadas em produtos.

<i>Enterprise</i>	<i>Products</i>
<b>Opto Eletrocnic S/A</b>	Optical equipment of diverse nature.
<b>Eyetec</b>	Ophthalmological equipments
<b>DMC</b>	Dental equipment
<b>Kondortech</b>	Dental equipment
<b>Quantumtech</b>	Development of new lasers
<b>Cemapo</b>	Lenses and repairing of optical microscopes
<b>Apramed</b>	Ophthalmologic equipments
<b>MM Optics</b>	Photonics for medical and odontological use
<b>Artec</b>	Antireflection coatings
<b>OticaONline</b>	Lenses for glasses and related products
<b>Industra</b>	Medical equipments for photonic therapies and flash lamp systems

<b>Tanagra</b>	Photonic devices for hairdressing
<b>DirectLight</b>	LED for illumination
<b>IntenseUV</b>	UV light for disinfection
<b>BIOPDI</b>	Projects in biophotonics
<b>Proteu</b>	Optomechanics
<b>Holovision</b>	IR diffractive lenses for presence detectors
<b>Calmed</b>	Ceratometer
<b>Marli-Bacum</b>	Special optical mounts
<b>WaveTek</b>	Custom made lenses for glasses
<b>GENE-ID</b>	DNA analysis with optical fluorescence
<b>ML-patentes e direitos</b>	Patents and industry rights in optical areas
<b>ENCON</b>	Optical and mechanical components
<b>QuadrosDesenvolv.</b>	Research and projects
	Oftalmological Devices

Hoje, cerca de 32 empresas em óptica empregam mais de 1000 pessoas das quais mais de 50 são de alta qualificação, provenientes de escolas de pós-graduação das universidades da cidade. No total, estas empresas estão pagando mais de 43 milhões de reais em impostos diretos por ano. A formação de empresas no campo da óptica tem sido de cerca de 1,5 empresas por ano. Esta taxa de formação corresponde à maior no campo da óptica em todo o Brasil. Com a formação do centro, em conjunto com uma ação específica, neste sentido, esta situação pode ser consideravelmente alargada e esta taxa de formação pode ser pelo menos o dobro. Nossos pesquisadores geraram mais de 40 patentes ao longo da última década, a maioria deles representando potencial de inovação ou até mesmo já transformadas em produtos.

Mesmo na produção de cerveja, nossa pesquisa em biofotônica tem contribuído. Produção e análise de produção de cerveja tem sido objeto de duas patentes que agora serão transformadas em uma empresa spin-off. Um laboratório de Apoio Tecnológico (LAT) foi iniciado e tem



*Fórum Tecnológico entre Universidade e Empresas permite mapear necessidades e definir estratégias*

atraído muitos projetos com empresas e com outros grupos de pesquisa.

Um Fórum é organizado periodicamente com a presença de muitas empresas convidadas

e pesquisadores do Centro. Durante um dia inteiro, a pesquisa apresenta as suas atividades e as empresas convidadas podem apresentar seus planos de evolução, bem como suas necessidades. O Fórum também tem uma exposição de protótipos recentes desenvolvidos pelo Centro, com e sem a cooperação com as empresas.



## Laboratório de Apoio Tecnológico (LAT)



*Sistema de diagnóstico óptico*

O Laboratório de Apoio Tecnológico desenvolve projetos totalmente financiados por empresas. Neste caso, um plano de trabalho é estabelecido entre ambas as partes (empresa e universidade). Os profissionais envolvidos são totalmente cobertos pelos projetos e os recursos também podem ser aplicados para complementar outros projetos de ciência básica. A seguinte lista de empresas está atualmente desenvolvendo projetos em

parceria:

Gnatus - Desenvolvimento de dispositivos laser aliados a ultra-som para ser usado em terapia dental de controle microbiológico

LATINA - Uso de LED e lâmpadas de UV para a descontaminação de água em dispositivos de água potável.

MM-Optics - Sistemas para diagnóstico e tratamento do câncer com uso de fluorescência e terapia fotodinâmica.

Direct-Light - Design, desenvolvimento e avaliação de dispositivos baseados em LEDs para iluminação de ambientes

Intense UV - Descontaminação de instrumentação cirúrgica

utilizando dispositivos LEDs UV.

TANAGRA - sistemas fotônicos para o tratamento de cabelo

WEM - Desenvolvimento de ferramenta cirúrgica de ultra-som para operar simultaneamente com laser

LUPO - Sistema de identificação de cores na indústria têxtil



*Protótipo de semáforo de alta eficiência usando LEDs*



*Equipamento que usa LEDs para Terapia Fotodinâmica*

ATLANTICO Desenvolvimento de scanner laser para Raio - X  
IBRAMED - Combinação de ultra-som estático com LED terapêutico

Muitos dos projetos que desenvolvemos dentro de laboratórios são para o nosso próprio interesse. Eles normalmente têm o objetivo principal de fornecer condições técnicas para tornar possível alguma pesquisa científica. Em muitas ocasiões, acabam por ter um grande potencial para a transformação em produtos reais. Quando isso acontece, as empresas que participam do nosso fórum anual organizado entram em contato conosco. De muitos projetos em curso atualmente podemos listar os seguintes:



*Bio-Table*

Sistema especial simplificado de endoscopia compreendendo iluminação LED e uma câmera CCD miniatura

Bio-Table - Mesa com iluminação para estudos em culturas celulares dos efeitos biológicos fotoinduzidos. Controle de intensidade de luz, comprimento de onda bem definido e programação do tempo de aplicação e a uniformidade de iluminação da placa de cultura são características importantes para a pesquisa.

Sistema para o tratamento de condiloma por *Human papiloma vírus* (HPV) - Projeto especialmente financiado pelo CNPq com o propósito de demonstrar a utilização de terapias baseadas em fotodinâmica para o tratamento lesões causadas pela infecção por HPV. O sistema está em teste clínico e deverá ser comercializado por uma empresa.

Microscopia óptica de contraste cromático - Através da combinação correta de luz RGB é possível aumentar o contraste visual de estruturas biológicas de interesse nas lâminas histológicas. Sistema de imagem de campo amplo por fluorescência óptica - Um sistema de iluminação portátil para a visualização de imagem de fluorescência aplicada ao diagnóstico de lesões neoplásicas. Exame dos olhos com o contraste cromático - iluminador de olho especial que faz uso de composição de luz para revelar melhor a estrutura do olho. Este protótipo tem já o interesse de empresas para ser comercializado

## Projeto SENA

O projeto de veículos de passeio robóticos (ou simplesmente, “carros inteligentes”) que sejam capazes de lidar com situações reais de tráfego em áreas urbanas é certamente um dos grandes desafios nesse início do século XXI. Mas, desde meados da década de 1980, com o enorme desenvolvimento da eletrônica embarcada nos automóveis de passeio, a cada ano novos sistemas mecatrônicos embarcados nos veículos estão se tornando itens de série. Os chamados “*eSafety systems*” (p.e.: freios ABS, controle de tração nas rodas, *air-bags*, controle de rolagem, etc.) tornaram-se possíveis graças à miniaturização dos elementos eletro-mecânicos, regulamentações governamentais rígidas e, principalmente, às maiores exigências dos clientes por maior qualidade, melhor performance e menor preço.

Recentemente diversos grupos de robótica no mundo inteiro voltaram-se para esses problemas, visando a aplicação de tecnologias



Foto do Veículo de testes, um Fiat Stilo doado pela empresa Fiat Automóveis

desenvolvidas para área de robótica móvel em veículos de passeio. Como resultado, nos últimos três anos diversos eventos ocorreram nos Estados Unidos (DARPA 1<sup>st</sup> e 2<sup>nd</sup> *Great Challenge* - respectivamente em 2005 e 2007) e Europa (ELROB e C-ELROB, respectivamente em 2006 e 2007). Muito mais que meras competições e demonstrações, esses eventos estão pavimentando a tecnologia

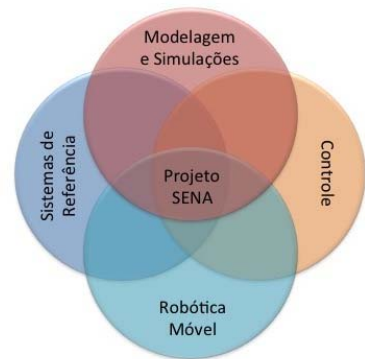
que será embarcada em breve nas novas gerações dos automóveis de passeio. Observa-se na literatura e no mercado consumidor que sistemas assistivos estão se tornando mais comuns em veículos de passeio, tome-se, por exemplo, a tecnologia IPS (*Intelligent Parking Assist*) da Toyota embarcada no Toyota Prius. Esse sistema, tipicamente mecatrônico, utiliza sensores e atuadores para realizar o estacionamento automático do veículo (em inglês, *parking*) sem a intervenção do

motorista. Como na grande maioria das aplicações em tempo real, o grande desafio é balancear corretamente as exigências computacionais com o custo final a ser repassado ao consumidor. Nos últimos anos, vários trabalhos na área de veículos inteligentes publicados em conferências da SAE (*Society of Automotive Engineers*) foram editados em forma de livros. Também o IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) tem dado muita ênfase no desenvolvimento de sistemas veiculares inteligentes através de duas de suas sociedades: RAS – *Robotics and Automation Society* e ITSS – *Intelligent Transportation Systems Society*.

O Projeto SENA (Sistema Embarcado de Navegação Autônoma) é um dos projetos em desenvolvimento no Laboratório de Mecatrônica da EESC-USP. Ele representa um excelente exemplo de interdisciplinaridade, integração de recursos e conhecimentos de diferentes áreas. O veículo de testes do Projeto SENA (um Fiat Stilo) pode ser considerado como um grande “laboratório” de testes onde todos os pesquisadores do grupo e colaboradores podem atuar nas suas expertises, na busca comum de soluções viáveis que atendam os requisitos de engenharia.

Seus desafios tecnológicos podem ser traduzidos em diversos sub-projetos cujas aplicações extrapolam o Projeto SENA, ou seja, seus resultados podem ser aplicados em diversos problemas de engenharia em outras áreas de conhecimento, por exemplo, em aplicações de controle de acionamentos e atuadores, em sistemas cuja resposta necessitam soluções em tempo real, em problemas de autolocalização de veículos terrestres e aéreos, no emprego de referenciais atômicos em sistemas de autolocalização, etc.

O Projeto SENA visa o desenvolvimento de um sistema embarcado de navegação que permita a um veículo de passeio locomover-se em



*Projeto SENA e as diversas área de conhecimento correlatas.*

ambiente controlado similar a ambientes urbanos. Pode-se citar como contribuições desse projeto:

## Difusão

Educação e motivação para a ciência é um dos grandes desafios em praticamente todos os países. Especialmente no Brasil, o governo enfrenta um problema sério a esse respeito. A criação da cultura científica entre os estudantes e, mais geralmente cidadãos de uma forma geral, é um problema que deve ser encarado com cautela, de forma a não inviabilizar todas as outras iniciativas de aspectos



*Palestras em escolas de ensino básico e médio fazem parte das atividades de difusão do Centro*

científicos e tecnológicos. Sem pessoas motivadas e preparadas nada pode progredir. Durante as últimas décadas, tem havido um grande esforço para estabelecer formação acadêmica de qualidade no Brasil no ambiente universitário. A mesma atenção, no entanto, não foi aplicada ao ensino fundamental e médio, de modo que temos uma grande discrepância hoje entre esses dois níveis de ensino. Se por um lado já temos estudantes estrangeiros que procuram educação pública de nível superior no Brasil, os brasileiros, em outra mão, tendem a fugir do baixo nível de educação pública em oferta nas escolas de ensino fundamental e médio. Parece, portanto, muito natural que as instituições de ensino superior passem a ajudar os níveis básico e médio de nosso sistema educacional e juntar-se ao esforço nacional de melhoria.

Já é bem estabelecida em nosso grupo a realização de programas que complementam, melhoram e modernizam o ensino público em nível fundamental e médio em nosso país. Nós realizamos atividades nesta seção dividindo-as em: Atividades para escolas do ensino fundamental e ensino médio e Atividades para o público em geral. No decorrer dos anos, criamos uma infra-estrutura excelente de difusão para educação complementar, que consiste no seguinte: um Canal de TV operando diariamente, uma Unidade Móvel (ônibus) que constitui

um centro de educação itinerante ciência, uma exposição de ciência móvel que visita escolas secundárias, exposições públicas de ciência e tecnologia e extensa coleção de vídeos disponíveis gratuitamente. O sucesso alcançado por nossas atividades foi reconhecido com o prêmio José Reis (CNPq) para o coordenador geral do Centro. Uma das mais fortes atividades de motivação para a ciência envolvendo escolas e professores é a realização da Olimpíada Brasileira de Física, que está sob a coordenação do Centro, através do coordenador de Difusão de Ciências, Prof. Euclides Marega Jr.

Temos em nossas instalações um estúdio profissional para a produção e transmissão de vídeos. O nosso canal de TV é exibido 24h, com uma série de programas:

- Na trilha dos cientistas - um programa de uma hora de duração que narra vida de um eminentes cientistas, enfatizando sua luta e os esforços deles para realizar objetivos e, no final, fez grandes contribuições para a humanidade. Acreditamos que tais exemplos motivam a juventude brasileira na direção da ciência;
- Nossa Gente - programa semanal de uma hora que mostra, através de entrevistas com cidadãos e cientistas de nossa região, como um ambiente produtivo foi criado e o papel que a ciência e tecnologia desempenham hoje na sociedade;
- Aulas de Física - Curso básico completo de física de nível acadêmico que vai ao ar quatro vezes por semana, com aulas em seqüência. O curso completo tem duração de oito meses e foi assistido por mais de 25.000 pessoas;
- Curso de Física para o ensino médio - composto por seis aulas semanais, sendo duas de mecânica, duas de calor e termodinâmica e duas em óptica e eletricidade. Durante o ano, o curso aborda o



*Aulas de física e programas de entrevista relacionados a ciência, tecnologia e inovação fazem parte da programação do nosso canal de TV*

programa de física completo para o ensino médio. Todo o material está disponível em DVDs e à disposição das escolas;

- Ciência Divertida - programas em forma de "cartoons", contando grandes fatos, em uma linguagem simples para todos;
- BBC / USP - através de uma parceria com a BBC reproduzimos vários programas de aspecto científico educacional. Um dos mais importantes é o "Planeta água", onde uma sequência de programas explica as ciências associadas à água, assim como problemas atuais com a conservação de água;
- Programa Nota 1000 - Programa de 30 minutos, onde, através de entrevistas com alunos e professores da rede de ensino médio da escola tenta discutir problemas relacionados com o ensino da ciência e soluções possíveis para esses problemas. Em muitos casos, o programa também organiza pequenas competições científicas;
- Programa Vida e Ciência - entrevistas semanais com eminentes cientistas de diferentes áreas;
- Palestras Internacionais - vários visitantes internacionais têm suas conferências gravadas, editadas e semanalmente colocadas no ar;
- Ciência às 19:00 horas - apoiamos palestras mensais no Instituto de Física de São Carlos, destinadas para o público em geral na cidade de São Carlos. Os temas são variados e geralmente relacionados aos interesses diretos da população;



*Demonstrações da SEMÓPTICA são feitas para colocar os visitantes em contato com o estado da arte das pesquisas*



Exposição anual Técnico-Científica em locais públicos

Também realizamos difusão da ciência no nível primário de educação. Os principais programas relacionados à esta ação são:

- "Entomóptica" - um programa que combina educação ambiental com a óptica e a ciência em geral. Um kit contendo microscópios, coleções de insetos e painéis eletrônicos é levado para a escola. Os professores são treinados para realizar um programa de um mês, onde os alunos aprendem com os microscópios ópticos, biologia com os insetos e noções de ecologia. Ao final, os alunos preparam um teatro com tudo o que eles aprenderam;
- USP vai à escola - o programa tem uma unidade móvel que leva uma exposição completa para a escola. Nesta exposição, painéis eletrônicos, instrumentos didáticos, painéis luminosos, explicar lasers, células-tronco, doenças, e óptica em geral. As escolas precisam se cadastrar para receber a exposição.

Tradicionalmente, durante o mês de outubro, nós fazemos a Semana de Óptica (SEMÓPTICA). Um evento reconhecido nacionalmente e que faz parte do calendário oficial através de lei estadual. Durante o evento, os membros de nossos grupos de pesquisa dedicam parte de seu tempo para receber cerca de 4000 alunos do ensino secundário que vêm à universidade receber aulas especiais, visitar os laboratórios e assistir a palestras. As aulas de demonstração estão organizadas em dois grupos: um tenta realizar manifestações em tópicos básicos, complementando a educação que os alunos recebem em seus cursos regulares; No outro, temas especiais são demonstrados, tais como lasers, lentes, óptica e aplicações nas áreas de medicina e materiais.

Atrelada à SEMÓPTICA, realizamos em São Carlos e nas cidades da área uma exposição pública que tenta trazer a ciência em geral para o público. O lugar tradicional da exposição de dois dias é o centro comercial da cidade, mas outros lugares, como estações de trem, prefeitura e escolas públicas também têm sido usados para tal fim. Nestas exposições, experimentos são realizados ao vivo, painéis com vídeos, aparelhos especiais, protótipos, lasers e luzes são usados para mostrar, em geral, para os visitantes, ciência e, mais especificamente, a ciência que se desenvolve dentro de nossos laboratórios.



Talvez uma das formas mais contemporâneas de difusão seja através da internet. Desenvolvemos uma página www que está em constante evolução e atualização.

Colocamos informações relacionadas às atividades de pesquisa, inovação e difusão, de modo que o visitante possa rapidamente identificar as linhas de pesquisa e, caso deseje, entrar em contato para maiores informações. Estamos colocando cada vez mais material à disposição dos internautas, como textos didáticos, vídeos curtos e palestras, cursos e informações referentes às atividades do Centro. O endereço de acesso é <http://cepof.ifsc.usp.br>.



*Página da internet com informações sobre o nosso Centro de Pesquisa*

## **Considerações Finais**

Os grandes desafios para um Centro de Pesquisas como o nosso estão principalmente relacionados à sinergia entre as três linhas de atividade. Colaborar em diferentes áreas de pesquisa é, de certa forma, rotina entre diferentes grupos de pesquisa. Por outro lado, manter pesquisa de qualidade e realizar as pontes para aplicações e difusão de conhecimento é dar um passo além para a formação de um centro de excelência que seja considerado referência, inovando constantemente nas formas de ligar esses diferentes setores. O prazer pela busca de conhecimento é inerente ao cientista, que rotineiramente enfrenta o desconhecido com seu faro investigativo e suas bases de informação. Realização maior é conseguir ver esse conhecimento ser transformado em recursos aplicados, retornando à sociedade na forma de inovações em produtos, em serviços, em transferência de conhecimento e em informação.

A inovação na pesquisa não é uma novidade, mas uma necessidade básica. Por outro lado, as formas de transformar as provas de princípio em recursos para serem utilizados de forma aplicada apresenta um desafio constante. A forma de difundir toda essa nova informação, de modo a não perder qualidade, mas ao mesmo tempo mantendo o interesse por parte dos novos e futuros cientistas, requer um constante aperfeiçoamento para nos adaptarmos às novas maneiras de passar informação. Por isso nossas atividades apresentam desafios diários, que são encarados com bastante seriedade, mas com uma constante fome por novidades.

## SOBRE OS AUTORES

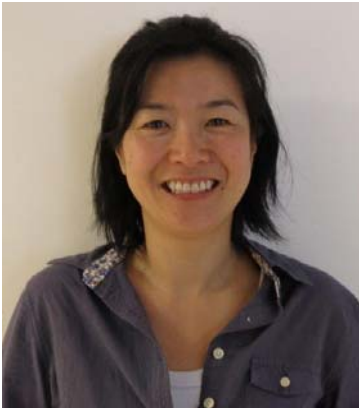
### Daniel Varela Magalhães



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (1995), mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1998), doutorado em Física pela Universidade de São Paulo (2004) e pós-doutorado em física no Observatório de Paris (2006). Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo (Departamento de Engenharia Mecânica - EESC). Tem experiência na área de Física e Instrumentação, com ênfase em Óptica, atuando principalmente nos seguintes temas: padrões atômicos de

tempo e frequência, metrologia, aprisionamento de átomos e instrumentação.

### Cristina Kurachi



Atualmente é professora doutora da Universidade de São Paulo. Possui graduação em Odontologia pela Universidade de São Paulo (1996), mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo (2000) e doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo (2005). Tem experiência na área de Biofotônica, com ênfase em interação da luz com sistemas biológicos, diagnóstico óptico e terapia fotodinâmica, aplicados a câncer e tecidos infectados. As linhas de pesquisa

envolvem o desenvolvimento de instrumentação biomédica e de protocolos clínicos aplicando técnicas fotônicas.

## Marcelo Becker



O Prof. Marcelo Becker graduou-se em Engenharia Mecânica com ênfase em Mecatrônica pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP) em 1993. Concluiu seu mestrado e doutorado em Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (FEM-Unicamp), respectivamente em 1997 e 2000. Realizou um estágio no Institute of Robotics no ETHZ - Zurich, Suíça (1999-2000) e um Pós-Doutorado no Autonomous Systems Lab na EPFL - Lausanne, Suíça (2005-2006). Atuou no Instituto Politécnico da Pontifícia

Universidade Católica de Minas Gerais (IPUC-PUC Minas) de 2001 a 2008 na área de Engenharia Mecatrônica, tendo coordenado o Grupo de Estudos em Automação e Robótica (GEAR) e atuado como Coordenador Adjunto do Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica. Atualmente é Professor Associado I no Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (SEM-EESC-USP) e Membro do Conselho Diretor do CRob-SC (Centro de Robótica de São Carlos). Concluiu sua Livre Docência na Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP) em 2011, na área de Navegação de Robôs Móveis. No momento participa de 7 projetos de pesquisa financiados pela ANEEL, DAAD, CAPES, CNPq, FAPESP e FINEP, coordenando 3 destes projetos. É bolsista CNPq PQ-2 desde 2009, Assessor Técnico-Científico "ad-hoc" da CAPES, CNPq, COLCIENCIAS, FACEPE, FAPES, FAPESC e FAPESP e orienta alunos de IC, de Mestrado e de Doutorado com bolsas CNPq, CAPES e FAPESP. Atua na área de Engenharia Mecatrônica, com ênfase em Automação, Robótica, Robótica Móvel, Sistemas de Percepção e Projeto de Sistemas Mecatrônicos.

## Vanderlei Salvador Bagnato



Vanderlei Salvador Bagnato concluiu o doutorado em Física - Massachusetts Institute of Technology em 1987. Atualmente é professor titular da Universidade de São Paulo. Publicou 368 artigos em periódicos especializados e 1062 trabalhos em eventos. Possui 18 capítulos de livros e 5 livros publicados. Orientou 34 dissertações de mestrado e co-orientou 2, orientou 25 teses de doutorado nas áreas de Física, Odontologia e Medicina. Recebeu 2 prêmios e/ou homenagens. Atua na área de Física, com ênfase em Física Atômica. Em suas atividades profissionais interagiu com 587

colaboradores em co-autorias de trabalhos científicos. Em seu currículo Lattes os termos mais frequentes na contextualização da produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: armadilha magneto-óptica, Átomos, Átomos de sódio, Condensação de Bose-Einstein, Átomos frios, Colisões frias, Desaceleração de átomos, Espectroscopia, Terapia fotodinâmica PDT. Eleito para The Academy of Sciences for the Developing World, 20/10/2009, e membro da Academia Pontifícia de Ciências do Vaticano, 05/11/2012.

# Tecnologia e Inovação na Agricultura Brasileira

Silvio Crestana

## Introdução

Inicialmente, quero fornecer algumas informações gerais sobre a Embrapa, instituição que trabalho há quase 30 anos. Até porque não é possível existir tecnologia e inovação, assunto deste capítulo, em um país, sem instituições, públicas e privadas, de educação, ciência e tecnologia. A Embrapa é uma dessas poucas instituições nacionais cuja missão consiste em viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Foi fundada em 1973 e, portanto completa 40 anos em 2013. Tem cerca de 9.500 empregados, 2.355 pesquisadores, na sua maioria doutores, que trabalham em 47 Centros de Pesquisa e Serviços distribuídos no território brasileiro. A base de seu sucesso e de sua sustentação apoia-se na formação e retenção de recursos humanos altamente qualificados, treinados nas melhores universidades brasileiras e do exterior assim como em parcerias estratégicas implementadas junto do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária(SNPA) e iniciativa privada. Mantém forte cooperação internacional com as Américas, com a Ásia, com a Europa e África, envolvendo mais de 50 países e executa um orçamento anual de cerca de um bilhão de dólares, o que por si só já dá uma ideia da dimensão desta Instituição. A componente majoritária de seu orçamento tem origem no Tesouro Nacional. A Embrapa é a maior instituição de pesquisa agropecuária dos trópicos e se equipara às maiores instituições de pesquisa do mundo. Constitui a maior rede de ciência e tecnologia voltada à agricultura, espalhada pelo Brasil. São Carlos é uma cidade que se destaca, no cenário estadual e nacional, pois além das universidades, parques tecnológicos e indústrias de alta tecnologia possui dois centros de pesquisa da Embrapa, num total de seis existentes no Estado de São Paulo.

Trabalhar na Embrapa Instrumentação é um grande privilégio, pois a vi nasceu e crescer, como um de seus pesquisadores-fundadores, ao lado do professor Sergio Mascarenhas, Paulo Cruvinel e outros colegas. A unidade localiza-se no centro da cidade, vizinha à USP e à meia distância da Universidade Federal de São Carlos e de outras universidades privadas, o que permite integrar ao seu trabalho, anualmente, mais de 200 estagiários, bolsistas e alunos de graduação e de pós-graduação. Além disso, desenvolve estreita colaboração com os Parques de Ciência e Tecnologia existentes, como o ParkScience, Cedin e com o Parque Tecnológico Dahma. São Carlos também abriga outra unidade da Embrapa, a Embrapa Pecuária Sudeste, localizada na Fazenda Canchim. A Embrapa Instrumentação sedia o Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio e, junto com a Embrapa Pecuária Sudeste, o Laboratório Nacional de Agricultura de Precisão. São dois laboratórios e duas redes nacionais que envolvem mais de 300 pesquisadores da Embrapa e de várias universidades e institutos de pesquisa espalhados pelo Brasil.

O Brasil passa por um momento importante. Não é um momento qualquer, é um momento especial da sua história. Estamos passando por rápidas mudanças, principalmente nos negócios, na formação de recursos humanos e no desenvolvimento e uso de tecnologias avançadas. Também é importante destacar aqui a conjuntura do mercado nacional e global. O Brasil se tornou um grande mercado. O mundo descobriu o Brasil. O Brasil é a bola da vez, é um global player. Não há nenhuma dúvida quanto a isso. Conseqüentemente, atraímos o capital financeiro internacional e trouxemos para o nosso território grandes corporações multinacionais. Com isto, estamos dando início a um novo ciclo de desenvolvimento tendo o setor privado como seu principal carro-chefe. No passado, na época do regime militar ou anteriormente ou, até recentemente, o investimento era quase totalmente público. Temos os exemplos da Embrapa, da Petrobrás, da Embraer, da Itaipu, as rodovias, a transamazônica, a ponte Rio-Niterói, dentre outros. Foram investimentos do Estado. Agora começa a haver um investimento muito forte da iniciativa privada. Tudo indica que é um momento de virada de jogo, gerando uma demanda muito clara e forte por novos profissionais, por profissionais com novos perfis.

Atualmente o Brasil está importando cerca de setenta mil profissionais porque há falta de engenheiros, de tecnólogos, de médicos, de professores, dentre outros profissionais. Recentemente, a presidente de nosso país, participando da cúpula ibero-americana, realizada na Espanha, recebeu com uma das principais solicitações a implementação de acordos que viabilizem a entrada de profissionais no nosso mercado de trabalho vindos da Espanha, Portugal, Itália, dentre outros, em coerência com dificuldades de empregos lá e carência de mão de obra qualificada aqui. Muitos profissionais de altíssimo nível estão interessados no mercado brasileiro. E isso traz uma grande responsabilidade para as nossas universidades, como formadora de recursos humanos. A competição agora aumentou, é global. Os intercâmbios internacionais entre as universidades são agora essenciais. A internacionalização é uma realidade na globalização. Outra questão fundamental é a geração de empresas de base tecnológica. Isso não é uma fantasia, é uma realidade. Hoje o Brasil é palco de grandes negócios e de grandes iniciativas. As tecnologias avançadas como a tecnologia da informação, biotecnologia, e nanotecnologia em convergência com as ciências cognitivas estão sendo incorporadas aos negócios e a gestão. O setor privado está empregando cada vez mais essas tecnologias em seus sistemas de produção, para aumentar a sua vantagem competitiva. E isso está sendo praticado no dia a dia. E quando não há a competência aqui, busca-se lá fora. Por exemplo, a Petrobrás está com atraso no seu plano de exploração do pré-sal porque, dentre as principais dificuldades, destacam-se a carência de profissionais e de máquinas, como perfuratrizes e sondas. E tem um cronograma pressionando a velocidade de execução do trabalho, no sentido de que quando há o recurso financeiro, não se tem a máquina, não se tem o cérebro, não se tem o técnico. Essa é a situação real, mesmo com o crescimento ainda pequeno que o Brasil está implementando, menor que 2%. Temos um consumo aquecido, mas ainda não temos crescimento consistente e importante. E, se o Brasil crescer 4%? As deficiências de infra-estrutura, de pessoal qualificado e de máquinas e equipamentos serão ainda mais evidentes. Ou, pior, não conseguiremos crescer, se tais gargalos não forem superados. No quesito produção e inovação nacional, nosso parque tecnológico mostra-se pouco



competitivo. Assim, as empresas nascentes, chamadas de “*start ups*”, estão aparecendo, não é uma fantasia. Embora, não tenhamos a “cultura da inovação”. Eu tenho perguntado a alunos em fim de curso e a profissionais, quantos deles gostariam de ser donos do próprio negócio, quantos gostariam de ser empresários e empreendedores ? Sempre que faço essa pergunta em minhas conferências, menos de 5% dos presentes se manifestam favoravelmente. Eu acredito que se fizesse essa pergunta nos Estados Unidos, teríamos uns 30-50% positivos. “Eu quero ter o meu próprio negócio. Eu quero ter a iniciativa e as decisões. Não quero depender de um chefe para a minha promoção, para o meu futuro, para o meu progresso”. E essa mentalidade nós não temos! E tudo está acontecendo muito rapidamente. Assim, há empreendedores vindo de fora, por exemplo, na área de agro-biotecnologia e de tecnologia da informação, para montar essas empresas.

### **Segurança Alimentar e Energética como Pilares de Nossa Soberania**

Quando se pensa em um país e em sua soberania talvez valha a pena perguntar: e o que é que distingue um país de outro? Uma maneira simples de responder é: um país se distingue de outro, em função de seus cidadãos, dos seus líderes e das suas instituições, principalmente daquelas responsáveis pela educação e inovação. Educação e inovação tecnológicas, no caso, não são áreas em que o Brasil vai bem. Embora tenhamos feito grande progresso nos últimos anos, nós ainda somos muito dependentes do conhecimento mundial. Nós geramos cerca de 2 a 3% das publicações mundiais. Temos, portanto, cerca de 97% de dependência. Além disso, temos poucas empresas que fazem inovação no país e estas ocorrem principalmente no setor de agricultura e no setor de mineração e petróleo. Assim, instituições de ciência e tecnologia, como a Embrapa, que completa 40 anos, a USP que já tem 75 anos, o Instituto Agrônomo de Campinas que tem mais de 120 anos, fundado por Dom Pedro II, tem grande responsabilidade quanto aos desafios do presente e do futuro não longínquo. Iniciativas como essas, que impactaram o cenário do Estado e da União são muito importantes. Graças às instituições existentes, estamos consolidando um país democrático, mais justo e competitivo,

produzindo a estabilidade mínima necessária para o nosso desenvolvimento. As lideranças também tem sido importantes. O Brasil têm tido bons governos nos últimos 15-20 anos. Mas, no que se refere aos pré-requisitos mínimos de soberania, em que situação nos encontramos? Da observação internacional é bastante razoável afirmar que para exercer a soberania um país precisa ter independência na tomada de decisão é preciso. Para tal o mesmo precisa garantir sua segurança alicerçada em 3 bases de sustentação: a segurança alimentar, a segurança energética e a segurança territorial. Um país precisa produzir o seu próprio alimento, precisa ter energia para as suas indústrias, agricultura, saúde, transporte e para o cotidiano de seus cidadãos. Além disso, precisa defender as suas fronteiras contra ataques, além de manter a ordem no país. A segurança territorial envolve também a segurança ambiental. As fronteiras, as questões dos biomas, do bio e agro-terrorismo, evitando doenças que podem ser trazidas de maneira criminoso para inviabilizar os nossos negócios e a nossa competitividade. Aqui, dois saltos importantes foram dados. Por que o Brasil está hoje numa situação muito favorável? Porque além de gerar o alimento que o país precisa, ainda geramos excedentes que exportamos e que se transformam nas mais importantes divisas que o país detém. Essas divisas é que estão viabilizando, hoje, os investimentos em saúde, educação e infra-estrutura. Tudo isso é consequência da segurança alimentar. E na segurança energética, estamos deixando de importar petróleo e, portanto, economizando dólares. Talvez no futuro sejamos ainda um grande exportador de petróleo a partir da exploração do pré-sal. Esta é a inversão que está acontecendo atualmente. Nós temos o privilégio de estar vivenciando esses fatos, depois de quase cinco séculos em que não tínhamos segurança alimentar ou energética e, menos ainda, segurança territorial. Na questão da segurança territorial existem diversos desafios. Por exemplo, como garantir a segurança das plataformas marítimas de extração de petróleo de possíveis ataques destrutivos? Não é difícil imaginar o impacto negativo que o país receberia se algo similar ocorresse. Como vigiar os milhares de quilômetros de fronteiras terrestres que possuímos? Isso mostra o quanto vulneráveis podemos estar, em atividades estratégicas para o Brasil. Há toda uma indústria

ainda a ser desenvolvida se soubermos aproveitar tais desafios e transformá-los em empreendimentos, a exemplo do que ocorreu com os setores da agricultura e da energia.

Não faz tanto tempo que uma manchete de um jornal do início dos anos setenta dizia: “Vai faltar pão, pois o estoque de farinha só vai até agosto”. Na época o trigo era comprado no exterior e dependia de importação. No caso dos alimentos, viramos o jogo completamente. Hoje, além de produzirmos alimento suficiente para todos os brasileiros, nos tornamos um grande exportador mundial. O Brasil é o terceiro maior exportador mundial, depois dos Estados Unidos e da União Europeia inteira. Se dividirmos a União Europeia em países o Brasil aparecerá como o segundo maior exportador mundial, o que mostra que foi uma virada de jogo fantástica neste setor. Outro aspecto importante a ser analisado é que o custo da cesta básica vem caindo cerca de 1% ao ano, de forma constante, nos últimos 30 anos, o que significa uma redução de 30 a 40 % no preço do alimento, principalmente para as populações mais pobres, que agora podem comprar outras bens e serviços importantes para suas vidas, além do alimento básico.

Ao mesmo tempo, nos últimos 30 anos, o negócio agrícola brasileiro gerou uma curva sempre crescente quanto à produção, produtividade, safras de grãos e carnes, açúcar, etanol e comércio exterior. É um dos setores mais dinâmicos da economia. Com 5 milhões de propriedades rurais, em 2012, apresentou um saldo comercial de 80 bilhões de dólares líquido! Os negócios da agricultura representam 23% do PIB e cerca de 40% das exportações brasileiras. Também representa cerca de 40% dos empregos gerados no país. Este é o setor que tem salvado a balança comercial do Brasil. A saúde é deficitária, as áreas de computação são deficitárias. Boa parte dos softwares que utilizamos, os computadores e os monitores de tela plana, celulares e quase tudo o mais eletrônico, têm sido importados. Assim, o setor de agricultura, juntamente com as commodities minerais, é que são responsáveis pelo superávit da balança comercial brasileira. São os 80 bilhões de dólares de saldo gerados pelo agro que permitem constituir nossas reservas e garantir certa estabilidade da economia, principalmente no tocante ao controle de inflação. Um exemplo onde ainda temos muito o que fazer é na

indústria da saúde. O setor gera cerca de 10 bilhões de dólares de déficit, anualmente! Isso porque, nesse setor, não há o mesmo paralelo de sucesso que temos na agricultura. Não há indústrias importantes no país, desenvolvendo e explorando todo o potencial de mercado. Nós importamos os fármacos, os medicamentos e os equipamentos. Praticamente, no país ninguém projeta e fabrica equipamentos de ultrassom, raios-X, de mamografia e tomografia. São todos importados. Assim, usamos todo o saldo de exportação de soja, para pagar a conta da saúde e, sempre que aumenta o acesso da população à saúde, esse déficit também aumenta. Isso tudo porque não temos indústrias nessa área. Esses fatos mostram que se o Brasil tivesse que importar alimentos, estaríamos na bancarrota.

Mas não podemos analisar a agricultura somente do ponto de vista comercial e dos cifrões. A agricultura traz também inúmeros benefícios do ponto de vista social. A agricultura familiar é importante porque as pequenas propriedades tem grande importância na produção de produtos básicos, como mandioca, leite, feijão, arroz, milho, aves, bovinos e suínos. Cerca de doze milhões de produtores, dos quais um terço são mulheres, ocupam 24% da área agrícola e representam 84% dos proprietários de terra no Brasil. O restante da área agrícola faz parte da agricultura empresarial, que produz em grande escala e alimenta boa parte do mercado externo. Um fato interessante na história da agricultura brasileira é que nós erramos durante quatrocentos anos, principalmente aqui no Estado de São Paulo, mas também em Goiás, no Paraná, no Rio Grande do Sul. Tentamos desenvolver a agricultura nas condições tropicais adotando as mesmas operações de cultivo que trouxemos dos países da Europa e de clima temperado. Arar e gradear revolvendo o solo, o que não é hoje recomendado para um ecossistema tropical, que possui mais de 300 dias de insolação. Pelo contrário, expor o solo a radiação solar significa destruir microorganismos e matéria orgânica levando-o à sua quase certa degradação. Isso é o inverso daquilo que os europeus precisam fazer, pois eles têm uma janela de plantio de plantio e colheita muito pequena e precisam revolver o solo, muitas vezes para derreter o gelo armazenado no solo durante o inverno. Além disso, as chuvas nesses países são menos torrenciais do que aqui, o que faz com que tenhamos que plantar de outra maneira. E

nós demoramos quase quinhentos anos para aprender isso. E hoje temos máquinas e implementos agrícolas aqui desenvolvidas, operando milhares de hectares, em soja e milho, utilizando o plantio direto ou na palha, sem revolvimento do solo (Figura 1). Plantamos e colhemos duas safras no mesmo local e ano, em sucessão, sem irrigação, em grande escala.



**Figura 1:** Imagem típica do Centro-Oeste brasileiro, na parte superior da foto, com máquinas colhendo soja e simultaneamente, máquinas plantando milho. Duas colheitas de grãos, no mesmo ano, sem irrigação, utilizando o método do plantio direto na palha (parte inferior), prática agrícola conservacionista que evita o revolvimento do solo. O Brasil é o único país do mundo capaz de obter altas produtividades de soja e milho, sucessivamente e em larga escala, utilizando tal método.

A colheita de soja e milho, usada como fonte de proteína vegetal alimenta a cadeia da carne bovina, suína e de frangos projetando o Brasil como o maior exportador mundial de carnes. E, como produzimos etanol e açúcar a partir da cana a agricultura brasileira é capaz de produzir energia, como combustível, simultaneamente aos

alimentos e fibras, sem competição. Ninguém faz isso no mundo. E, agora, com sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta já estamos conseguindo usar e ocupar o solo 365 dias por ano. Regiões como as do semiárido nordestino, no vale do São Francisco, nos municípios de Petrolina e Juazeiro, foram completamente transformadas em áreas de alta produção agrícola, graças ao uso da irrigação. Com tudo isto o Brasil ainda preserva cerca de 60% da sua vegetação nativa. É o único país no mundo que pode fazer essa afirmação. Tem 60% da vegetação nativa ainda em pé. Das terras atualmente cultivadas ocupamos 50% com pastagem, 16% com agricultura e 3% com cana-de-açúcar. Em 2012, geramos uma safra de 180 milhões de toneladas de grãos, um recorde. Há pouco mais de 30 anos, produzíamos 60 milhões de toneladas. Então, multiplicamos por três, num tempo curtíssimo.

E quando nos voltamos para o mundo, o que encontramos? Podemos verificar problemas graves, quanto aos limites da Terra, o que pode ser avaliado por alguns indicadores: mudanças climáticas, taxa de perda da biodiversidade, ciclos de nitrogênio e fósforo, uso de água potável, alterações do uso do solo, acidificação dos oceanos e poluição química. Os três primeiros indicadores encontram-se no vermelho. Isto significa que a capacidade da Terra em responder a eles já não é mais suficiente, pois passamos do limite crítico, o que é muito grave, visto que a agricultura não existe sem nitrogênio, fósforo e potássio. Além disso, temos imensas áreas do planeta que estão sob stress e escassez de água. Essa é uma situação gravíssima, pois a água é muitas vezes de difícil acesso ou está contaminada. Não há dúvida alguma que a água será a grande commodity deste século, ocupando a posição de importância do petróleo no século passado. Nesse sentido, o Brasil ainda é um país privilegiado, pois possuímos 12% da água de superfície do planeta (Figura 2). No entanto, embora sejamos líderes neste recurso, nós temos problemas graves.

### EXPLORAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS/HÍDRICOS

- **Brasil possui 12% da água doce do planeta**
  
- **ANA publica o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil 2011:**
  - ❖ **RETIRADA TOTAL DE ÁGUA (1.841,5 M<sup>3</sup>/S)**
    - **47% Irrigação**
    - **26% Abastecimento urbano**
    - **17% Uso industrial**
    - **8% Uso Animal**
    - **2% População Rural**
  
  - ❖ **CONSUMO TOTAL (986,4 m<sup>3</sup>/s)**
    - **69% Irrigação**
    - **12% Abastecimento urbano**
    - **10% Uso industrial**
    - **7% Uso Animal**
    - **2% População Rural**

**Obs.: 83% é no meio rural!  
Irriga-se cerca de 4.6 mi hectares.  
Potencial de 29.6 mi hectares.**

**Figura 2:** Importância da água na agricultura, conforme dados de 2011 da Agência Nacional da Água(ANA) referentes à retirada total e consumo total, com detalhamento dos seus principais usos. Deve-se lembrar que o Brasil irriga somente cerca de 4.6 milhões de hectares frente a um potencial de 29.6 milhões de hectares.

No momento, estamos irrigando apenas cerca de 4,6 milhões de hectares, num potencial de irrigação de 30 milhões. Mas um fato que é surpreendente: destinamos 59% à irrigação, 12% ao uso animal, 10% ao abastecimento urbano, 7% ao uso industrial. No geral, 83% do consumo ocorre em meio rural (Relatório ANA, 2011). Assim, nas próximas

décadas, com a demanda mundial por alimentos e energia aumentando e o Brasil tendo que suprir quase a metade do crescimento da demanda de alimentos teremos que incrementar a área irrigada. Do ponto de vista interno, dada a primazia da agricultura em gerar divisas para o país poder investir no pré sal, em educação, saúde, segurança e infraestrutura nós iremos aumentar a área irrigada e, portanto aumentar a pressão sobre os recursos hídricos. E, conseqüentemente aumentar a competição com o meio urbano e industrial pelo uso da água. O que permite prever, se a gestão dos recursos hídricos for inadequada, o surgimento de conflitos importantes por escassez ou qualidade da água, como já verificados na Califórnia e em vastas regiões do Oriente Médio, da África e da Ásia.

### **Tecnologia e Futuros Possíveis para a Agricultura**

Imagina-se que a agricultura só serve para produzir alimentos, mas ela já é mais do que isso. É também importante para o bem estar, produção de biomateriais, manejo de ecossistemas, economia do carbono, agroturismo, aquicultura, viabilização de sistemas de produção integrados, dentre outras funções. Também atende a mercados regionais e étnicos. Por exemplo, o feijão caupi, regionalmente é chamado de feijão fradinho e usado na alimentação humana, o que muda o sentido da palavra caupi, que vem do inglês e significa “ervilha de vaca” ou feijão para fornecer ao gado. E hoje é um grande negócio no Brasil para exportação para mercados como da Turquia, que são grandes consumidores, como alimento. Assim verificamos que a agricultura apresenta multifuncionalidade e a complexidade de gestão e tomada de decisão é cada vez maior, o que abre maior espaço para a contribuição das universidades e instituições de pesquisa.

Um dos grandes desafios na gestão da agricultura é a Engenharia de Sistemas Complexos, que é um grande desafio para todos nós. Ela lida com sistema de sistema. É o caso de um sistema de produção agrícola e um sistema de produção de energia. De cana para açúcar e de cana para etanol. No estado de São Paulo o citrus entrou na área ocupada com pastagem e mais recentemente a cana entrou na área de citrus e de



pastagem. Como fica a produção de carnes, de leite e de citrus? Há competição ou complementaridade e cooperação entre os diferentes sistemas de produção? Sabe-se, da teoria de sistemas complexos, a existência de sinergias e que as mesmas podem ser positivas ou negativas, o que significa que um mais um não é necessariamente igual a dois; pode ser maior ou menor, dependendo de como são feitas as interações e as trocas. Essa é uma área de pesquisa “quente”, que apresenta desafios teóricos e práticos e que exige conhecimentos interdisciplinares e colaboração multistitucional, nacional e internacional. Não será possível elaborar e implementar sistemas de produção sustentáveis sem o emprego das ciências, da engenharia e da gestão de sistemas complexos. Como encontrar um denominador comum entre as componentes social, ambiental e econômica incluindo as dimensões regionais em um contexto de globalização? É um sistema de várias componentes, as variáveis são acopladas, interagem entre si, redundando em um sistema não-linear, do ponto de vista da modelagem matemática. Daí, a urgência em começar a pavimentar essa área do conhecimento no sistema de educação, ciência e tecnologia brasileiro, talvez dando início no ensino superior e na pós-graduação, conforme algumas iniciativas em andamento no Brasil e no exterior.

A ciência tem progressivamente mudado os seus paradigmas. Norman Borlaug, Nobel da Paz e pai da Revolução verde, foi um grande defensor da utilização de biotecnologia na agricultura. E por meio da tecnologia foi possível contrariar as previsões catastróficas da teoria Malthusiana. Ou seja, Malthus previa que a demanda da população por recursos para produzir alimentos, p. ex., cresceria em uma taxa superior aos recursos disponíveis e que, portanto, a humanidade entraria em colapso. A ciência e a tecnologia mudaram esse rumo. O melhoramento genético de plantas e animais, a correção da fertilidade do solo, o uso de agroquímicos e de máquinas e equipamentos nos campos agrícolas são exemplos exuberantes de mudanças paradigmáticas na agricultura. E, os progressos tecnológicos não param por aí. Hoje, boa parte das sementes de soja, milho e algodão, plantadas no mundo são organismos geneticamente modificados. Aqui no Brasil, na última safra, de 2012, cerca de 80% da

soja , 70% do milho e 40% do algodão plantados tiveram origem em sementes transgênicas.

Eu gosto de exaltar o exemplo da Madame Curie que foi a primeira mulher a fazer doutorado na Europa. Imigrante da Polônia ela ganhou 2 prêmios Nobel. Ela costumava dizer, ainda no início do século passado, mas completamente adequado aos tempos atuais: “Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é a hora de se compreender mais, para se temer menos”. Eu creio que nós estejamos vivendo esse momento da história. O medo do futuro é enorme para todo mundo. O que vai acontecer com o meu emprego, com a minha profissão, com a minha família? Vivemos uma época de grandes incertezas. A única certeza que temos é que o futuro é incerto. Assim, é necessário que compreendamos melhor a complexidade, não dá mais para trabalhar somente com um modelo que utiliza um sistema reducionista e determinístico, de uma ou duas variáveis, para descrever a realidade. Precisamos entender muito mais a natureza, entender as relações humanas e toda a complexidade que existe na relação do homem com a natureza. De acordo com esta óptica não há como fugir das Ciências, da Engenharia e da Gestão de Sistemas Complexos.

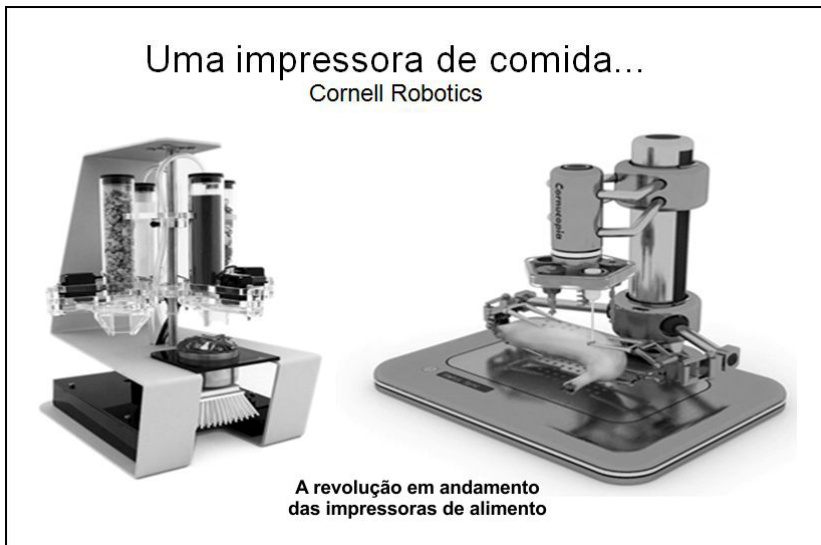
Outro paradigma importante quanto aos futuros possíveis, diz respeito às Tecnologias Convergentes, apoiadas em quatro pilares fundamentais: bits, genes, neurônios e átomos. O Brasil ainda está acordando para isso. Nós estamos atrasados em relação aos Estados Unidos em pelo menos uma década. Em 2002, a National Science Foundation elaborou um relatório estabelecendo o conceito e avaliando o potencial e os possíveis impactos da chamada convergência tecnológica ou tecnologias convergentes. A Europa fez o mesmo movimento dos americanos em 2005 e a China, logo em seguida. Acredito que se perguntarmos para os cientistas brasileiros o que significa tecnologias convergentes, provavelmente 80% deles não saberão responder adequadamente. Hoje, o homem, através da nanotecnologia, da biotecnologia, da tecnologia da informação e comunicação e das ciências cognitivas dispõe, respectivamente, de capacidade para manipular átomos, genes e bits e realizar a gestão do conhecimento.

A biotecnologia envolve os transgênicos, clonagem, sequenciamento genético, genômica, proteômica, metabolômica e assim por diante. A tecnologia da informação e da comunicação possui quatro vertentes, chamadas de “consumidorização”. Hoje quem produz informática não a desenvolve prioritariamente nem para o governo e nem para as empresas, mas primeiramente para o público, para as grandes massas. Em resumo, as quatro vertentes são: mobilidade, computação nas nuvens, analítica do Big Data e redes sociais. São quatro derivações diretas que vemos na prática do dia a dia. Um agricultor usuário de celular pode se conectar ao GPS, que por sua vez pode se conectar à rede de assistência técnica, com o fornecedor de insumos e se quiser, saber o preço de sua commodity na bolsa de valores do mercado futuro de Chicago ou quanto o mercado chinês está pagando pelo seu produto. Todos se falando em tempo real. Verificando se tem o produto, quanto custa e quanto tempo demora para colocá-lo na fazenda. Essa é a realidade no campo mesmo aqui no Brasil, em setores mais avançados. E a próxima onda tecnológica, a entrar em cena, virá do uso das Ciências Cognitivas. A previsão mundial é que estará em forte uso por volta de 2020. Nessa área entra neurolinguística, inteligência artificial, psicologia, filosofia. O que propiciará a união de várias áreas das ciências humanas, com as ciências exatas e as ciências da vida. Todas convergindo cada vez mais entre si.

Um exemplo de tecnologia da Embrapa Instrumentação é a língua eletrônica, com sensores que utilizam a nanotecnologia. Cerca de nove ou dez sensores conseguem fazer uma amostragem e gerar sinais que podem ser comparados a padrões previamente estabelecidos e com isto avaliar indicadores como, de qualidade do vinho, de qualidade da água e de adulteração de cafés. É cerca de mil vezes mais sensível do que a língua humana e pode ser incorporada à linha de produção na agroindústria. Outro exemplo importante são as nanofibras e nanocelulose. Fibras provenientes, por exemplo, de bagaço de cana, ou de uma forrageira como o capim elefante ou da desconstrução da fibra de coco. Existem cerca de dez empresas no mundo sendo constituídas, neste momento, para este fim. Prevê-se que o mercado mundial de nanocelulose será enorme, mobilizando recursos gigantescos, muito maiores do que os do pré-sal ou de outros empreendimentos similares.

Para efeito didático e de maneira grosseira, essencialmente pode-se produzir nanocelulose a partir da desfibrilação da fibra de coco, por exemplo, transformando-a em uma pasta composta de moléculas e átomos que por sua vez podem ser arranjados de outra forma para gerar o produto pretendido (nanofibra). Como resultado aplica-se as nanofibras sobre uma superfície, como se fosse uma pintura invisível, conferindo uma resistência resultante ao material que pode chegar a ser dez vezes maior do que a do aço. E são simplesmente fibras. Isso vai mudar a indústria do automóvel, do avião, a agricultura, e assim por diante. É importante ressaltar as oportunidades de se criar empresas baseadas em tecnologias como essa e profissionais com habilidades para trabalhar nesse ramo. Uma outra possibilidade de utilização de tecnologias convergentes baseia-se na impressão tridimensional de objetos. Na universidade de Cornell existe um grupo avaliando a possibilidade de se construir uma impressora de alimentos e de tecidos humanos (Figura 3). Ela funciona de modo semelhante a uma impressora de jato de tinta, mas ao invés de jogar tinta, ela joga ingredientes que compõe alimentos, camada por camada, em nível molecular, utilizando softwares de reconstrução tridimensional até reconstruir o alimento desejado. Assim, aquele bolo da vovó, pode ser impresso se tivermos um algoritmo de reconstrução. Pode ser feita, também uma banana, camada por camada. Imaginem o que significará para a logística se for possível que lá no Japão, onde uma banana custa mais de um dólar, possa se reconstruir uma banana.

No Japão é moda os jovens levarem banana para comer em uma festa. Será fantástico se, ao invés de importar do Brasil, se eles puderem, com uma fórmula, reconstruir as suas próprias bananas, a partir de amido, celulose, lignina e o que mais for necessário. Existem dez máquinas dessas espalhadas pelo mundo todo. São fechadas, custam alguns milhares de dólares e estão sendo testadas, nesse momento. Mas não é tanto na área agrícola e sim na área da medicina, para fazer tecidos. Já estão sendo feitos tecidos, camada por camada, célula sobre célula, utilizando um algoritmo de reconstrução e gel que vai dando forma e formando a pele ou outros tecidos. Serão construídos também órgãos, mas ainda não se sabe como reconstruí-los em três dimensões. Crê-se que em 10 a 15 anos isto estará resolvido.



**Figura 3:** Grupo de robótica de Cornell desenvolve impressora para alimentos, podendo gerar grande impacto tecnológico no sistema de produção alimentar. A partir de ingredientes nanométricos a banana ou o bolo são impressos camada por camada.

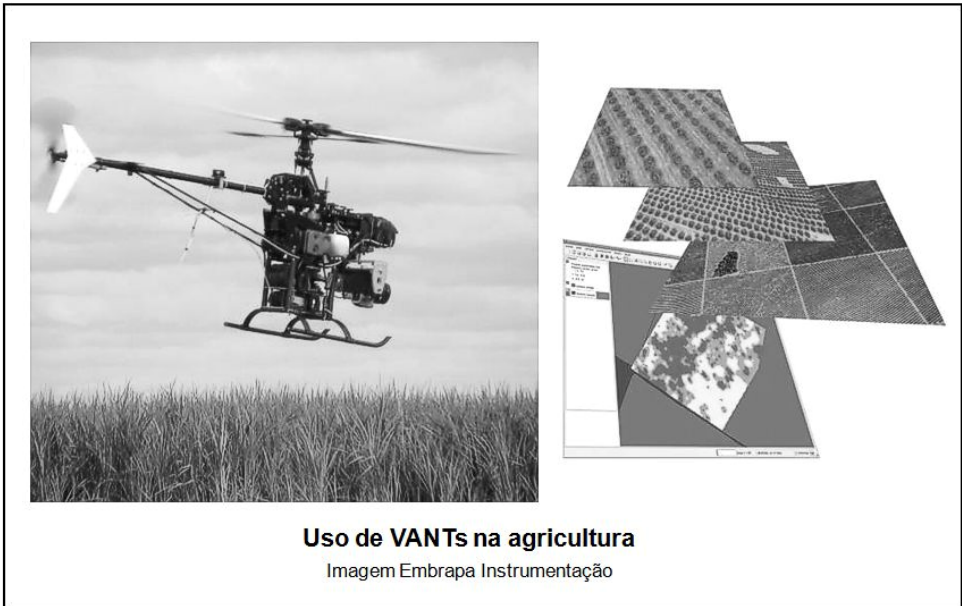
Outra área que não é tão recente é o monitoramento via satélite, mas igualmente importante para se fazer gestão territorial. O Brasil fez um acordo importante com a China para fazer satélites e coloca-los em órbita, mas ainda não avançamos tudo que desejávamos. A China disparou e agora está colocando em órbita uma estação orbital enquanto nós ainda não saímos do chão. Mas, de qualquer maneira, foi muito importante esse acordo. Hoje o Brasil tem uma cobertura bastante ampla de seu território, com atualizações de imagem bastante frequentes.

Antes de termos esse monitoramento na agricultura a nossa história era bem diferente. Um exemplo disso era a aplicação do famoso blefe do café. Nós tínhamos o IBC, que era o Instituto Brasileiro do Café que posteriormente foi fechado. Na época do IBC não existia avaliação aérea. Os comerciantes de café diziam: “Olha, esse ano haverá uma grande quebra de safra, praticamente não vamos colher café”. Aí o preço do café no mercado internacional disparava. É lógico que em dois

meses o blefe era descoberto e os preços despencavam, mas era gerada especulação suficiente para que um grupo de especuladores ganhasse dinheiro. Mas a ciência acabou com isso. Hoje os americanos sabem o quanto nós vamos produzir de laranja, de café, de milho ou de soja. Sabem qual a área plantada, como é que se encontra a safra nesse momento, se esta havendo uma estiagem prolongada, se esta chovendo demais, se a incidência de tal e qual praga e doença afetará a produtividade do cafezal e assim por diante. Enfim, é possível se fazer estimativas de produção bastante confiáveis, mesmo remotamente.

Atualmente o Brasil também está entrando firmemente nessa área. São Carlos hospeda duas empresas que constroem veículos aéreos não tripulados – os VANTs (Figura 4). Esses VANTs têm usos diversos. Na lavoura permitem a visualização aérea, por exemplo, de doenças ou a falta de nutrientes. Mini helicópteros autônomos já existem: são programáveis, levantam voo, cumprem determinada visão e aterrissam de volta. Os aparelhos podem parar no ar, em determinado lugar e fazer observações por períodos mais longos.

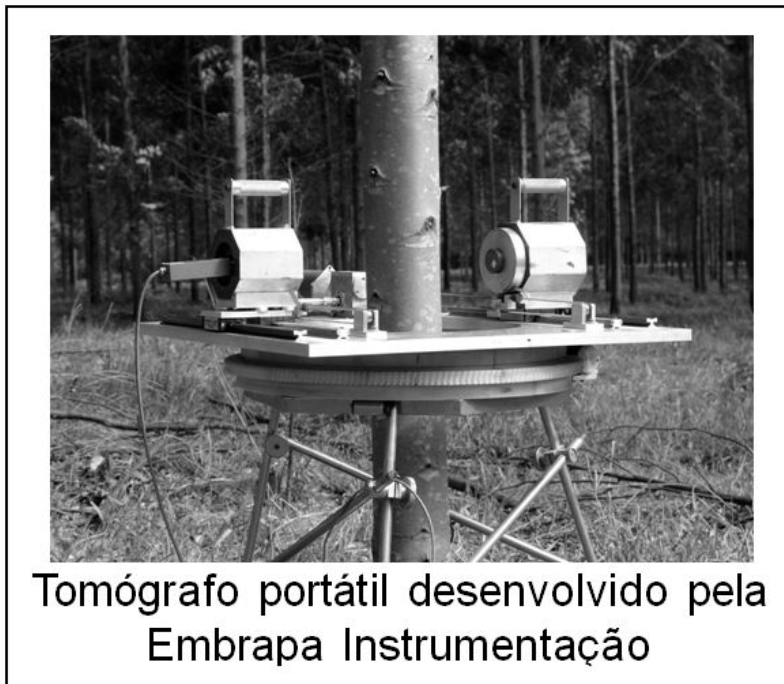
Os VANTs apresentam importantes aplicações. Incorporam óptica, automação, GPS, inteligência artificial, tecnologias de comunicação; todas essas tecnologias embutidas nele. O emprego de VANTs tornou-se vedete mundial, principalmente pelo seu uso para fins militares, vigilância de fronteiras, dentre outros. Utilizando de tecnologias de comunicação e coleta avançadas esses aparelhos enviam imagens de alvos de interesse, em tempo real, para a base militar. Mesmo que sejam abatidos, conseguem prestar valiosos serviços aos seus usuários, valendo-se do espaço aéreo. O Brasil comprou alguns desses equipamentos visando à vigilância de nossas fronteiras, do tráfico de drogas e outros usos.



**Figura 4:** Exemplo de uso de Veículos Aéreos não-Tripulados (VANTs) na agricultura. No caso, helicóptero autônomo com câmera de alta resolução para tomada de imagens digitais da cultura de cana de açúcar e possível obtenção e análise de parâmetros relevantes do ponto de vista agroambiental.

Outro exemplo de utilização do VANT na agricultura é a pulverização autônoma. As câmeras que equipam tais aparelhos obtêm imagens capazes de detectar a área que está, por exemplo, sob ataque de uma praga. O aparelho, então, instrui um pulverizador no solo ou aéreo, para pulverizar somente a região afetada. Como consequência, obtêm-se economia de pesticida e menor agressão ao meio ambiente. Outro exemplo importante de inovação é a linha de tomógrafos, incluindo portáteis, desenvolvidos pela Embrapa Instrumentação dedicados à análise de solo, plantas e madeira. Fiz minha tese de doutorado, baseada no uso de um tomógrafo médico e de um minitomógrafo. O aparelho permite ver o interior de uma amostra de solo ou de uma árvore, contabilizar os anéis de crescimento, medir a densidade da madeira e os resultados podem ser empregados na seleção de estirpes ou no monitoramento do ataque de alguma praga, dentre outras inúmeras aplicações.

Outro equipamento de grande interesse é o Photon Citrus para detecção de doenças em citrus, desenvolvido principalmente pela colega Débora Millori. Passando-se uma folha pelo aparelho sob um feixe de luz à laser, é possível emitir um pulso de luz e captar um sinal e fazer a análise do material. O equipamento serve para detecção de doenças variadas logo no início, muito antes de ser visível a olho nu. É um equipamento que já está quase na fase final de protótipo e de teste em campo. É uma das nossas últimas novidades. O nosso tomógrafo portátil (Figura 5) também tem recebido grande destaque. Desenvolvido pela Embrapa Instrumentação, o tomógrafo portátil para uso em laboratório e campo, analisa qualitativa e quantitativamente árvores e plantas, como os tubérculos, entre eles, batata e mandioca. Em árvores, o equipamento analisa ataque de cupins, formigas e besouros.



**Figura 5:** Tomógrafo portátil desenvolvido na Embrapa Instrumentação para estudos não-invasivos de solos e plantas, incluindo a análise de tubérculos e de anéis de crescimento de árvores de interesse agro-florestal.



O Projeto FACE, que mede e avalia gases do Efeito Estufa é um outro projeto importante de amplitude internacional. Utiliza uma parafernália de instrumentação. Imagine todos os sensores para temperatura, velocidade do ar, pressão atmosférica, evaporação, evapotranspiração, CO<sub>2</sub>, enfim, todas as possibilidades para se monitorar, avaliar e medir gases do efeito estufa. Um dos propósitos do FACE é permitir saber se uma plantação de café, em dado solo e clima, sob determinado manejo, por exemplo, sequestra carbono e quanto. No caso positivo o cafeicultor estaria prestando um serviço ambiental. Portanto, além de cafeicultor ele é um sequestrador de carbono, passando a ser também um prestador de serviços ambientais e, portanto deveria receber um bônus, por isto. Mas, para que essa hipótese possa se materializar, primeiro é preciso desenvolver metodologia de caracterização e medição que permita verificar se o balanço é positivo ou negativo. Potencialmente, outros recursos como água e energia também poderiam sofrer avaliações e serem objeto de balanços.

Há mais novidades na área de instrumentação agrícola. Um equipamento que tem recebido destaque junto à mídia, ilustra bem o tema deste capítulo aplicado ao cultura do café, chamado de derriçadeira. O projeto da derriçadeira foi desenvolvido numa parceria entre a Embrapa Instrumentação e a Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé, no sul de Minas. O equipamento foi desenvolvido por uma equipe liderada pelo pesquisador Ricardo Inamasu, da nossa unidade de Instrumentação. Parece um personagem da ficção nas mãos dos agricultores. O equipamento que faz os galhos vibrarem e derruba o café no chão é considerado uma revolução na colheita de café pelo interior do Brasil. Comparado com a colheita manual, o trabalho feito com a derriçadeira rende 50 a 10% a mais, o que é vantagem para o produtor e para o empregado. Com o preço do café em alta o salário do trabalhador também está melhor: quem colhe com as mãos recebe, em média, R\$ 1.500,00 por mês; já com o uso do equipamento o salário mensal chega a quase R\$ 5.000,00. Segundo um representante do Sindicato dos Trabalhadores Rurais do sul de Minas, essa tecnologia não substitui o trabalhador; ao contrario, melhora a condição de trabalho, pois aumenta a rentabilidade e as questões de saúde e de segurança. O custo do equipamento não é elevado e os

apanhadores conseguem pagá-lo em apenas três meses. Isso fez com que muitos trabalhadores que haviam migrado para a construção civil em busca de salários mais altos retornassem para a lavoura. Hoje o equipamento é fabricado por várias empresas. Esse é um exemplo de tecnologia com grande impacto econômico e social que foi para o campo e esse é um dos papéis que temos que exercer cada vez mais.

No que se refere à instrumentação no campo, cada vez mais a automação, a robótica, a mecatrônica, a inteligência artificial, a analítica do big data terão prioridade, devido ao número crescente de dados de solo, clima, água, ar e vegetação que precisam ser obtidos e analisados, no espaço e no tempo, quando se pretende tomar decisões sustentáveis. Para que se possa fazer o manejo adequado e atuar sobre dada realidade em tempo real, utilizando conceitos como os de agricultura de precisão, equivalente esforço terá que ser desenvolvido na área de instrumentação. Do ponto de vista da avaliação e do manejo de ecossistemas terrestres e aquáticos adota-se a escala de bacia hidrográfica como unidade de gestão mundialmente aceita para a tomada de decisão. Consideremos o entorno de um dado rio de interesse. Através de imagens de satélite é possível observar a presença de diferentes atividades agrícolas, assim como as áreas de proteção permanente, áreas de reserva legal, culturas de cana, laranja e eucalipto, áreas de pesca, urbanas, industriais, o que caracteriza o uso e ocupação do solo. Entender o ecossistema terrestre é fundamental para se entender o ecossistema aquático e vice-versa. Na realidade, o grande desafio de pesquisa em recursos naturais é desenvolver estudos integrados dos dois ecossistemas, utilizando o conceito de bacia instrumentada e a modelagem para simulação de cenários futuros. Como saber se o fósforo, nitrogênio ou o sedimento que leva ao assoreamento e eutrofização do corpo d'água tem origem na atividade agrícola, industrial ou urbana? Ou, avaliar se o manejo empregado por um produtor rural diminuiu a perda de solo que antes gerava erosão hídrica além de diminuir a água de escoamento superficial. Consequentemente, o produtor rural está prestando um serviço ambiental, também como produtor de água, ajudando a retroalimentar aquífero, fazendo jus a um bônus. Para se lidar com esses conceitos

mais modernos de serviços ambientais, será preciso instrumentar adequadamente a bacia hidrográfica.

## **Novos Arranjos Institucionais e Novas Parcerias Estratégicas para a Inovação**

Para o desenvolvimento do Brasil no mundo globalizado precisamos de novos arranjos e de novas parcerias com outros países. Eu gosto bastante de uma definição simples do Nicholson, ex-3M, que foi o inventor do Post-it, na qual ele distingue claramente o que é pesquisa e o que é inovação. Segundo ele, pesquisar é transformar dinheiro em conhecimento. Quanto mais dinheiro se coloca na NASA mais conhecimento ela gera. Do mesmo modo, quanto mais dinheiro for colocado no Instituto de Física, mais conhecimento ele irá gerar. O mesmo se aplica ao Instituto de Matemática e de Computação ou até mesmo à Embrapa, por serem instituições competentes na geração de conhecimento. No entanto, o desafio da inovação estabelece o contrário: é preciso transformar conhecimento em dinheiro. Quando o país tem as duas coisas, pesquisa e inovação, ele tem um ciclo virtuoso. O Brasil infelizmente ainda não tem esse ciclo; nós melhoramos muito, mas ainda geramos quase só conhecimento e pouquíssima inovação. E, ainda temos que gerar muito mais conhecimento. Por isto, a questão não é saber quem nasceu antes: o ovo ou a galinha. Portanto, o grande desafio é viabilizar o ciclo virtuoso de transformar dinheiro em conhecimento e conhecimento em dinheiro por meio da inovação. Hoje somos motivo de orgulho por termos avançado na área de pesquisa. Estamos em décimo terceiro lugar na geração de conhecimento; batemos países como e a Suíça na geração do conhecimento. O Brasil gera mais trabalhos publicados no mundo do que muitos países que tem tradição milenar ou de séculos em pesquisas. É só lembrarmos de Leonardo da Vinci e outros cientistas renomados de nossa história. Mas gerar conhecimento é apenas uma parte do processo. Precisamos pesquisar, mas precisamos também ter gente fazendo a inovação acontecer. Um exemplo interessante, fruto de colaboração entre a Embrapa Instrumentação, a Escola de Engenharia de São Carlos-USP e a empresa Jacto, foi a construção de um *agrifo* (Figura 6), veículo terrestre

autônomo, que incorpora tecnologias avançadas advindas da automação, da robótica, da eletrônica embarcada, mecatrônica, dentre outras. O *agribot* é uma plataforma móvel, programável, capaz de realizar multitarefas de interesse agropecuário, visando subsidiar decisões de importância à agricultura de precisão.



**Agribot da Embrapa, EESC-USP e Jacto**

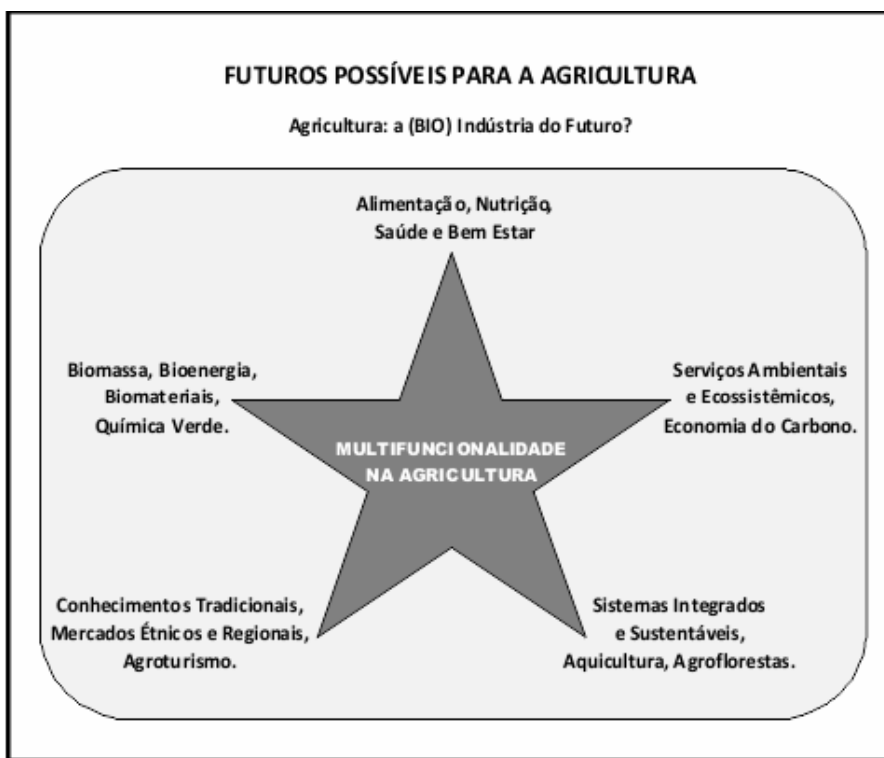
Uso de Automação Avançada, Controle, Robótica, Mecatrônica, TI

**Figura 6:** Agribot: plataforma móvel, programável, capaz de realizar multitarefas de interesse agropecuário, visando subsidiar decisões de importância à agricultura de precisão.

Nesse contexto, a pesquisa privada vem com muita força. No agronegócio os investimentos têm sido amparados por marcos legais importantes: as leis da Biossegurança, de Cultivares e Lei de Inovação. Estes são avanços enormes que o Brasil fez nos últimos 10 anos. Nós temos hoje esse mercado importante. Há 15-20 anos atrás dos investimentos em Ciência e Tecnologia, 30% vinham da iniciativa privada e 70% do setor público. O meu “feeling” (o Brasil não tem dados recentes especificados para o agro) é que nesse momento o investimento privado em pesquisa na área de biotecnologia e na

agricultura praticada no Brasil já é maior do que o investimento na pesquisa pública. Isso nós não percebemos ainda; não há estudos, não há estatísticas, não há censo mostrando isso, mas essa virada, no meu entender, já aconteceu. Na minha sensibilidade andando pelo Brasil e trabalhando com estudos inclusive privados, o que já acontecia com os EUA quando eu estava lá montando o laboratório da Embrapa entre 1998 e 2001, esta claramente acontecendo aqui. As pesquisas privadas avançaram e a Embrapa já perdeu o seu protagonismo na área de sementes como as da soja, do milho e do algodão, pelo fato de serem cada vez mais transgênicas e protegidas, quanto ao direito de apropriação privado. Nessa área de organismos geneticamente modificados a primazia em lançamentos é de grandes corporações privadas, de atuação multinacional, salvo raríssimas exceções como no caso do feijão transgênico, lançado pela Embrapa. E, mais que sementes, o domínio do “pacote tecnológico” envolvendo insumos, assistência técnica, financiamento, compra e logística é cada vez mais privado. Idem quanto à proteínas animais, eucalipto, cana, máquinas e implementos, dentre outros. Cada vez mais nessas culturas, nesses animais e nos sistemas de manejo, assistência técnica e tomada de decisões já se aplicam resultados de tecnologias avançadas advindas da biotecnologia, da automação, da tecnologia da informação e mesmo de neurolinguística. A agricultura é multifuncional (Figura 7). Tal Multifuncionalidade da existe por meio de várias facetas, que envolvem produção de alimentos, fibras e energia, em sistemas integrados e sustentáveis, respeitando também os conhecimentos tradicionais e considerando ações de agroturismo, mercados étnicos e regionais, serviços ambientais e ecossistêmicos, dentre muitos outros.

Desta forma, a mudança é muito forte e rápida. Assim, quando mudam os atores, muda o mercado ou vice-versa e aí o vencedor do passado e do presente pode ser o perdedor do futuro. No que tange aos investimentos de retorno no curto prazo, em que há segurança jurídica, a tendência nacional é a mesma dos países desenvolvidos: predomínio da iniciativa privada não só na produção de commodities, o que é desejável, mas também na tecnologia e na inovação. E fica evidente que o sucesso futuro do empreendimento tem forte dependência do emprego de tecnologias avançadas.



**Figura 7:** Multifuncionalidade da agricultura ilustrada através de suas várias facetas, além da produção de alimentos, fibras e energia.

Um exemplo relevante e atual de nucleação de “start-ups” em biotecnologia vêm de empresas estrangeiras (mais de dez) recentemente instaladas no eixo Campinas/Piracicaba. E o que elas fazem? Sementes energéticas, de eucalipto geneticamente modificado para produzir menos lignina e resistir ao frio. Além disso, essas empresas desenvolvem: eucaliptos geneticamente modificados para terem a sua produtividade aumentada; enzimas especializadas para produção de biocombustível a partir da celulose; leveduras geneticamente modificadas para produzir químicos a partir de açúcar; microalgas geneticamente modificadas para produzir óleos a partir de açúcar e sementes do pinhão manso para produzir bioquerosene da aviação. E como o Brasil se encontra no desenvolvimento das tecnologias de segunda geração, ou seja, transformação de ligno-celulose em biocombustível? A menos por raras exceções, ainda temos poucos

exemplos de sucesso a oferecer. Não só pela dificuldade intrínseca de aumentar rendimento de biomassa em biocombustível, viabilizando resultados tecnicamente e economicamente compatíveis, mas também devido ao número de profissionais atuando nesta área ser ainda muito pequeno, comparado com o equivalente nos países concorrentes. Além disso, ainda investimos relativamente pouco em pesquisas. Em 2005 o prêmio Nobel Alan MacDiarmid, em visita ao Brasil e à Embrapa Instrumentação, afirmou que o Brasil precisaria correr para não perder a primazia na produção de etanol (Nessa data o Brasil era o maior produtor de etanol, à frente dos EUA). Sugeriu parcerias com a China, com a Nova Zelândia e com a iniciativa privada na área de biocombustíveis. Infelizmente não corremos o necessário e o Brasil já perdeu a competição do etanol para os EUA, que já estão produzindo quase o dobro do que produzimos na última safra. E, pior, pois produzem etanol a partir do milho, processo este 4 a 5 vezes menos eficiente do que a cana, do ponto de vista energético. Não estamos produzindo etanol nem para o consumo brasileiro; estamos importando etanol e bioquerosene para aviação. Na época havia alguns empresários querendo montar empresas na área, mas não tivemos capacidade para montar esses empreendimentos aqui. Enquanto isso, as empresas estrangeiras estão investindo pesado no melhoramento de microrganismos capazes de aumentar a conversão de sacarose e celulose em etanol, o que têm resultado em maior produtividade do etanol.

E sabe qual é o mais importante disso tudo? É não ficar somente na onda do fala, fala, fala, no máximo discutindo possibilidades. Precisamos transformar retórica em ação! Sabemos que uma das grandes ondas de inovação virá com a Nanotecnologia. Já mostrei alguns exemplos. Mas será que iremos montar alguma empresa aqui? Será que a Embrapa que possui uma rede enorme de conhecimento vai induzir spin-offs de empresas ao seu redor? A USP vai fazer isso? O Instituto de Física, a Engenharia e a Matemática vão continuar a incentivar o desenvolvimento de empresas como fizeram com a Opto e com outras empresas importantes para a economia regional e do país? A onda é real, talvez um tsunami, só que já está passando; é para uns 10 anos no máximo. Eu me lembro que na discussão da biotecnologia o

Brasil ficou patinando com a Lei de Biossegurança, discutindo a viabilidade de transgênicos ou não transgênicos. Depois demoramos para fazer funcionar a CTNBio (Comissão Nacional de Biossegurança) que somada a quase inexistência da “cultura da inovação” perdemos a oportunidade de constituir um número significativo de empresas nacionais ou mistas.

O desenvolvimento regional também é um paradigma difícil de fazer acontecer. São Carlos é um belo exemplo de desenvolvimento tecnológico, mas tem dificuldades. A Cidade da Energia depois de cinco anos, ainda não decolou, os parques tecnológicos ainda estão tímidos quanto ao potencial empreendedor, mesmo contando com lideranças muito ativas. Parece que o Damha que é privado tem uma expectativa interessante de desenvolvimento tecnológico porque está associado com a questão imobiliária; portanto, teoricamente tem um retorno nesse investimento. Para as empresas crescerem e se viabilizarem, precisam do envolvimento do setor público, facilitando o seu estabelecimento e criando legislações. Precisam contar com o decisivo apoio da comunidade de ciência e tecnologia. Precisam contar com o apoio e o investimento de empresas de capital. Sem empresas a região não tem o desenvolvimento, não tem a produção, nem tem os investidores e o seu capital.

A nível nacional sabemos que o Brasil tem grande potencial inovador, com os parques tecnológicos, as áreas de automação, com os sistemas virtuais de produção, tecnologia a laser, com as iniciativas do SENAI, SEBRAE, SENAR, SESI, os centros tecnológicos e estaduais, dentre outros. Sabemos que existe uma concentração enorme de produção científica e de empresas no Sul e Sudeste, por várias razões. O Centro Oeste também tem enorme importância para o desenvolvimento do Brasil, assim como o Norte e o Nordeste. O Centro oeste é o celeiro do Brasil, o maior produtor de soja, milho e proteína animal, mas possui pouquíssimos parques tecnológicos, até por falta de empreendedores e não de oportunidades. Será que haverá a migração de empresas e empreendedores do Sul e Sudeste para essas áreas ou o Centro Oeste será ocupado por outras empresas e empreendedores de fora do Brasil que vão produzir tecnologia e ganhar dinheiro? Ou, de outra maneira, por que não fazer parcerias com empresas estrangeiras para



implementar estratégias de desenvolvimento tecnológico em outras regiões do Brasil caracterizadas por baixa densidade científica e tecnológica? É bom lembrar que o “boom” desenvolvimentista e de produção, fundamentados no mais puro empreendedorismo, hoje presente no Centro Oeste, tem na migração do Sul e Sudeste sua principal base de sustentação. Então, por que também não migrar parte do desenvolvimento científico-tecnológico para lá, para preencher a lacuna existente?

Para terminar, cito um exemplo de ousadia nacional em inovação e empreendedorismo. Três jovens criaram uma empresa, em Piracicaba-SP, chamada *Bug Agentes Biológicos*, que utiliza controle biológico para viabilizar práticas de manejo integrado de pragas e doenças que afetam culturas agrícolas. Dois dos jovens eram técnicos do departamento de entomologia da ESALQ. Técnicos! Não é preciso ter Ph.D., é preciso ter iniciativa, ousadia, capacidade gerencial, competência técnica. Esses técnicos uniram-se a um aluno de mestrado. Eles perceberam que tinham uma grande oportunidade de usar aquele conhecimento e transforma-lo em uma atividade empresarial. Partiram para isso inicialmente com o apoio da Fapesp e depois FINEP. Agora a pequena empresa já esta fazendo controle biológico para morango, para cana de açúcar e outras culturas no Brasil. Já está avaliada em mais de 10 milhões de reais! Foi considerada a empresa mais inovadora do Brasil, no ranking da Fast Company, de 2012, à frente de gigantes como Petrobras, grupo EBX e Embraer. Este é um exemplo nacional de sucesso em inovação agropecuária que reuniu a capacidade de transformar ideias e oportunidades em ação e resultados concretos. Mesmo que a empresa seja vendida, em seguida. Começar, fazer dar certo, entrar no mercado e sair também é uma excelente chance de pessoas visionárias terem sucesso. Pena não termos tantos outros exemplos inovadores como o da Bugs para citar, mas vale resgata-lo, no mínimo, como uma prova de conceito.

Concluindo, gostaria de lembrar Confúcio: “se você tem metas para um ano, plante arroz; se você tem metas para 10 anos, plante uma árvore; se você tem metas para 100 anos, então eduque uma criança; mas se você tem metas para 1000 anos, então preserve o meio ambiente”. Porque se não preservarmos o meio ambiente, não haverá

criança, não haverá árvore e não haverá arroz. E, como país ou instituição, como estamos em planejamento, de médio e longo prazo? Estamos plantando arroz, árvore, educando crianças ou preservando o meio ambiente? Olhando o horizonte no intervalo de 1000 anos, temos a dádiva de ainda ter 60% de nossas florestas nativas, 12% de toda a água de superfície do planeta, a maior biodiversidade tropical do mundo. Portanto, é preciso conservar tais tesouros. No entanto, a impressão que fica é que nosso planejamento não chega a 10 anos, o que é muito pouco. Ainda há tempo de olhar um pouco mais à frente. Por isso é preciso intensificar, urgentemente, nossas ações para cuidar da educação das crianças, da tecnologia e da inovação para o desenvolvimento sustentável e da proteção do nosso meio ambiente.

## SOBRE O AUTOR

### Silvio Crestana



Diretor-Presidente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) entre janeiro de 2005 e julho de 2009 é graduado em física e pesquisador da Empresa desde 1984. Mestre em Física Básica (Ótica Não-Linear), obteve o título de doutor em 1985, pelo Instituto de Física Química de São Carlos/USP, tendo realizado a parte experimental de sua tese de doutorado nas Universidades de Trieste e de Roma, Itália. Na Universidade da Califórnia Davis, Estados Unidos, realizou seu primeiro pós-doutorado (2 anos) em Ciência do

Solo e Ciências Ambientais, concluído em 1989 e o segundo (3 anos) no Agricultural Research Service-United States Department of Agriculture, em Beltsville, Maryland, EUA, no Hydrology Laboratory, concluído em 2001. É professor convidado e orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos-USP, no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada do Departamento de Hidráulica e Saneamento. Em 2010, foi distinguido com o título de Comendador, da Ordem Nacional do Mérito Científico, na área de Ciências Agrárias, outorgado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

## **Redesenhando a Inovação: a necessidade de inovar no Design**

Vanderlei Salvador Bagnato

Wilma Barrionuevo

Redesenhando a inovação! Vamos elaborar este tema baseados em dois pontos principais. O primeiro deles é analisar qual é o atual estágio de desenvolvimento de equipamentos principalmente na área industrial e na área médica hospitalar para produtos brasileiros e, depois, discorrer sobre a necessidade de design. Como o design pode transformar o produto em algo melhor, algo competitivo, algo que consiga conquistar o mercado mesmo a nível mundial.

Nas últimas décadas o Brasil tem investido bastante para obter um certo desenvolvimento na área instrumental. Ao longo da história de investimento em ciência e tecnologia, a instrumentação sempre foi um dos temas mais presentes. Há cerca trinta anos o governo vem desenvolvendo programas especiais para que os cientistas, os engenheiros e as próprias empresas possam, de alguma maneira, dedicar uma parte do seu tempo ao desenvolvimento de instrumentação.

A instrumentação pode ser analisada por dois aspectos principais: pela sua função em viabilizar a produção e pelo fato de ser em si um produto. Posso fazer um instrumento de medida de teor de oxigênio no sangue ou a medida de uma peça numa produção industrial. E também posso olhar a instrumentação como um produto pessoal, como é o caso do GPS que para me dirigir precisa de um certo desenvolvimento instrumental, precisa de um desenvolvimento que é tecnologia incorporada ao propósito.

O Brasil vem investindo muito na parte de desenvolvimento de instrumentos industriais e de automação, na parte de controle e, mesmo, na parte de metrologia. Na área de instrumentos médico-hospitalar foi feito um investimento massivo. O Brasil, pela sua população e pelas características da sociedade, tem que ser autônomo em determinada instrumentação para apoiar as áreas da saúde,

principalmente no que diz respeito a diagnósticos e tratamentos de certas doenças. Isso tem sido feito ao longo de muitos anos. A medida que esse desenvolvimento foi acontecendo ocorreu o mesmo tipo de desenvolvimento a nível mundial e também com os asiáticos, principalmente a China, que começou investir massivamente, não mais só em fazer brinquedos para se vender em lojas de R\$ 1,99, mas sobretudo em fazer instrumentação específica tanto para área industrial quanto para a área médico-hospitalar.

Atualmente é praticamente impossível você não achar um instrumento chinês que seja equivalente a um outro desenvolvido em qualquer outro país do mundo. E o equivalente chinês tem um preço geralmente muito mais baixo porque a produção chinesa ela é viabilizada com determinados parâmetros que quase o mundo inteiro não consegue competir: custos de produção mais baixos, incentivos do governo, facilidades e financiamentos.

E qual a consequência disso? A consequência é que nos últimos anos o mundo sofreu uma verdadeira avalanche em instrumentação produzida na China. E o que aconteceu com todo aquele investimento anterior que foi feito para o desenvolvimento da instrumentação-inclusive para a própria instrumentação científica que apoia o desenvolvimento da instrumentação de produção? Aconteceu que agora estamos vivendo um momento difícil. Se antes você conseguia fazer um tubo de Raio X, que tinha um certo preço e conseguia chegar aos consultórios odontológicos ou consultórios médicos, hoje em dia o produto chinês consegue chegar a um preço equivalente a um terço daquilo que se consegue produzir, daquilo que se consegue atingir com um preço conveniente da produção nacional. O mesmo acontece com a área industrial, você compra um torno brasileiro, que é um instrumento de usinagem - nós temos algumas grandes empresas que produzem- e você tem, então, a competição chinesa a um preço que chega a ser um terço do preço brasileiro. Tudo isso faz com que a nossa indústria de instrumentação, tanto industrial quanto médico hospitalar fique numa situação terrível, numa situação de pouca competitividade devido ao preço, não devido à qualidade.

Por outro lado se você vê a parte de design dos instrumentos, eles simplesmente obedecem a tendência que o mundo determinou. Os

chineses são capazes de produzir um instrumento barato usando design de outros, na sua maioria. Então se você pegar, por exemplo, instrumentos industriais, eles obedecem a uma linha que o mundo já fez o design anteriormente. O mesmo acontece com a parte dos equipamentos médico-hospitalares. Primeiramente as grandes empresas europeias e americanas determinaram uma linha de design e hoje o chinês se adapta a ela e produz para o mundo todo. Também o japonês é copiado. O japonês investiu em design por muito tempo, principalmente na linha industrial e de instrumentação médica. Sempre produziram instrumentos muitos interessantes, com designs interessantes e até famosos. O design japonês cresceu em muitos aspectos e o chinês se aproveitou de tudo isso ao criar uma linha de design que já obedece a tendência que foi desenvolvida quando estes instrumentos foram inicialmente concebidos.

Como então nós podemos colocar a nossa instrumentação à frente, com um diferencial quando comparada com a produção chinesa? O que é preciso, no momento, para tornar a instrumentação produzida no Brasil competitiva? Eu acho que uma das coisas que pode diferenciar é o design. É lançar uma tendência moderna de design que seja uma nova escola de design e, para isso, o Brasil não precisa se ater apenas a criatividade brasileira; podemos fazer uma combinação com a criatividade e a experiência italiana e determinar uma nova tendência de design para as linhas médico-hospitalares e também instrumental e industrial.

Se conseguirmos fazer isso, criaremos um fôlego. Já que está difícil competir no preço pelo custo de produção, a gente poderia competir pelo design, criar a preferência pelo design moderno, pelo design diferente na área da instrumentação, de tal maneira que você crie um novo fôlego para os produtos que são produzidos principalmente no Brasil. E é óbvio que esta ação valeria para todos aqueles que estão tentando competir com o custo de produção dos produtos chineses.

Partindo dessa ideia estamos lançando uma ação denominada “desenhando a inovação”. Desenhando a inovação não significa descobrir novas tecnologias, significa descobrir novas fórmulas de apresentar a tecnologia. Através de que? Do design. Quer dizer, há algumas décadas seguimos o mesmo design de eletrodomésticos, linha

médico-hospitalar e linha industrial. Talvez agora possamos unir forças e fazer uma nova tendência de design.

Não há dúvida que isso vai promover de forma considerável os produtos dessas áreas instrumentais. Atualmente o Brasil vem fazendo um esforço muito grande para competir a nível mundial, sendo um dos grandes produtores da área odontológica. Está se tornando um participante importante também da área médica e precisa voltar a ser um participante importante da área industrial.

Nós temos que resgatar isso de alguma maneira inclusive com a linha branca, de eletrodomésticos. O Brasil produz também eletrodomésticos e se viemos com uma ideia inovadora no design, mesmo que não melhore muito a tecnologia, todos esses produtos poderão ser apresentados ao mundo e, mesmo, ao Brasil numa forma muito mais satisfatória. Obviamente que haverá um período e depois os chineses virão atrás novamente, seguindo; mas isso dará o fôlego para a nossa produção. Baseados nessa ideia é que nós estamos lançando essa possibilidade de fazer a inovação, não apenas na apresentação da tecnologia, mas substancialmente no design, na forma.

E esse design seria em que? Numa forma, em uma funcionalidade? Não, o design poderá se dar na forma de apresentar a tecnologia. Por exemplo: se eu tenho um laptop, ele tem uma função, essa é a tecnologia. Ele tem tela, tem o teclado, tem um mouse e a forma que eu incorporo, que eu embarco. E como mudar o design? Será que um laptop circular seria melhor dos que estão por aí? Seria mais atrativo para carregar? Mais fácil? Talvez não, mas só estou dando um exemplo. Será que um aparelho odontológico não deveria ter um design diferente de tal maneira a facilitar o tratamento do paciente? Uma cadeira de odontologia poderia ter um design diferente, de modo facilitar o conforto de quem senta ou de quem opera? Hoje em dia tudo isso é uma coisa que tem que ser pensado. Nós não sabemos como realizar tudo isso, mas é interessante perceber o quanto os designs atuais da instrumentação estão saturados, para que possamos investir em novos designs que virão.

Acho que nós estamos tão preocupados em desenvolver novas tecnologias que a gente se esquece um pouco que a maneira de apresentar estas tecnologias é algo que pode criar o diferencial da

tecnologia. Se você pega hoje os smartphones, na maioria eles são bem parecidos, mas a diferença está na forma que eles se apresentam. Esses empresários investem muito no design. Às vezes eles relançam a tecnologia várias vezes apenas mudando a aparência, apenas criando um novo desejo de aparência. É isso que nós temos que fazer com a área de instrumentação hospitalar, com a área de instrumentação médica odontológica e também industrial.

Design não é só para moda, para vestido, é também para instrumento que se usa. Pelo menos essa é a proposta de nós nos preocuparmos, de modo a inovar, criar linhas, criar escolas de design, que se associem com os produtos aqui produzidos. Dessa forma, criamos novos objetos de desejo. Essa é uma maneira da gente criar uma competitividade para as tecnologias produzidas aqui no Brasil. É nesta linha que temos que nos empenhar.



## SOBRE OS AUTORES

### **Vanderlei Salvador Bagnato.**



Físico (USP) e Engenheiro de Materiais (UFSCar). Doutor em Física (Massachusetts Institute of Technology -MIT, EUA). Professor Titular do IFSC-USP, coordenador da Agência USP de Inovação e do Instituto Nacional de Óptica e Fotônica. Publicou 368 artigos científicos e 1062 trabalhos em eventos. Possui 18 capítulos de livros e 6 livros publicados. Orientou 34 dissertações de mestrado e 25 teses de doutorado nas áreas de Física, Odontologia e Medicina. Atua na área de Física Atômica e de Terapia Fotodinâmica (PDT). Eleito para The Academy of Sciences for Developing World em 2009; Eleito membro da Academia Pontifícia de Ciências em 2012, e eleito membro da National Academy of Sciences (EUA) em 2013.

### **Wilma Barrionuevo.**



Fez 3 pós-doutorados na Universidade de São Paulo - USP, nas áreas de Engenharia, de Química e de Física, além de especialização em Gerenciamento de Projetos de Inovação Empresarial. Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina, mestrado em Ecologia e Recursos Naturais, pela Universidade Federal de São

Carlos e doutorado em Ciências, pela UFSCar. Fez doutorado-sanduiche na Universidade de Nevada, nos Estados Unidos. Atualmente desenvolve as seguintes atividades junto ao Grupo de Óptica IFSC-USP: (1) Produz e gerencia projetos de Inovação Empresarial; (2) é coordenadora da Olimpíada Brasileira de Física em Escolas Públicas no Estado de São Paulo; (3) coordena as atividades paralelas da Olimpíada Brasileira de Física em todo Brasil; (4) é responsável pela produção e direção de programas televisivos voltados a ciências e a Inovação Tecnológica empresarial; (5) coordena o Museu Itinerante e o Museu Virtual da USP pelo projeto "A USP vai a sua Escola".



# **Tratamento de esgoto no Brasil: cenário e inovações**

José Roberto Campos

## **Grupo de Pesquisa**

O Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS) da EESC-USP foi criado no final dos anos 1960, mediante a junção de docentes originários de dois grupos distintos: Hidráulica e Física Técnica. Logo em seguida, em 1972, foram contratados os primeiros três novos docentes na área de Saneamento, ocasião em que eram iniciadas as atividades do recém-criado curso de Pós-Graduação.

Nessa época, o Departamento tinha como instalações apenas dois pequenos laboratórios (Hidráulica e Saneamento) e algumas poucas salas adaptadas. Atualmente o Departamento possui amplas instalações nos Campi USP São Carlos, Área 1 e Área 2 e no CRHEA – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, este implantado às margens do reservatório do Lobo – Broa – Itirapina-SP.

O SHS dispõe de dois programas de pós-graduação, um deles na área de Ciências da Engenharia Ambiental e outro em Engenharia Hidráulica e Saneamento; além disso, em nível de graduação, há o Curso de Engenharia Ambiental. Esse Departamento colabora com os demais cursos de engenharia da EESC-USP. Seus docentes dedicam-se a diversas áreas específicas, entre as quais citam-se: saneamento (resíduos sólidos, sistemas de esgotamento, drenagem urbana e tratamento de água), Ciências da Engenharia Ambiental, Hidráulica, Recursos Hídricos, Gestão, Limnologia, Fenômenos de Transporte e Hidrologia.

Especificamente, a área de tratamento de esgoto conta com a participação de oito docentes e dispõe de vários laboratórios didáticos e para exames, análises e pesquisas, entre os quais o Laboratório de Processos Biológicos (Campus Área 2) que dispõe de equipamentos e pessoal para operação de instalações experimentais e emprego de biotecnologia: sequenciamento genético e técnicas FISH – Fluorescent in Situ Hybridization e PCR – Polymerase Chain Reaction. Além disso, o

SHS dispõe de um Laboratório para pesquisa de Tratamentos Avançados de Águas (LATAR) e um laboratório (único na América Latina) de estudo de biofilmes e processos com microssores. Com a colaboração do SHS-EESC, a USP está implantando uma estação de tratamento de esgoto para o Campus Área 1, que também se prestará para pesquisas e extensão.

Os docentes da área de tratamento de esgoto atuam no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento que vem obtendo, já há alguns anos, o melhor nível de avaliação da CAPES; nível 7. O Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento foi um dos primeiros a serem criados nessas áreas (conjuntamente) no Brasil, e, já a partir do início da década de 1970 começaram a ser produzidas pesquisas com direcionamento a aplicações práticas.

Pode-se afirmar que o Departamento de Hidráulica e Saneamento foi pioneiro, no Brasil, no desenvolvimento de pesquisas ou aplicações em escala plena, em diversos temas, dentre os quais: utilização de radiação ultravioleta para desinfecção de esgoto; aplicações de filtros anaeróbios; flotação por ar dissolvido para remoção de sólidos dos efluentes de reatores anaeróbios e aeróbios; microfiltração em membranas (0,1 a 0,2  $\mu\text{m}$ ) de efluentes de reatores anaeróbios; reatores de leito fluidificado; produção e aplicação de microssores para estudo de conglomerados de micro-organismos; recuperação de fósforo mediante a produção de estruvita; precipitação e remoção (com cloreto férrico) de fósforo, mediante o uso de flotação; tratamento de gases em leitos de material orgânico particulado; remoção e tratamento de gases do "head space" de reatores anaeróbios; remoção de matéria carbonácea, nitrogênio e fósforo em reatores de aeração intermitente e flotação de lodo de tanques sépticos.

O grupo de trabalho também produziu pesquisas e participou de implantação e operação de reatores UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors, que constitui uma das concepções mais importantes de reatores que surgiram na área de tratamento de esgoto, acompanhando, em paridade, os grandes centros de pesquisas internacionais e nacionais.

## Introdução

“A cada obra concluída o espírito humano se renova, orgulhoso com o que fez. Mas tão importante quanto esse orgulho é a humildade de ver quanto ainda não foi feito, o quanto ainda está inacabado ou incompreendido”.

Esse pensamento foi expresso pelo Prof. Marcelo Gleiser na FOLHA DE SÃO PAULO (23/12/12) em artigo sobre Reflexões sobre o Bem e o Mal. Essa colocação é muito bem aplicada ao cenário atual do Saneamento Básico (abastecimento de água, sistemas de esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana) no Brasil, embora o contexto do referido artigo envolvia outro tema mais amplo.

Assim como nos setores econômico, ambiental e social, o país exhibe contrastes entre o que se tem do melhor e o que pode haver do pior.

Ao mesmo tempo em que se tem localidades/regiões extremamente carentes de Saneamento podem-se encontrar excelentes centros de pesquisa e profissionais capacitados em diversos Estados do país, com destaque para São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio Grande do Norte e Paraíba. Ou seja, o país dispõe de ciência e tecnologia sobre tratamento de esgoto, porém esse potencial é utilizado, na prática, apenas em pequena escala no território nacional.

Já há dezenas de novas estações de tratamento de esgoto (ETE), geralmente de pequeno e médio portes, que incorporam as inovações que serão enfocadas neste texto, porém ainda há necessidade de fortes mudanças de paradigmas a níveis municipal, estadual e federal para que o Brasil, como um todo, possa beneficiar-se da utilização de concepções de ETEs mais modernas, simples e menos onerosas.

Em 2007 foi promulgada a Lei do Saneamento (11.445/07) que incorpora como princípio a tentativa de se alcançar a universalização do Saneamento Básico no Brasil, até 2030. Essa lei, como primeiro passo, exige que toda entidade responsável por Saneamento deve elaborar um Plano de Saneamento, até 2014, na área de seu domínio.

Cerca de 80.000.000 de habitantes ainda se utilizam de fossas e tanques sépticos cujo lodo gerado geralmente tem destino inadequado (ANDREOLI, C.V. – 2009).

“Mas a situação do Saneamento é trágica. Em 2010, mais da metade da população (54%) não possuía acesso à rede de esgoto”.

“Do esgoto coletado, apenas 30% eram tratados. Segundo a ANA – Agência Nacional de Águas, 55% dos Municípios podem sofrer desabastecimento nos próximos quatro anos, 84% das cidades necessitam de investimentos para adequação de seus sistemas produtores de água e 16% apresentam déficits decorrentes dos mananciais. A falta de Saneamento tem efeitos nefastos sobre a saúde e o meio ambiente. Segundo estudos da FGV – Fundação Getúlio Vargas, as doenças por veiculação hídrica ampliam a mortalidade infantil e podem causar perda da capacidade de aprendizado escolar em até 18% das crianças com até 5 anos”. (OLIVEIRA, G. 2012).

Estima-se que cerca de 28.000 pessoas morrem no Brasil, anualmente por causa de contaminação da água ou de doenças decorrentes da deficiência de higiene e Saneamento. Em 2009, o custo médio nacional de uma internação por infecção gastrointestinal no SUS – Sistema Único de Saúde foi de cerca de R\$ 350,00, resultando em despesa de aproximadamente R\$ 161.000.000,00 por ano para tratamento de pessoas infectadas. Nesse valor, não estão consideradas as despesas para tratamento pós-hospitalização ou despesa com retorno ao médico (DANIEL, L. A. – 2013).

Segundo Garcia et al (2010); em 2009 foram documentadas 462.367 internações por doenças gastrointestinais infecciosas (2.101 pessoas morreram) e internações que poderiam ser evitadas com a universalização da coleta (e tratamento) de esgoto sanitário. “Verificou-se que em apenas um ano foram dispendidos pelas empresas R\$ 547 milhões em remunerações referentes a horas não trabalhadas de funcionários que tiveram de se ausentar de seus compromissos em razão de infecções gastrointestinais”.

Além dos recursos econômicos dispendidos diretamente, somam-se os prejuízos à saúde e redução da produtividade escolar ou do trabalho.

É oportuno citar que o custo unitário para implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto de médio porte enquadra-se, na maior parte dos casos, na faixa de R\$ 150,00 a R\$ 350,00 por pessoa atendida. Isso permite inferir que somente os recursos destinados às internações

permitiriam construir por ano, estações de tratamento de esgoto para atender cerca de 500.000 habitantes.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, estima que cada Real aplicado em Saneamento Básico pode resultar em redução de quatro Reais para gastos com saúde.

O Brasil tem como meta a universalização do fornecimento de água tratada e a implantação de redes para esgotamento sanitário e ETEs até o ano 2030. Isso exigiria investimento anual médio da ordem de 10 bilhões de Reais — porém, o investimento efetivo que tem ocorrido é muito inferior ao necessário.

Apenas considerando o esgotamento sanitário e o tratamento de esgoto, quando da universalização, haveria disponibilidade de cerca de 120.000 empregos permanentes; sem incluir os empregos temporários decorrentes da construção de redes e de ETEs. Para este caso, haveria necessidade de contratação de cerca de 60.000 empregados (temporários) por ano, supondo-se que as obras seriam executadas em dois anos em cada local (até 2030). Some-se a isso a evolução tecnológica de empresas produtoras de equipamentos e materiais — e de empregos — que poderia ocorrer em consequência dessa universalização.

Segundo a FGV – Fundação Getúlio Vargas (GARCIA et al, 2010) a universalização teria efeito até no setor de turismo, estimando cerca de 120.000 novos empregos nesta área.

No conceito do primeiro parágrafo deste texto, mostrou-se, com humildade, o triste cenário, com ênfase no tratamento de esgoto — embora, não se tenha focado os outros componentes do Saneamento Básico cuja situação se assemelha a esta que foi relatada.

Contudo, paralelamente, estão surgindo, há cerca de três décadas, muitas inovações na concepção de Estações de Tratamento de Esgoto, baseadas no conhecimento internacional e em pesquisas e aplicações decorrentes do empenho de pesquisadores e profissionais brasileiros que atuam nessa área.

O Brasil tem uma das normas para projeto de ETEs (ABNT-NBR-12209; 24/12/2011) mais modernas e liberais, ao contrário de muitos países desenvolvidos cujas normas restringem a criatividade e a possibilidade de se tentar novas configurações desses sistemas.



Assim, está sendo criado um ambiente muito propício para inovações que, de maneira geral, têm redundado em soluções mais compactas e simples, além de terem menores custos de execução e operacional do que as estações “convencionais”, ainda muito utilizadas no Brasil e no exterior desde o início do século XX, em cidades de porte médio ou grande.

A maior referência para as ETEs “convencionais” recai no Processo de Lodos Ativados, inicialmente proposto no ano de 1914. Nesses sistemas, a maior parte da degradação dos compostos orgânicos presentes no esgoto é realizada em reatores que demandam elevado consumo de energia (aeração mecânica ou por ar difuso) e que produzem quantidade expressiva de lodo.

No Brasil, muitas estações ainda estão sendo projetadas com essa configuração, porém já é significativo o número de ETEs — número este que tende a aumentar significativamente — que também empregam processo anaeróbio (que não demanda energia e produz biogás) em seu fluxograma.

Nos anos mais recentes está-se criando, no Brasil, um verdadeiro laboratório experimental baseado em novas concepções — que serão abordadas neste texto — e na operação de estações de tratamento não baseadas estritamente no processo aeróbio.

Também estão sendo testadas unidades para remoção de sólidos suspensos gerados no processo biológico, com novas concepções em substituição aos decantadores convencionais, tais como flotadores e decantadores de alta taxa.

Na desinfecção também é crescente a utilização de radiação ultravioleta, que é menos onerosa que o ozônio (muito utilizado na Europa) e que apresenta menos riscos ao ambiente que o cloro e seus compostos (muito utilizado nos USA) que podem gerar subprodutos que podem causar dano ao meio ambiente.

Em alguns projetos recentes de ETEs também se está incluindo uma unidade final com objetivo de efetuar a pós-aeração do efluente para que o mesmo contenha teor de oxigênio igual ou superior ao do corpo receptor. Além disso, também se está efetuando a filtração e desinfecção complementar de parcela do efluente tratado, visando reúso na ETE; ou

em situações que não exijam a potabilidade: irrigação de jardins públicos, limpeza de vias de circulação, etc.

Após essa abordagem genérica sobre o cenário do tratamento de esgoto no Brasil, no texto que segue serão apresentadas algumas noções sobre características principais do esgoto, sobre a concepção de ETEs “convencionais” e, finalmente, serão enfocadas algumas inovações em sistemas que tem sido implantados em alguns locais no Brasil. Não se pretende aprofundar em nenhum tema desta exposição — evitando rigor técnico-científico —, pois o tema é bastante amplo.

Ao se conceber o projeto de ETEs há o envolvimento de muitas áreas de conhecimento além do projeto hidráulico-sanitário, pois os processos (em que predominam fenômenos químicos ou biológicos) e as operações (em que predominam fenômenos físicos) que compõem o seu fluxograma apresentam complexidade e inter-relações. A elaboração dos projetos executivos também deve contar com outros profissionais (além do projetista responsável), relacionados com as áreas de: hidráulica e saneamento, fundações/estruturas, impermeabilização, eletricidade, automação, mecânica, geotecnia, arquitetura, paisagismo, demografia, etc.

Os conceitos aplicados nos projetos geralmente advêm de experiências em laboratório e seu “*scale up*”, e em unidades de escala plena. Para o entendimento dos processos e operações há necessidade do apoio complementar das áreas de biotecnologia, química, termodinâmica, bioquímica, física, etc.

### **Composição do esgoto e definição do nível do tratamento necessário**

As características (vazão e composição) do esgoto sanitário variam de local para local. Mesmo que se efetuem campanhas de coleta e análise de amostras *in loco*, ainda ocorrem variações inesperadas. Essas características são alteradas sazonalmente e durante as horas dos dias.

O esgoto sanitário, basicamente, é composto por água (99,0 a 99,6%), proteínas, carboidratos, lipídios, micro-organismos, metais, sólidos suspensos e dissolvidos, surfactantes, fármacos em geral, hormônios, biocidas, contaminantes advindos de descargas industriais, etc. A isso somam-se as infiltrações de água na rede de coleta e descargas

clandestinas. A produção média de esgoto por pessoa, no Brasil, geralmente varia na faixa de 90 a 250 litros por dia.

No Brasil, em princípio, é proibido o lançamento de águas pluviais na rede coletora de esgoto, porém isso ocorre frequentemente, causando danos à rede e ao tratamento.

Para o monitoramento da qualidade do esgoto sanitário analisam-se dezenas de variáveis; as que merecem maior destaque são enumeradas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Características Qualitativas mais Importantes do Esgoto Sanitário.

Discriminação	Varição mais frequente
Temperatura (°C)	19 a 20
pH	6,5 a 7,3
DBO (mgℓ <sup>-1</sup> )	150 a 400
DQO (mgℓ <sup>-1</sup> )	300 a 900
Nitrogênio Total (mgNℓ <sup>-1</sup> )	30 a 80
Nitrogênio Amoniacal (mgNℓ <sup>-1</sup> )	10 a 35
Fósforo Total (mgPℓ <sup>-1</sup> )	5 a 15
Sólidos Suspensos (mgℓ <sup>-1</sup> )	120 a 400
Sólidos Sedimentáveis (mℓℓ <sup>-1</sup> )	5 a 15
Sólidos Dissolvidos (mgℓ <sup>-1</sup> )	200 a 900
Óleos e Graxas (mgℓ <sup>-1</sup> )	50 a 100
NMP de coliformes fecais/100 ml	10 <sup>6</sup> a 10 <sup>8</sup>

A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), grosseiramente, corresponde à demanda de oxigênio para a respiração de microorganismos aeróbios decorrente de reações bioquímicas para a degradação da matéria orgânica carbonácea predominante nas amostras. As amostras são incubadas, com inóculo, durante 5 dias, na temperatura de 20 °C. Em síntese, corresponde, aproximadamente, a quantidade de oxigênio (em mg) que será “retirada” de um corpo receptor líquido (em ambiente aeróbio) quando se lança um litro de uma água residuária.

A DQO (Demanda Química de Oxigênio) corresponde à cerca de 90 a 95% da demanda efetiva total de oxigênio, incluindo outros componentes, além daqueles degradados mais facilmente por reações

bioquímicas. Essa análise é feita mediante a utilização de oxidantes fortes que são adicionados (à quente) na amostra do esgoto sanitário.

O NMP de coliformes fecais/100 ml é uma determinação que, indiretamente, permite avaliar a qualidade microbiológica de um efluente e/ou a potencialidade de causar doenças nos consumidores de uma água. Os coliformes habitam normalmente o trato intestinal de animais de sangue quente (que, evidentemente, inclui os humanos), e, portanto, ao se estimar a quantidade de coliformes fecais, pode-se inferir que há contaminação com fezes. São micro-organismos “comensais” no trato intestinal que não provocam danos, porém há espécies (raras) que causam infecções graves. As letras NMP significam *número mais provável*, pois a determinação da quantidade desses organismos é, baseada em análises estatísticas subsidiadas por exames laboratoriais das amostras.

De maneira geral, cada pessoa adulta, em média, gera cerca de 48 a 65 g de DBO por dia, que são lançados no esgoto, tendo como média o valor de 54 g. Com base nisso, e considerando-se que um rio em boas condições tem cerca de 7 mg de O<sub>2</sub> dissolvido por litro, conclui-se que o esgoto produzido por uma única pessoa, em um dia, pode provocar a redução da concentração do oxigênio para próximo a zero mgℓ<sup>-1</sup> em um volume de 8 m<sup>3</sup> do corpo receptor aquático — sem incluir a demanda decorrente da matéria nitrogenada e de outros compostos mais resistentes à degradação biológica. Em média, diariamente, uma pessoa destina ao esgoto cerca de 95 g de sólidos, 13,3 g de Nitrogênio, 3,2 g de Fósforo e 31 g de óleos e graxas.

Apenas foram enfocados no Quadro 1 alguns poucos parâmetros mais significativos, contudo, em projetos e na operação de ETEs são levadas em conta dezenas de outras variáveis — que não serão abordadas neste texto.

Como se pode notar, o esgoto sanitário é uma mistura aquosa bastante complexa e não se resume na contaminação por íons, moléculas ou sólidos de pequenas dimensões. A população, não se dá a devida responsabilidade quanto ao uso do sistema de esgoto, face a isso toda ETE tem de iniciar seu fluxograma com um conjunto de componentes a que se costuma chamar de Tratamento Preliminar (tradicionalmente: grades ou peneiras grossas e finas, medidor de vazão

e unidade para remoção de areia) antes de promover o tratamento propriamente dito. Nas grades/peneiras das ETEs ficam retidos materiais (sendo 60 a 80% constituídos de matéria orgânica) de pequenas dimensões, porém também ocorre, não raramente, a remoção de objetos e corpos diferenciados, tais como: preservativos, *lingeries*, papalotes de drogas, sapatos, garrafas, latas, etc, e até mesmo fetos humanos. Recentemente, em uma ETE de São Paulo-SP foi retido um corpo de jovem com cerca de 15 anos.

O Prof. José Martiniano de Azevedo Netto, ex-docente da Escola de Engenharia de São Carlos-USP, quando de suas aulas sobre tratamento de esgoto (década dos anos 1970), costumava afirmar que: “Nas grades das ETEs pode-se sentir a educação de um povo”.

Após a caracterização do esgoto sanitário a ser tratado, uma das primeiras necessidades do projetista recai na definição da eficiência que deverão ter as instalações sequenciais que receberão esse esgoto.

O Brasil dispõe de legislação bem elaborada que define Classes dos corpos receptores e a qualidade mínima que suas águas devem ter (cada Classe tem seu padrão de qualidade). Esses padrões são fundamentados em limites máximos admitidos para os contaminantes, e, também, no valor mínimo do oxigênio dissolvido que será mantido no corpo receptor.

Na análise elaborada pelo projetista há o envolvimento da capacidade de diluição do corpo receptor (quanto maior a relação vazão do corpo receptor/vazão do esgoto tratado, melhor), e, também, a sua capacidade de autodepuração.

A autodepuração — degradação e assimilação complementar dos contaminantes do esgoto no corpo receptor — depende da capacidade de um rio, lago, mar etc, em dispor de oxigênio dissolvido para viabilizar as reações bioquímicas. Esse oxigênio advém, preponderantemente, da aeração superficial (contato líquido/ar), e, portanto, depende da relação profundidade/largura, velocidade do escoamento, temperatura, turbilhamento, etc.

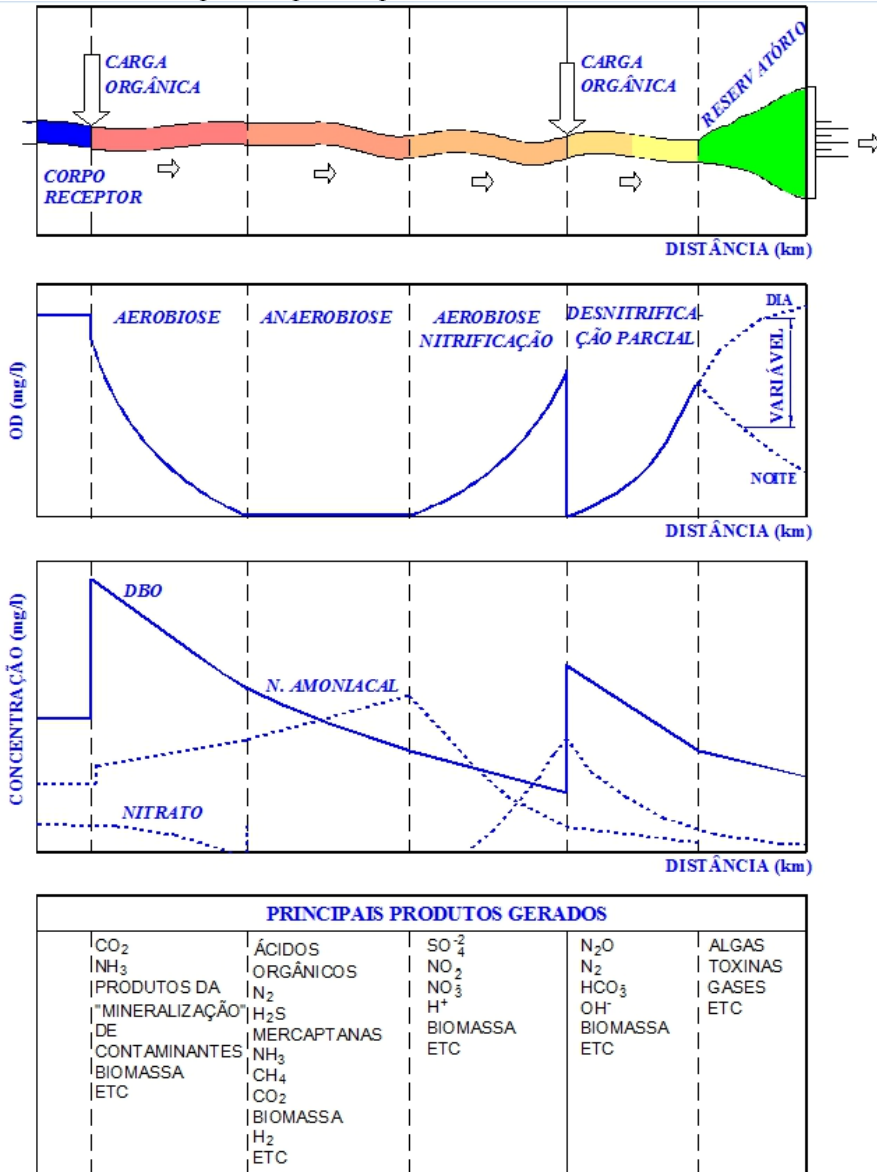
Tomando-se como referência um rio bastante longo (Ver Figura 1) que recebeu uma forte descarga de esgoto, num primeiro trecho ocorre a degradação aeróbia dos contaminantes por diversos tipos de micro-organismos, predominado bactérias que necessitam do oxigênio livre

(O<sub>2</sub>) para sua respiração. Nesse cenário o teor de oxigênio dissolvido no rio (OD) tende a decrescer e há a produção de nitrogênio amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NH<sub>3</sub>) decorrente da degradação de proteínas e de outros compostos nitrogenados.

Caso a quantidade de contaminantes lançada seja muito grande, o teor de OD pode alcançar valor próximo ou igual a zero, quando, então, começa prevalecer a anaerobiose. Nesse trecho do rio há a continuação da degradação de materiais por bactérias facultativas e anaeróbias e ocorre a produção (por fermentação) de diversos subprodutos, entre os quais H<sub>2</sub>S, mercaptanas, etc, que são gases que apresentam mau odor. Também há produção de metano (que é um gás combustível: 36.426 kJm<sup>-3</sup>) por micro-organismos que são denominados arqueas — filogeneticamente, não são bactérias.

Contudo, o rio continua a receber O<sub>2</sub> advindo da atmosfera, e, passado algum tempo (a água pode ter-se escoado por vários quilômetros), novamente o teor de OD da água começa a se elevar. Agora, a relação entre nitrogênio amoniacal e DBO é relativamente alta (maior do que quando o esgoto foi lançado). Se houver elevada aeração, é possível acontecer outro processo, que é determinado de nitrificação, ou seja, o nitrogênio amoniacal pode ser oxidado biologicamente para N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (e intermediariamente, para N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Nesse caso, atuam, predominantemente, bactérias aeróbias autotróficas, que usam o carbono do CO<sub>2</sub> e não o carbono orgânico. Para ocorrer a nitrificação é necessário que a DBO seja bastante baixa, ou seja, a maior parcela da matéria orgânica já deve ter sido oxidada. Caso contrário, prevalecem bactérias heterotróficas; e não ocorre a nitrificação.

**Figura 1** – Representação Simplificada do Efeito do Lançamento de Águas Residuárias em Corpo Receptor Superficial



Nesse raciocínio, a título de exemplo, suponha-se que após o trecho onde ocorreu a nitrificação, houve outro forte lançamento de esgoto, que novamente elevou a DBO. Nesse cenário, passa a ocorrer a

desnitrificação mediante a ação de bactérias heterotróficas, que necessitam carbono orgânico e elevada relação  $DBO/N-NO_3^-$ . A desnitrificação é um processo que ocorre em ambiente anóxico (em que há oxigênio intramolecular disponível e não oxigênio dissolvido). Quando ocorre esse ambiente favorável o nitrato é transformado em gases, tais como  $N_2O$  e  $N_2$ , que são passados para a atmosfera.

Portanto, até esse estágio já ocorreram, a degradação da matéria carbonácea, a nitrificação e a desnitrificação.

Para concluir o exemplo, imagine-se as águas do rio finalmente alcançando um grande reservatório. Nesse ambiente passam a ter papel importante, as algas (e também as bactérias). As algas respiram (demandam OD), porém, durante o dia, efetuam a fotossíntese, que libera  $O_2$  no meio. O “tratamento” das águas continua, nesse ambiente, porém o teor de OD no reservatório tem tendência de ser menor durante a noite, pois não há fotossíntese e a respiração continua.

O projetista tem de efetuar o estudo de autodepuração do corpo receptor e conceber ETE com eficiência que não provoque teor de OD menor que  $5 \text{ mg } \ell^{-1}$  em nenhum trecho do rio.

Depois dessas avaliações, pode-se definir o quê terá de ser incluído no fluxograma das unidades de processo das ETEs.

De uma forma simplista, os pesquisadores e projetistas têm de conhecer as condições mais próximas à ideal para abrigar os micro-organismos citados para que se tenha a maior produtividade em tanques (reatores) construídos para esse fim: tenta-se ter a maior concentração possível desses micro-organismos, em ambientes controlados para sua maior produtividade.

No Brasil, a maior parte das ETEs, levando-se em conta os padrões de emissão de qualidade do corpo receptor, tem de ter efluente com DBO menor que  $30 \text{ mg } \ell^{-1}$ , Nitrogênio Amoniacal, menor que  $20 \text{ mg } \ell^{-1}$ , Nitrogênio na forma de Nitratos menor que  $10 \text{ mg } \ell^{-1}$  e NMP de coliformes/100 ml menor que  $10^3$ .

Para se conseguir esse tratamento, na maior parte dos casos, tem-se de alcançar pelo menos a nitrificação. Porém, atualmente, ocorre a tendência, em novos projetos de ETEs de médio e grande portes, de se prover também a desnitrificação.



## Principais operações e processos utilizados em estações de tratamento de esgoto

### Processos Biológicos

Nas ETEs exploram-se os mesmos processos e micro-organismos que atuam naturalmente na autodepuração de corpos líquidos receptores de esgoto — porém, em condições controladas, para que se alcance a máxima eficiência em volumes e tempos significativamente menores dos que os necessários na natureza.

Entre as alternativas mais antigas, e ainda exploradas até o presente, podem-se citar a disposição controlada de esgoto no solo (incluindo, em alguns casos, o uso na agricultura), fossas e tanques sépticos e lagoas de estabilização. Ainda é muito comum a concepção conhecida como sistema australiano que envolve lagoa anaeróbia seguida por lagoa denominada de facultativa.

As lagoas anaeróbias têm profundidades entre 4 a 5 m e tempo de detenção hidráulica da ordem de 4 a 5 dias, e as lagoas facultativas — podem ser implantadas várias, em série — têm tempo de detenção de uma ou mais semanas, possuem profundidade menor (1,2 a 1,6 m) para permitir a proliferação de algas mediante a penetração da luz solar. Na Figura 2 é apresentada a foto de uma lagoa facultativa.

Nesse tipo de lagoas ocorre a introdução do oxigênio no meio, decorrente da aeração superficial e da sua produção de Oxigênio pelas algas; portanto na região mais superficial ocorre aerobiose e junto ao fundo, a anaerobiose (daí o nome facultativa).

É uma solução que deve ter seu uso justificado em função do cenário local, porém apresenta como riscos a contaminação de aquíferos, exalação de mau odor, e, em certas ocasiões, produção de toxinas pelas cianobactérias presentes no meio.

Em estações de tratamento de esgoto mais aprimoradas exploram-se ambientes aeróbio, anaeróbio e anóxico, para se conseguir a degradação dos materiais contaminantes em tanques geralmente construídos de concreto.



**Figura 2** – Foto de uma Lagoa de Estabilização

A retenção dos micro-organismos nos reatores das ETEs pode ser efetuada mediante a formação de aglomerados de micro-organismos que ficam em suspensão (sob agitação) ou aderidos (biofilmes) a superfícies de meios-suportes inseridos nesses reatores (pedras, peças de material sintético, etc). Em ambos os casos há formação de associações entre diversas espécies e gêneros de micro-organismos que produzem enzimas que atuam na degradação/conversão de contaminantes e, também, polímeros extracelulares que funcionam como “aglomerantes”, que mantém esses micro-organismos próximos entre si, nos flocos e nos biofilmes. Um floco desse tipo contém de 10 a 40% de bactérias, em massa.

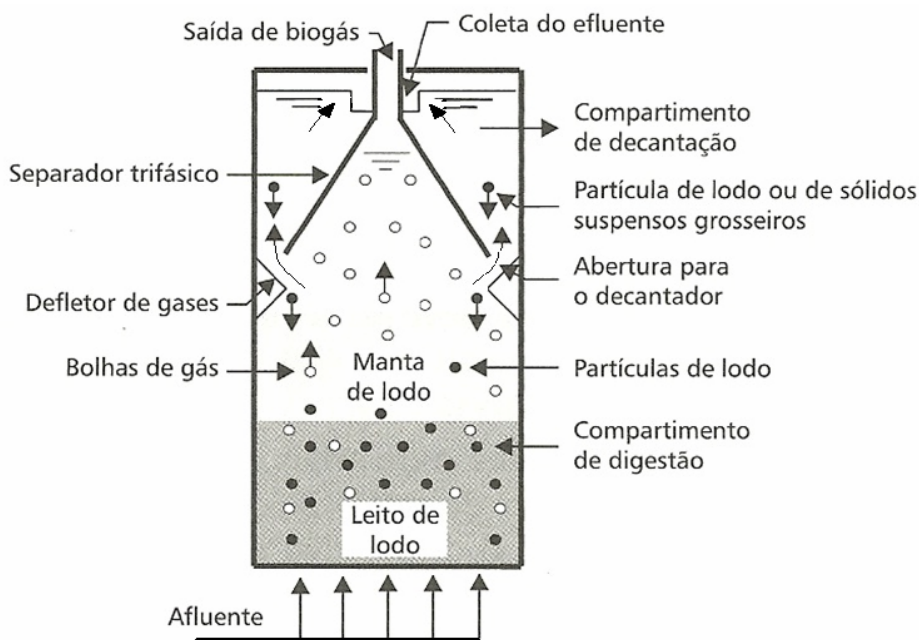
Um grande avanço na tecnologia de tratamento de esgoto ocorreu em 1914, quando foi concebido o sistema de lodos ativados. Esse sistema implica em se colocar uma unidade para retenção dos flocos após a saída do tanque onde se promove a aeração mecânica (ou por ar difuso: borbulhamento de ar no fundo da unidade). Até então, o efluente dos reatores eram diretamente descartados, porém contendo os micro-organismos que foram aí gerados. Ao se implantar sua retenção,

concentração e retorno à montante do reator aeróbio conseguiu-se elevar significativamente a concentração de micro-organismos ativos no tanque de aeração. Um tanque de aeração sem retorno de lodo, pode manter em suspensão sólidos (flocos) em concentração da ordem de 100 a 500 mg  $\ell^{-1}$ ; porém, com essa nova técnica o teor de sólidos suspensos totais passou a alcançar valores de 2000 a 5000 mg  $\ell^{-1}$  ou mais. Isso possibilitou a redução do tamanho dos tanques e o aumento da eficiência dos sistemas, pois há maior concentração de micro-organismos por unidade de volume.

Até o início dos anos de 1980 praticamente apenas utilizava-se o processo aeróbio em ETEs de portes médio e grande, contudo, nessa ocasião um pesquisador holandês (Gatze Lettinga) e colaboradores iniciaram a propagação de uma nova concepção de reator que foi denominado de UASB – Upflow Sludge Blanket Reactor (Ver Figura 3) em que se impõe fluxo ascendente em uma unidade em que micro-organismos, predominantemente anaeróbios, permanecem em flocos ou grânulos, formando um leito, à semelhança de “areia movediça”. Nesse reator, os gases gerados (contendo metano) são coletados em dispositivos especiais, o que permite o seu aproveitamento. É uma unidade relativamente simples, que não demanda energia e, por outro lado, oferece a possibilidade do aproveitamento energético do biogás.

O tempo de detenção hidráulica médio nessa unidade, em clima tropical ou subtropical, é da ordem de 7 a 9 horas, com remoção de DBO na faixa de 65 a 75%. Essa unidade, por si só, não garante qualidade de efluente adequada para lançamento em corpos receptores, na maioria dos casos; o que exige tratamento complementar.

O processo anaeróbio tem características completamente diferentes das do processo aeróbio. A degradação da matéria orgânica inicia-se com hidrólise, segue com fenômenos de fermentação, e, finalmente há formação de compostos simples ( $H_2$ ,  $CO_2$ , metanol, acetatos, etc) que servem como substratos para as arqueas (não são bactérias) que produzem o metano. As arqueas metanogênicas pertencem a uma linha filogenética dos primeiros micro-organismos que surgiram na Terra.



**Figura 3** – Esquema de um Reator Anaeróbico de Manta de Lodo Upflow Sludge Blanket Reactor (UASB).

A aplicação de conceitos e modelos matemáticos para o processo aeróbio já estão bastante consolidados, porém no que se refere ao tratamento anaeróbico ainda há muito a se conhecer.

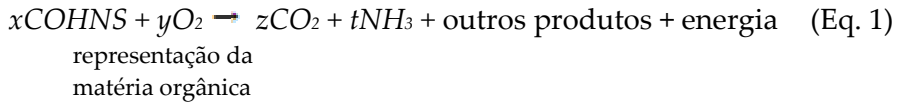
Na Figura 4.a é mostrada a foto em fragmento de floco aeróbio, sendo possível a visualização de alguns filamentos e também de protozoários. Na Figura 4.b é mostrada parcela de um grânulo anaeróbico (pontos mais claros: arqueas metanogênicas) e na Figura 4.c uma observação bastante aproximada mostrando o arranjo dos micro-organismos na estrutura do floco/grânulo.

O tratamento de esgoto pode ser efetuado em nível Secundário, quando se deseja apenas degradar a matéria carbonácea, porém quando há necessidade de se remover nitrogênio e ou fósforo, o tratamento é denominado de Terciário. Neste caso há necessidade de se fazer a conversão do nitrogênio amoniacal para nitratos, e, em seguida, a sua conversão para nitrogênio na forma de gases, que são liberados na

atmosfera. Essas etapas envolvem a nitrificação e a desnitrificação já referidas neste texto.

De forma grosseira (sem representar equações propriamente ditas) os processos são simbolicamente representados a seguir (METCALF & EDDY - 2003):

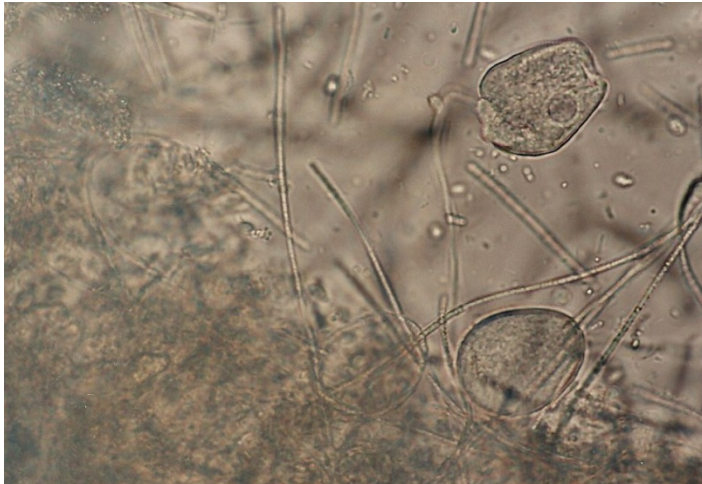
Degradação da matéria carbonácea



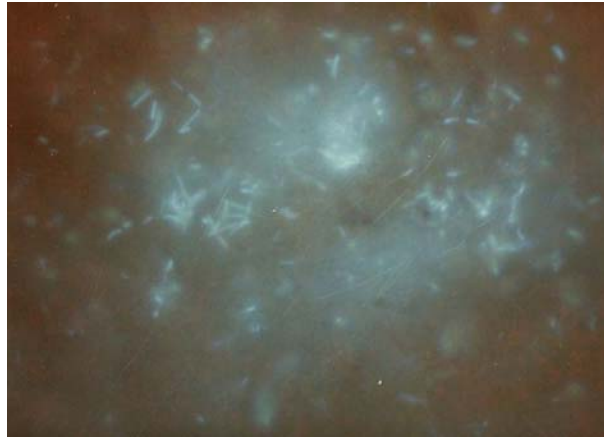
Nitrificação



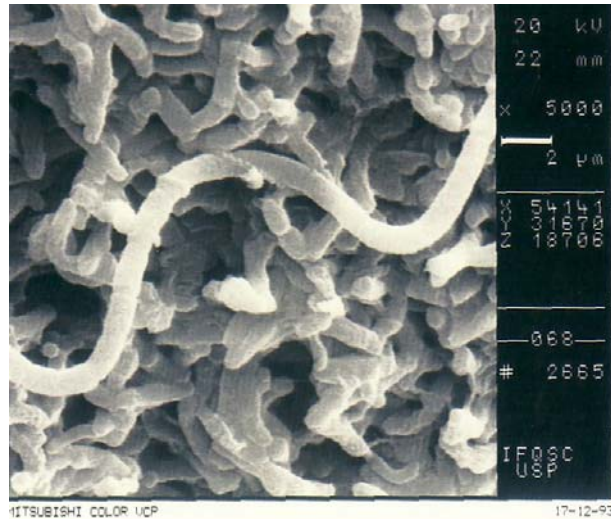
a)



b)



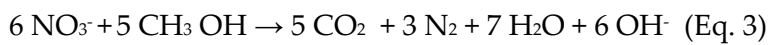
c)



**Figura 4** – Micro-organismos no Tratamento de Esgoto

- a) Floco aeróbio
- b) Floco Anaeróbio
- c) Micro-organismos de grânulo anaeróbio

### Desnitrificação



(metanol)  
representando  
matéria orgânica

Em todas as etapas de tratamento biológico há geração de novos micro-organismos, que farão parte do lodo gerado na ETE.

A nitrificação consome: **i)** alcalinidade: 7,1 g expressa em  $\text{CaCO}_3$  para 1,0 g de N convertido, **ii)** e 4,57 g de  $\text{O}_2$  para 1 g de N convertido.

A desnitrificação produz alcalinidade: cerca de 3,5 g de alcalinidade expressa em  $\text{CaCO}_3$  por 1,0 g de nitrogênio convertido.

Em projetos de ETEs “convencionais” esses processos são total ou parcialmente realizados em reatores separados.

Um detalhe muito importante relaciona-se com a geração de lodo nesses processos, para tal utiliza-se como referência um fator denominado de coeficiente de síntese celular que relaciona a quantidade de micro-organismos gerados (grama) pela quantidade de substrato degradado/convertido (grama). Esse coeficiente mostra, indiretamente qual processo produz mais ou menos lodo, que contem os micro-organismos, polímeros extracelulares, impurezas, etc.

No processo aeróbio, por exemplo, 1 g de DBO removida produz cerca de 0,4 a 0,8 g de Sólidos Suspensos Voláteis, ao passo que o processo anaeróbio, produz apenas 0,02 a 0,20 g de Sólidos Suspensos Voláteis, para cada g de DBO removida. Assim, nota-se claramente que o processo anaeróbio produz menos lodo do que o processo aeróbio; isso porque cerca de 85 a 95% da matéria orgânica é transformada em gases, o biogás, que possui cerca de 60 a 75% de metano.

Em síntese, o processo aeróbio tem sua conceituação e aplicação consolidadas, consome elevada quantidade de energia para aeração, produz grande quantidade de lodo e tem ótimo desempenho na “mineralização” da matéria orgânica. Por sua vez, o processo anaeróbio (para esgoto sanitário) não demanda energia elétrica, tem eficiência de degradação de DBO inferior que a aeróbia (65 a 75%), produz menos lodo, gera biogás como fonte potencial de energia e produz gases que apresentam mau odor (como  $\text{H}_2\text{S}$ , mercaptanas, etc). Geralmente exige pós-tratamento.

É importante citar que o lodo gerado necessita tratamentos complementares, entre os quais podem ser utilizados os mesmos processos biológicos abordados neste texto ou tratamento químico, precedendo ao desaguamento mecânico ou outro destino.

## **Outros processos e operações**

As ETEs não são somente compostas por reatores biológicos, havendo, portanto, a necessidade de se ter unidades complementares, mais ou menos complexas em função das características do esgoto e eficiência almejada, e; também, para o tratamento e desaguamento do lodo.

O sistema de lodos ativados convencional, por exemplo, exige a implantação de decantadores (decantadores primários) para remoção de sólidos suspensos que passaram pelo tratamento preliminar, antes de o esgoto ser encaminhado para esse reator biológico. Há sistemas de lodos ativados sem esses decantadores, porém o tempo de detenção hidráulica no reator biológico tem de ser aumentado significativamente (o sistema é denominado de aeração prolongada).

Também podem ser usados produtos químicos para aprimorar o tratamento, entre eles destaca-se o cloreto férrico, que além de aumentar a eficiência da ETE pode promover a remoção de fósforo e também pode combater mau odor, reagindo com o H<sub>2</sub>S e precipitando o enxofre.

A desinfecção pode ser efetuada utilizando Cloro gasoso ou compostos contendo esse elemento (dióxido de cloro, por exemplo), ozônio ou, mais recentemente a radiação ultravioleta. Quando se usam os produtos químicos para desinfecção, que foram citados, o esgoto tratado é mantido em contato com os mesmos (sob agitação) em tanques com retenção de cerca de 30 minutos para o cloro e 10 minutos para o ozônio. No caso da radiação ultravioleta, dependendo da dose aplicada, o tempo de contato pode variar de apenas alguns segundos até um minuto.

## **Inovações em estações de tratamento de esgoto no Brasil**

### **Comentários preliminares**

No Brasil há vários centros de excelência em pesquisa sobre tratamento de esgoto. Muitos conceitos gerados nesses locais já estão sendo aplicados em projetos de novas ETEs.

Na área de tratamento de esgoto há de se destacar que o tempo decorrido desde a constatação de uma nova ideia até sua comprovação prática, é relativamente longo. Isso porque a inovação não depende somente dos trabalhos do “*scale up*” até os testes em protótipo. A



constatação efetiva somente ocorre depois da execução e da operação da ETE em escala plena por, pelo menos, cerca de dois anos.

Assim, contando-se o tempo necessário para licitação do projeto e sua elaboração; seguida por uma segunda licitação para a obra e sua execução, e, além de tudo, do período para ajustes iniciais até a operação de rotina, pode-se chegar a mais de seis anos.

Portanto, as inovações, para serem aceitas e, posteriormente, utilizadas em novos projetos têm longo tempo de maturação. No Brasil, pode-se dizer que os primeiros passos para inovação na concepção de ETEs iniciou-se com mais vigor, a partir de meados dos anos 1980, embora já houvesse o reconhecimento internacional de pesquisas desenvolvidas, anteriormente, e, aplicações em estações de tratamento de efluentes industriais (desde os anos 1970).

Não se faz pesquisa de boa qualidade sem se dispor de laboratórios bem equipados, instalações de bancada e protótipos e, ainda, de equipes multidisciplinares (biologia, engenharia civil, engenharia química, instrumentação e automação, física, química, etc). No Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP – São Carlos-SP, por exemplo, dispõem-se de vários laboratórios que, além da sua capacitação para realização de análises e exames de efluentes líquidos, também dispõem de profissionais e equipamentos para o emprego de biotecnologia (com aplicações de técnicas avançadas como FISH – Fluorescent in Situ Hybridization e PCR – Polymerase Chain Reaction). Além disso, possui um laboratório de microssensores (10  $\mu\text{m}$  a 30  $\mu\text{m}$ ), com os quais se estudam diferentes tipos de consórcios de micro-organismos: podem-se efetuar análises no interior de biofilmes que tenham apenas alguns micrômetros de espessura. Os estudos básicos são essenciais para se conhecer os tipos de micro-organismos que participam dos processos e as condições ambientais próximas às ideais para seu crescimento.

Na realidade os problemas a serem resolvidos e os estudos sobre os micro-organismos são bastante complexos, não cabendo neste texto o aprofundamento sobre esses temas.

Numa tentativa de se abordar o tema em pauta, de forma sucinta, serão apresentados comentários sobre algumas inovações que trouxeram progresso para o projeto de novas ETEs no Brasil; embora grande parte dessas inovações também comecem a receber atenção em outros países.

## **Destaque de algumas inovações recentes**

### **No tratamento preliminar**

Na Figura 5 apresenta-se uma fotografia do Tratamento Preliminar da ETE Monjolinho, construída na cidade de São Carlos-SP, em operação desde 2008.

De maneira geral as ETEs têm em seu tratamento preliminar apenas a remoção de sólidos grosseiros e areia. Nessa ETE além de se promover a remoção de areia, o projeto prevê a remoção de materiais flutuantes em que prevalecem óleos e graxas. Este material pode ser enviado a um reator especialmente construído para degradar esse material (operação que exige a retenção com micro-organismos adequados) em ambiente aeróbio ou anaeróbio. Essa operação permite a redução da DBO afluente ao sistema de tratamento propriamente dito em cerca de 10%, além de reduzir problemas que os óleos e graxas causam no sistema (estéticos e operacionais).

Junto a esse tratamento preliminar foram implantadas instalações para armazenamento e dosagem de álcali, com o que se pode ajustar o pH de entrada, atenuar maus odores (há maior exalação de H<sub>2</sub>S quando o valor de pH decresce) e fornecer parte de alcalinidade decorrente da demanda da nitrificação. Nesta ETE está sendo desenvolvido estudo (Tese de Doutorado de BORGES, Nayara Batista – SHS-EESC-USP – 2011), com vistas à utilização da areia removida para produção de concreto não estrutural, aproveitamento dos resíduos orgânicos retidos na peneira/grade para geração de energia e também a produção de biocombustível, a partir dos óleos e graxas removidos nessa parte da ETE.

### **Reator UASB**

Diversos estudos de bancada e piloto indicaram que o emprego de reator UASB precedendo sistemas de lodos ativados poderia resultar em concepções de ETEs mais compactas e menos onerosas do que o tradicional sistema de lodos ativados.



**Figura 5** – Tratamento Preliminar – ETE Monjolinho – SAAE-São Carlos (Capacidade: 258.000 habitantes).

No início dos anos 1990 (CAMPOS, J.R. – 1992) foi inaugurada a ETE Piracicamirim – SEMAE – Piracicaba-SP que representou um marco experimental do uso da concepção mencionada (Ver Figura 6). Destaque-se que, na ocasião, muitos profissionais da área mantiveram-se em posição contrária, não acreditando na potencialidade desta solução.



**Figura 6** – ETE Piracicamirim – SEMAE – Piracicaba-SP – Capacidade: 90.000 habitantes – Inauguração: 1994.

- 1- Reatores UASB, 2- Tanque de aeração, 3- Decantador de alta taxa, 4- Desaguamento do lodo

Foi um grande aprendizado, pois a partir desse projeto foi possível detectar diversos aspectos que, aprimorados, resultaram em novas ETES concebidas com base na configuração ora comentada. No projeto da ETE previa-se a queima do biogás coletado nas calhas em “flare” e a exaustão mecânica dos gases exalados na superfície dos reatores UASB, que eram destinados a reatores biológicos para tratamento (recheio com material orgânico particulado).

Essa ETE, além de promover a união processo anaeróbio/processo aeróbio, também trouxe outra inovação promissora, que também foi bem aceita por projetistas que a estão empregando em novas ETES. Trata-se do decantador de alta taxa em substituição aos decantadores secundários convencionais que são instalados à jusante do tanque de aeração. A taxa de escoamento superficial em decantadores secundários geralmente é inferior a  $25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , e no caso de decantadores de alta taxa, com segurança podem-se aplicar valores de  $80 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Portanto, unidades menores, nem sempre exigindo a instalação de equipamentos onerosos para raspagem do lodo sedimentado. A área superficial desse tipo de decantador, portanto, pode ser da ordem de um terço da área de um decantador convencional.

Esses decantadores têm, em seu fundo, “poços de lodo” com descarga hidráulica automatizada e contêm um conjunto de placas ou tubos (com diferentes sessões), com inclinação da ordem de  $60^\circ$  em que o escoamento ascensional encontra menor turbulência e estrutura física que retêm mais facilmente os sólidos, resultando assim, na melhor sedimentação dos flocos suspensos.

Na Figura 7.a é mostrado detalhe de um decantador convencional e na 7.b, a vista superior de um decantador de alta taxa (ambos vazios, para mostrar aspectos construtivos). No de alta taxa, o esgoto atravessa os módulos, no sentido ascendente e transborda nos nove vertedores que aparecem na fotografia.

Outra alternativa para a remoção de sólidos suspensos do efluente de reatores UASB e de tanques de aeração, com eficiência comprovada em laboratórios e na prática, recai sobre o uso de flotação, em substituição à decantação. Uma das ETEs pioneiras no Brasil é a ETE Capuava – DAEV – Valinhos-SP (CAMPOS, J.R. e REALI, M.A.P., 1998), que utiliza-se de reatores UASBs seguidos por floculação e flotação.



a)



c)



b)



d)

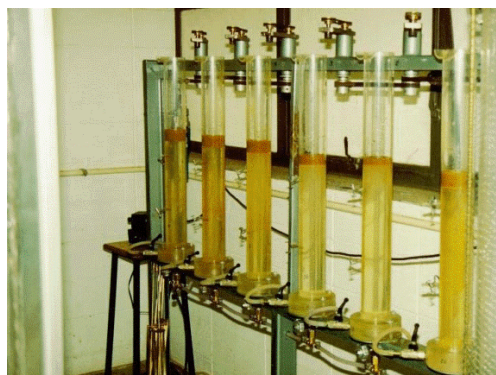
**Figura 7** – Remoção de Sólidos Suspensos Gerados no Processo de Lodos Ativados.

Nesse caso, parte do efluente do tanque de flotação é misturada com ar e pressurizada (4 a 6 atm), para promover a dissolução do ar. Essa fração de esgoto é retornada ao tanque de flotação onde as microbolhas formadas (20 a 100  $\mu\text{m}$ , na maior parte) aderem aos sólidos suspensos que são flotados (na superfície da unidade) e removidos por raspador. A grande vantagem da flotação é que permite a interferência operacional (variando-se a quantidade de ar e a pressão), e, além disso, geralmente resulta em unidades com área superficial menor que dos decantadores convencionais; além de viabilizar eficiência maior. Na Figura 7.c é mostrada a superfície de um tanque de flotação com o material flutuante sendo conduzido por raspadores até uma calha de coleta desse lodo. Na Figura 7.d apresenta-se a fotografia de uma câmara de saturação, onde a parcela recirculada é pressurizada com ar, retornando à entrada do flotador, misturando-se com o esgoto afluente.

Na Figura 8 são mostradas fotografias de testes de laboratório para sedimentação e para flotação; neste caso observa-se que, além das seis colunas de teste há uma coluna de maior diâmetro que funciona como câmara de saturação.



Sedimentação



Flotação (Fonte: Reali, M.A.P. – 2012)

**Figura 8** – Ensaio de Laboratório para Sedimentação e Floculação.

As primeiras aplicações de flotação por ar dissolvido ocorreram para remoção de sólidos suspensos de efluentes de reator UASB (exemplos: ETE Capuava – DAEV – Valinhos-SP e ETE Monjolinho – SAAE – São Carlos-SP). Essa alternativa pode ser usada (não se

empregando os lodos ativados como tratamento complementar) quando, em função da Classe do corpo receptor não há exigência restritiva para remoção de Nitrogênio, porém, facilmente se obtém remoção de DBO no sistema (UASB + flotação) superior a 90%.

O primeiro trabalho de pesquisa no Brasil comprovando a viabilidade dessa alternativa foi desenvolvido por Reali et al (2001)

### **Aeração intermitente**

Como visto em relato que precede este tópico, o tratamento completo do esgoto deve promover a degradação de compostos carbonáceos, a nitrificação do nitrogênio amoniacal gerado em etapa anterior, e, finalmente, a desnitrificação, que converte o  $N - NO_x^-$  (nitratos e nitritos) em nitrogênio gasoso ( $N_2$  e  $N_2O$ , principalmente) que é transferido para a atmosfera.

Nas ETEs que datam nos anos 1960 a 1980 prevalecia a concepção de ETE com três reatores biológicos independentes, um para cada função e adicionava-se metanol (Ver Eq. 3) para fornecer o carbono orgânico para a desnitrificação. Em momento seguinte, os projetos passaram a ter dois reatores em série; em um deles era promovida a degradação da matéria carbonácea e a nitrificação (pois em ambos há a necessidade de  $O_2$  livre) e, em outro, na desnitrificação (este, mantido com  $O_2$  próximo a zero).

No Brasil, há alguns anos, já se têm projetos em que se prevê um único reator para esse fim, podendo ser citados como exemplos a ETE Águas da Serra – Limeira-SP – Foz do Brasil (2004) e a expansão (ainda não efetuada) da ETE Monjolinho – SAAE – São Carlos-SP.

Isso se deve ao fato de que num mesmo floco ou biofilme há a presença de todos os micro-organismos essenciais para a realização das reações bioquímicas para as três etapas referidas. Esses se organizam em camadas, que embora bastante irregulares, definem setores com funções diferentes em um mesmo floco ou biofilme (CAMPOS, J.R. – 1989).

Dessa constatação foram desenvolvidos reatores e critérios operacionais que admitem que se usem reatores com aeração intermitente, ou seja, mantem-se, durante determinado tempo o sistema de aeração acionado, e, sequencialmente, por outro período de tempo,

sem aeração (apenas agitação). Esse critério operacional favorece alternadamente aos micro-organismos aeróbios (e nitrificantes) e aos micro-organismos que realizam a desnitrificação. Mesmo de forma bastante irregular, os micro-organismos se acomodam em camadas: na camada mais externa do floco ocorre a degradação da matéria carbonácea e nas subseqüentes mais profundas, a nitrificação e desnitrificação.

Isso tem como resultado o menor consumo de energia — cerca de 20 a 25% — e a menor demanda de alcalinidade (a ser aplicada com álcali). Explica-se: **i**) a nitrificação consome alcalinidade e a desnitrificação gera alcalinidade; **ii**) ao haver a disposição de  $\text{NO}_x$ , o oxigênio intramolecular é aproveitado pelas bactérias que promovem a desnitrificação.

Quanto à necessidade de suplementação de carbono orgânico (para desnitrificação), o próprio esgoto bruto é usado para esse fim (em vez do metanol, como se fazia nos primeiros projetos). Pequena parcela do esgoto bruto é destinada ao reator durante a desnitrificação, se necessário (caso haja reator UASB à montante).

Nesse contexto é importante ressaltar que a existência de um reator UASB à montante de um reator de aeração intermitente, traz grandes vantagens: **i**) menor consumo de energia; **ii**) o processo anaeróbio faz a conversão quase completa do nitrogênio orgânico para nitrogênio amoniacal (substrato das bactérias nitrificantes; e, **iii**) para que ocorra remoção de fósforo é necessária a disponibilidade de acetatos e propionatos (que são gerados no reator UASB). Mantendo-se, no reator aerado intermitentemente, uma região com alta carga (próximo a entrada), pode-se conseguir considerável remoção de P, além da de Nitrogênio

### **Desinfecção com radiação ultravioleta**

O uso de produtos químicos para desinfecção de esgoto ainda é objeto de muita polêmica, pois existe a potencialidade de geração de subprodutos que podem ser danosos ao ambiente aquático receptor.

Uma alternativa que vem sendo cada vez mais aceita e utilizada, é a exploração do efeito germicida da radiação ultravioleta em determinada faixa de comprimento de onda.

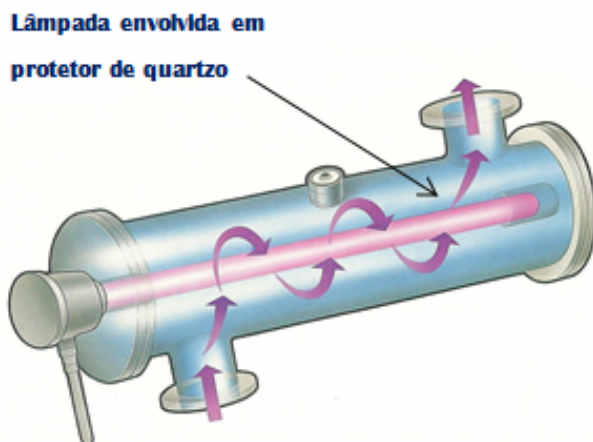


Em 1903 descobriu-se o efeito bactericida da radiação ultravioleta, contudo, apenas a partir de 1940 iniciou-se a comercialização de lâmpadas com essa radiação. Durante muitos anos foram usadas para desinfecção de água e, apenas recentemente para esgoto. O comprimento de onda dessas radiações (UV) encontra-se entre os da luz “visível” e os de Raio X. A desinfecção é obtida em decorrência de fotólise (absorção de fótons pelas moléculas). As proteínas e ácidos nucleicos sofrem modificações (ruptura de ligações químicas) sob a ação da radiação UV, mormente na faixa de comprimento de onda entre 100 a 280 nm, sendo mais efetiva, próximo a 260 nm (região da radiação UVC). A radiação UV age por absorção nos ácidos nucleicos e rompendo ligações não saturadas, principalmente as bases nitrogenadas (portanto sobre o material genético). Há deformação da estrutura helicoidal do DNA.

A efetividade da desinfecção está diretamente relacionada com a dose aplicada ( $\text{mWs} \cdot \text{cm}^{-2}$ ), que é expressa pela Intensidade multiplicada pelo Tempo de Exposição. Há lâmpadas que têm eletrodos de Tungstênio em vapor de Mercúrio e Ozônio; e, outras, em vapor de Mercúrio e Índio (mais eficientes que as anteriores). As doses mais utilizadas variam na faixa de  $20 \text{ mWs cm}^{-2}$  a  $100 \text{ mWs cm}^{-2}$ . As lâmpadas podem ser colocadas alguns centímetros acima do nível da água, ou, para ETE maiores, imersas no esgoto e protegidas por invólucro de quartzo.

Como ilustração (lâmpadas imersas), apresenta-se a Figura 9. Os módulos de UV com lâmpadas imersas podem apresentar até dezenas de lâmpadas, dependendo da sua concepção e da dose necessária.

Para que o sistema seja eficiente é necessário que o efluente tratado da ETE apresente baixo teor de sólidos em suspensão e elevada transmitância.



**Figura 9** – Esquema de um Módulo para Desinfecção com Radiação Ultravioleta. (Fonte: Philips-Germetec)

### **Pós Aeração**

Em todos os projetos recentes dos quais o autor deste texto participou, foi prevista a pós-aeração do efluente tratado.

Isso, porque o efluente das ETEs têm oxigênio dissolvido próximo a zero, e, ao se introduzir oxigênio nesse efluente, o impacto negativo, no local de lançamento no corpo receptor, é bastante atenuado.

A pós-aeração pode ser efetuada mecanicamente ou com o borbulhamento de ar; porém a solução mais interessante, quando se dispõe de desnível superior a 3 m entre o ponto de saída da ETE e o nível máximo da água do corpo receptor, é a utilização de canal com degraus. A largura e o desnível entre os degraus, a temperatura, a vazão do esgoto e a quantidade de oxigênio a ser incorporada, são as principais variáveis para o dimensionamento dessa unidade.

Facilmente pode-se elevar o teor de  $O_2$  no esgoto de zero até sua saturação no efluente, antes do lançamento.

### **Reúso: Água de Serviço**

O custo da água potável na operação de ETEs, pode, em alguns casos, corresponder até 5% do custo total do tratamento.

Em decorrência disso, alguns projetistas, nos anos recentes, têm valorizado o reúso de parcela do esgoto tratado, na própria ETE ou em outras operações externas que não exigem água de qualidade potável (lavagem de vias públicas e irrigação de jardins, por exemplo).

Geralmente o tratamento complementar envolve filtração (com ou sem o uso de produto auxiliar de filtração) e a desinfecção posterior com hipoclorito. Essas instalações trazem benefício ambiental e também podem reduzir o custo operacional da ETE. Quando se pretende utilizar essa água para fins mais restritivos, pode-se, inclusive, empregar-se tecnologia mais sofisticada mediante filtração em membranas (microfiltração: 0,1 a 0,5  $\mu\text{m}$ ).

### **Tratamento e destino final do lodo**

Em um país que ainda trata, efetivamente, pouco mais de 16% do esgoto gerado, a problemática do lodo ainda não é ponderada com a responsabilidade necessária. Assim, a maior parcela do lodo gerado é ainda destinada a aterros sanitários, com custo que pode variar preponderantemente na faixa de R\$ 80,00 a R\$ 200,00 por tonelada. Geralmente o desaguamento é efetuado com o uso de centrífugas, para pequenas e médias ETEs e filtros prensa, em grandes ETEs.

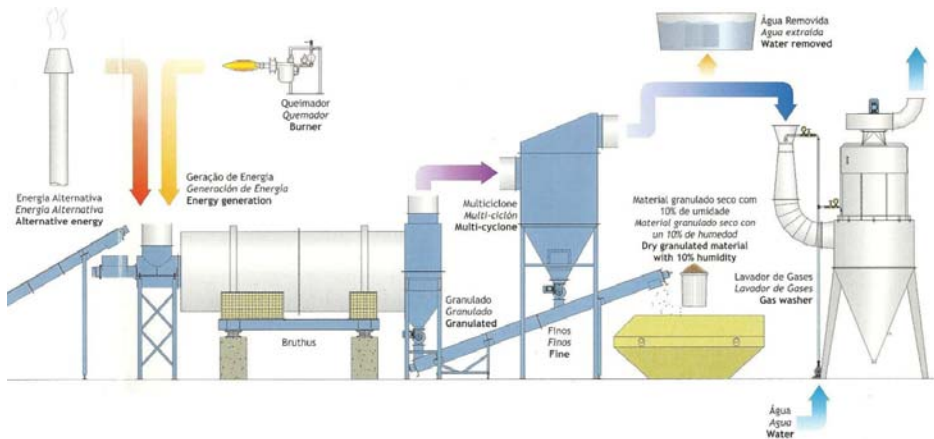
O descarte de lodo em aterros é uma solução “sanitária”, contudo, com débitos ambientais: **i)** ocupação de volume no aterro que deveria ser destinado aos resíduos sólidos urbanos (lixo); **ii)** custo elevado; **iii)** omissão quando à potencialidade de geração de energia.

Alternativamente, há ETEs que produzem composto orgânico como fertilizante; ou, após efetuar desinfecção com cal, destinam-se esse material para a agricultura.

Para médias e grandes ETEs, uma solução com futuro promissor recai sobre o uso de secagem térmica (Ver Figura 10) que, ao mesmo tempo que promove a desinfecção desse material, reduz sua umidade para valor geralmente inferior a 75%. Isso reduz o custo de transporte e viabiliza o uso seguro na agricultura.

Exemplo recente trata-se da ETE da cidade de Araraquara – SP, que promove o desaguamento seguido por secagem térmica do lodo extraído de uma lagoa de sedimentação (CAMPOS, J.R. – 2007).

Os equipamentos mais modernos efetuam o tratamento dos gases gerados e têm fornalhas que admitem, alternativamente, diversos combustíveis: biogás previamente tratado, GLP, gás natural, aparas de madeira originadas de resíduos de construção civil, e, até o próprio lodo (após secagem).



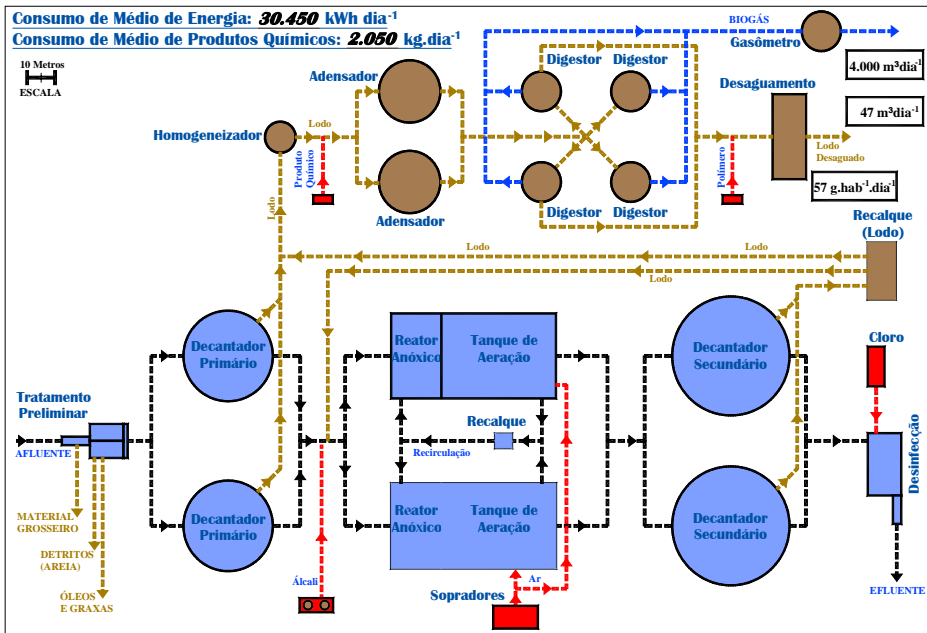
**Figura 10** – Esquema de um Sistema de Secagem Térmica de Lodo  
Fonte: ALBRECHT - Catálogo

## Descrição de uma ETE de lodos ativados

Na Figura 11, apresenta-se um fluxograma representativo de uma ETE de lodos ativados. Essa configuração é, provavelmente, a mais empregada em todo o mundo para cidades de porte médio ou grande. Entre as cidades que a utilizam podem-se citar São Paulo – SP, Rio de Janeiro – RJ, Paris, Londres, Chicago (USA), etc, etc.

Esse fluxograma foi construído respeitando escala e supondo-se uma cidade a ser atendida com 200.000 habitantes.

Nessa figura constam estimativas de consumo médio de energia, consumo médio de produtos químicos, produção potencial de biogás e produção de lodo. Ressalte-se que o consumo de energia que consta na figura, corresponde exclusivamente ao funcionamento das unidades que compõem a ETE. Não foram incluídas demandas para iluminação externa e interna e demandas acessórias.



**Figura 11** - Esquema de ETE: lodos ativados convencional (200.000 hab.).

Observem-se o grande tamanho dos decantadores e a complexidade do fluxograma específico para o lodo gerado, principalmente aquele resultante do decantador primário (porção superior da Figura 11). O lodo retirado dessa unidade passa por homogeneizador; por unidades destinadas a adensar esse lodo (que possui elevada quantidade de água: 95 a 97%) e, finalmente, é enviado a digestores anaeróbios que são grandes tanques que retêm o lodo durante 20 a 30 dias para viabilizar a degradação biológica de parte do material orgânico (30 a 45%) e a produção de biogás. O lodo retido nos decantadores secundários também passa pelo mesmo fluxograma.

Na Figura 12, apresenta-se vista aérea da Beijing Gaubeidian – Wastewater Treatment Plant (China), inaugurada em 1993, para atender uma população de 2.400.000 habitantes (1.000.000 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>). Essa ETE ocupa área de 680.000 m<sup>2</sup>, sendo que o lodo gerado é utilizado como fertilizante. Essas instalações geram (biodigestores de lodo produzindo biogás) 20% da energia consumida.



**Figura 12** – Exemplo de um Sistema de Lodos Ativados Convencional  
(Fonte: IWA – International Water Association UK – 2006  
World Water Congress & Exhibition – Folder)

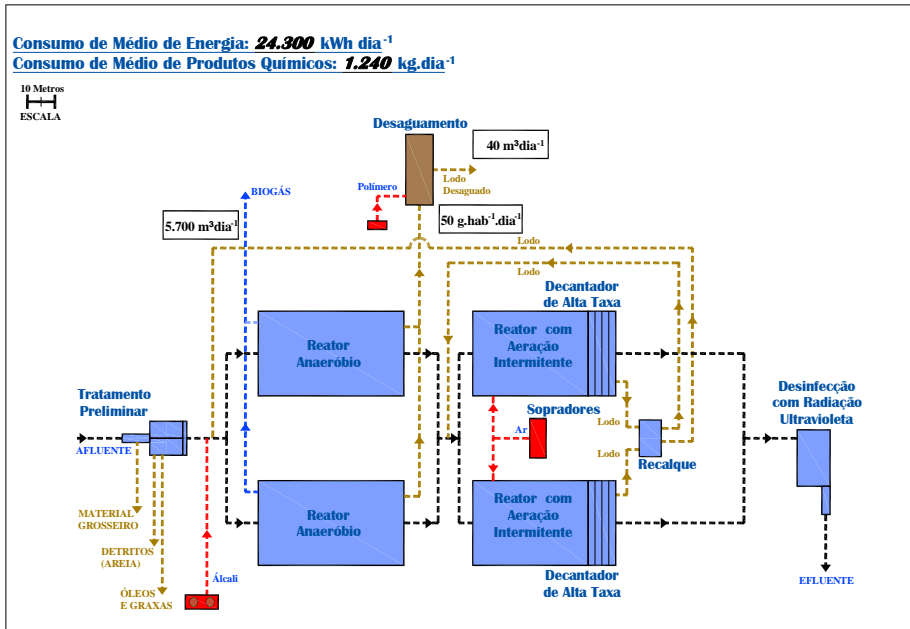
Observam-se, na Figura 12, na parte inferior, os decantadores primários, seguidos por tanques retangulares, que incluem os tanques de aeração e os decantadores secundários.

Na parte superior da fotografia, veem-se grandes tanques cilíndricos (digestores) e edificações anexas. Essa é a porção destinada ao tratamento e desaguamento do lodo. A quase totalidade dessas edificações inexistem nas concepções sugeridas neste texto, pois, no fluxograma destas ETEs são incorporados reatores UASB, que funcionam como: decantador primário, homogeneizador, adensador de lodo e digestores anaeróbios.

### **Concepção de ETEs que incorporam inovações**

A comparação entre o conceito convencional e com inovação fica evidente ao se observar a Figura 13, que é uma concepção que incorpora

reatores UASB, aeração intermitente, decantador de alta taxa e desinfecção por UV e pós-aeração.



**Figura 13** – Esquema de ETE: Eeator UASB, Lodos Ativados e Decantador de Alta Taxa com Remoção de DBO e de Nitrogênio (200.000 hab.)

A Figura 13 mostra fluxograma de uma ETE que tem a mesma capacidade e eficiência da ETE, cujo esquema foi apresentado na Figura 11. Ambos os fluxogramas foram configurados respeitando-se a mesma escala geométrica em planta e atendendo a mesma população (200.000 habitantes). As dimensões das unidades e a área ocupada pelas ETEs são comparáveis visualmente.

Além da maior simplicidade e menores custos operacional e de manutenção, pode-se fazer uma comparação estimativa mostrada no Quadro 2.

**Quadro 2** – Comparações entre uma ETE convencional de lodos ativados (A) e em ETE com reator UASB, lodos ativados e decantador de alta taxa (B): (200.000 hab.)

Discriminação	ETE		Diferença (%) da ETE B em relação a ETE A
	A	B	
Consumo médio de energia (hWhdia <sup>-1</sup> )	30.450	24.300	- 20,2
Consumo médio de produtos químicos (kgdia <sup>-1</sup> )	2.050	1.240	- 39,5
Produção de biogás (Nm <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup> )	4.000	5.700	+ 42,5
Lodo desaguado (m <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup> )	47	40	- 14,9
Geração de sólidos por pessoa atendida (ghab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	57	50	- 12,3
Área ocupada (unidade como referência)	1	0,7	- 30,0
Custo de execução (unidade como referência)	1	0,7	- 30,0

**OBS.:** A energia estimada refere-se exclusivamente às gerações e processos para tratamento de esgoto; não inclui as demais demandas das ETEs.

Embora os valores apresentados no Quadro 2 sejam apenas estimativas, fica evidente que em locais em que seja possível a execução de UASB, esses devem fazer parte do fluxograma de ETEs; ou pelo menos na concepção deve ser incorporado no estudo comparativo de alternativas.

O biogás produzido numa ETE com essa configuração tem potencialidade de gerar energia elétrica para suprir 20%, ou mais, da demanda total necessária para seu funcionamento.

Na Figura 14, é mostrada uma fotografia da ETE Águas da Serra – Limeira – SP, de propriedade da FOZ DO BRASIL que é concessionária do sistema de esgoto da referida cidade.





**Figura 14** – ETE Águas da Serra – FOZ DO BRASIL – Limeira – SP.

A ETE Água da Serra, apresenta, consistentemente, remoção média de DBO superior a 98% (DBO do efluente da ordem de  $5 \text{ mg } \ell^{-1}$ ) e foi projetada e construída obedecendo ao fluxograma que consta na Figura 13. O desaguamento de lodo é efetuado por centrífugas e seu efluente é desinfectado por radiação ultravioleta (Ver Figura 15), e possui em seu fluxograma a pós-aeração final.



**Figura 15** – Desinfecção por UV: ETE Águas da Serra – FOZ DO BRASIL – Limeira - SP

Destaque-se aqui que grande parte das ETEs, no Brasil, principalmente aquelas não vinculadas a grandes concessionárias, não dispõem de pessoal especializado para gerir sua operação.

Quando ocorre a junção de bons projetos e bem detalhados, execução das obras por empresas capacitadas e bem fiscalizadas e, também, operação por pessoal conhecedor dos processos e operações e cientes de sua responsabilidade, as ETEs com as concepções mais avançadas e simples sempre redundam em sucesso.

Ainda há no país, críticos (negativos) sobre o emprego de reatores UASB, que se baseiam em problemas tais como: corrosão nos componentes do reator, dificuldades de limpeza dos dispositivos de coleta de gases e exalação de mau odor. Isso somente ocorre quando há falha em um ou mais apoios do tripé (projeto, execução, operação); não se pode denegar o processo ou o reator. Quando ocorrem problemas, estes são oriundos de alguma falha no tripé.

O projeto e a obra devem prever impermeabilização de excelente qualidade contra ambiente corrosivo e os reatores devem ser estanques a gases (e, dependendo da concepção, deve-se remover e tratar os gases do *head space* do reator).

### **Estação de Tratamento de Esgoto Monjolinho – São Carlos-SP**

A Estação de Tratamento de Esgoto Monjolinho – São Carlos – SP, foi concebida após estudo comparativo, sob os aspectos técnico, econômico e ambiental (CAMPOS, J.R.; DANIEL, L. A. e REALI, M.A.P. – 2003).

Sua concepção completa recaiu sobre o uso de tratamento preliminar (incluindo a retenção de óleos e graxas), provendo-se a digestão anaeróbia do material flutuante removido na unidade. Para o tratamento biológico, optou-se por reator UASB seguido por lodos ativados com aeração intermitente, e, para a remoção de sólidos suspensos gerados nos processos biológicos, a flotação precedida de floculação com coagulante metálico (para remoção de Fósforo), foi a alternativa escolhida. Após a flotação o esgoto é submetido a desinfecção por radiação ultravioleta e é pós-aerado, antes de ser lançado no Córrego Monjolinho.

O lodo é desaguado por centrífugas e destinado a aterro sanitário. Há planos para implantação de secagem térmica do lodo, que será utilizado como fertilizante, futuramente. Nesse cenário futuro, parte do lodo seco será usado como combustível na fornalha do secador térmico

O biogás, atualmente, é queimado em “flare”, contudo, prevê-se sua utilização na fornalha de equipamento destinado à secagem térmica, futuramente.

Para redução de odor, em diversos pontos da ETE foi implantada rede de coleta de gases (por exaustão mecânica); os gases coletados são destinados a leitos enterrados constituídos por fragmentos de carvão umedecidos. Nesses leitos ocorrem processos físicos e biológicos que retêm (e degradam) compostos que causam mau odor.

Parcela do esgoto efluente é pós tratado (filtração e cloração), para reúso.

Uma das primeiras atividades antecedendo a implantação da ETE foi a escolha do local, visando a minimização de impactos negativos e boas condições geológicas, para evitar contaminação de aquíferos e destruição de vegetação natural. Foi escolhida área em que há espaço para expansões futuras. Caso se considere que as mesmas tecnologias atuais serão adotadas, há área suficiente para ampliações que podem atender toda a população de São Carlos - SP, até, pelo menos, o ano 2080.

Foram estudadas onze alternativas, incluindo entre elas o tratamento *in line*, e, também, a potencialidade de geração de energia elétrica com o próprio esgoto (previamente peneirado). Essas alternativas foram ponderadas porque o desnível até a ETE é bastante considerável assim como o comprimento do emissário também o é.

O sistema foi modulado, respeitando o aumento temporal da população. Foram executados, inicialmente, dois módulos com alcance para o ano 2015, quando se prevê população atendida de cerca de 258.500 habitantes. Nesse ano (2015) deverá ser colocado em operação um terceiro módulo que terá alcance até proximamente, o ano 2031 (expectativa: cerca de 380.000 habitantes). O sistema ainda oferece a possibilidade de se implantar um quarto módulo, com alcance até 2055 (quando a população poderá ser da ordem de 500.000 habitantes).

Mesmo assim, ainda há espaço e condições para expansão adicional para atender a cidade até o ano 2080.

A eficiência da ETE foi definida com base na Classe do corpo receptor, em sua vazão mínima de referência e capacidade de autodepuração.

A obra executada tem como processo biológico apenas aquele realizado em reator UASB, contudo há projeto para se intercalar tanques de aeração intermitente, entre os reatores UASB e os flotadores, melhorando ainda mais a qualidade do efluente tratado.

A meta inicial era a de se promover eficiência de remoção de DBO de 90%, remoção elevada de Fósforo, e desinfecção com UV, de modo que o NMP no corpo receptor não ultrapasse o valor de 1000/100 ml.

De forma aproximada, o custo de execução dessa primeira etapa da ETE, por pessoa atendida, resultou da ordem de R\$ 120,00. Valor significativamente inferior àquele constatado na execução de ETEs em cidades do porte de São Carlos – SP (geralmente superior a R\$ 250,00 por pessoa). Referência: ano 2012.

Esse valor reduzido decorreu da concepção adotada e de prêmio que foi concedido pelo PRODES, entidade governamental (cerca de R\$ 20.000.000,00), em decorrência das inovações introduzidas no projeto.

É importante citar que o corpo receptor, o Ribeirão Monjolinho, enquadra-se na Classe 4, cujos padrões de qualidade são relativamente tênues. Esse ribeirão desagua no rio Jacaré-Guaçu (Classe 3), que por sua vez é tributário do rio Tietê. Nesse cenário os efluentes da ETE Monjolinho poderiam ser lançados sem mesmo efetuar-se a desinfecção (não exigida para corpos d'água Classe 4).

Os profissionais envolvidos na escolha da melhor solução, ponderam que, se fosse mantida essa classe do corpo receptor, ainda estariam comprometidos a pesca, o lazer e os usos de sua água. Assim, o planejamento geral envolveu a concepção de uma ETE com nível de tratamento que admitisse, futuramente, a elevação da Classe desse rio, para permitir estética paisagística, o lazer, a pesca e o uso de suas águas pela comunidade locada à jusante da ETE.

Ou seja, a ETE Monjolinho foi concebida de forma a possibilitar qualidade da água do Ribeirão Monjolinho superior à exigida pela

legislação. Face a isso espera-se que essas águas passem a respeitar os padrões legais para corpos de Classe 3.

O ribeirão Monjolinho poderá alcançar, ainda, a Classe 2, tão logo sejam implantados os tanques de aeração após os reatores UASB, já projetados.

No presente, como foi destacado, o processo biológico, é efetuado apenas em reator UASB, contudo há previsão para aprimorar-se o sistema, introduzindo os referidos tanques de aeração. Esses tanques terão concepção especial, pois funcionarão com aeração intermitente e deverão ter dispositivo para retenção de parcela dos sólidos suspensos, precedendo à flotação.

### **Considerações finais**

Esse texto não teve como objetivo uma cobertura completa sobre o tema; assim, foi elaborado apenas com abordagens relativamente superficiais, sem aprofundamento técnico/científico, para alcançar também o leitor que não é especializado em tratamento de esgoto.

Tentou-se mostrar que no Brasil já se detem conhecimento suficiente para incorporar inovações, no presente e no futuro, em novos projetos de ETEs, que oferecem maior vantagem em relação às concepções tradicionais. Embora, sempre que surgem ideias originais no mercado, é natural que haja certa resistência daqueles engajados em soluções padronizadas.

É interessante destacar que ainda há profissionais que tentam desqualificar o uso do reator UASB — que recebeu ênfase neste texto — baseando-se em problemas que ocorrem em alguns reatores deste tipo que já foram implantados: mau odor, corrosão e dificuldades de limpeza das calhas coletoras de gases. Esses três problemas podem ocorrer conjunta ou separadamente, quando há alguma deficiência no projeto, na execução ou na operação. A concepção do reator e o processo biológico garantem a minimização de problemas, quando todos os quesitos técnicos são bem aplicados.

Como é constatado nas comparações apresentadas nesse texto, o emprego de reator UASB, precedendo ao sistema de lodos ativados é

uma solução viável e redonda em menores custos de execução e operação de ETEs.

Contudo, tem-se que pensar no futuro. Quais as medidas a serem testadas em novos projetos?

Há tendência, entre pesquisadores e especialistas, em transformar as ETEs em “verdadeiras” indústrias e buscar a sua efetiva sustentabilidade energética, elevando o aproveitamento dos subprodutos gerados e, também, a produção do biogás, entre outras medidas.

Dentre as pesquisas e aplicações em estudo, e em alguns casos, em fase de testes em ETEs, destacam-se as ponderações:

- Admitir o lançamento na rede pública de efluentes líquidos industriais com elevado teor de matéria orgânica (pré-tratados), para aumentar a produção de biogás na ETE. Isso é possível, porque os reatores UASB têm tendência de elevar a sua eficiência de remoção de DBO, quando a concentração do afluente se eleva.
- Aproveitar o Hidrogênio gerado no processo anaeróbico.
- Elevar a eficiência dos reatores anaeróbios na decomposição de material orgânico particulado (e portanto, produção de biogás).
- Melhorar os sistemas de captação do biogás. Atualmente existem perdas significativas e arraste do metano no efluente líquido dos reatores.
- Gerar energia elétrica a partir de eletrodos imersos nos reatores anaeróbios e, também, nos aeróbios que são instalados para efetuar o pós-tratamento. No reator anaeróbico prevalecem potencial de óxido redução da ordem de -400 a -200 mV e no aeróbio + 100 a + 300 mV.
- Aproveitar o material orgânico retido no tratamento preliminar como combustível em fornalhas para secagem de lodo. Nessa etapa de tratamento também se obtém areia, que pode ser aproveitada.
- Aproveitamento de óleos e graxas retidos no tratamento preliminar para geração de biogás (em reator anaeróbico) ou para produção de biocombustível.
- Aproveitar o Fósforo presente no esgoto mediante a produção de estruvita, que pode ser usada diretamente na agricultura.

- Produzir fertilizantes a partir do lodo gerado na ETE, ou usá-lo como fonte alternativa para queima em fornalhas.
- Extrair e purificar os biopolímeros presentes nos conglomerados de micro-organismos e usá-los como “polieletrólitos” no tratamento de águas (auxiliar de floculação).
- Implantar nas ETEs sistemas de geração de energia elétrica a partir do biogás.
- Implantar nas ETEs sistemas complementares de geração de eletricidade a partir da eólica e/ou solar.
- Organizar a gestão das ETEs baseando-se em conceitos de sustentabilidade, com ênfase na minimização de gastos de energia elétrica pelos equipamentos e na minimização de consumo de produtos químicos.
- Escolher a melhor alternativa para concepção da Estação de Tratamento, caso a caso, baseando-se em estudos detalhados e em critérios técnico, econômico, social e político. Não existe uma solução padrão que pode ser adotada como a melhor, para todos os cenários.
- Formar pessoal altamente qualificado para operar estações de tratamento de esgoto.

## Referências

ANDREOLI, C.V. in CAMPOS, J.R., Coord. (2009) – Lodo de Fossa e Tanque Séptico: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final. PROSAB-FINEP-CNPq, ISBN 978.85.7022.166-7 – ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Rio de Janeiro – RJ, p. 383.

BRASIL – Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT-NBR 12.209 (2011). Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, ISBN 978-85-07-03106-2, Rio de Janeiro – RJ, 53 p.

CAMPOS, J.R. (1989) – Remoção de DQO e N em Reatores de Leito Fluidificado em Série. Tese (Livre-Docência), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, Brasil.

CAMPOS, J.R. (1992) – Projeto Básico da Estação de Tratamento de Esgoto Piracicamirim – SEMAE – Piracicaba – SP - USP - FIPAI – Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial, São Carlos – SP.

CAMPOS, J.R. e REALI, M.A.P. (1998) – Projeto da Estação de Tratamento de Esgoto Capuava – DAEV – Valinhos – SP. USP - FIPAI – Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial, São Carlos – SP.

CAMPOS, J.R.; DANIEL, L.A. e REALI, M.A. (2003) – Tratamento de Esgoto Sanitário de São Carlos – SAAE – São Carlos-SP – Estudo de Alternativas e Concepção da Melhor Solução – USP - FIPAI – Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial, São Carlos – SP.

CAMPOS, J.R. (2007) – Projeto Executivo do Sistema de Desaguamento de Lodo da ETE de Araraquara. Estudo de Alternativas e Projeto da Proposição mais Adequada (Secagem Térmica – DAAE – Araraquara – SP. USP – FIPAI – Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial, São Carlos – SP.

CAMPOS, J.R.; REALI, M.A.P.; ROSSETO, R. e SAMPAIO, J. (2007) – Wastewater Treatment Plant Composed of UASB Reactor, Activated Sludge with Dissolved Air Flotation and UV Desinfection in Series; in Anais 10<sup>th</sup> IWA Specialist Conference. Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants. IWA. Viena, Áustria, p. 8-15.

DANIEL, L. A. (2013) – Meio Ambiente e Saúde Pública, in CALIJURI, M.C. e CUNHA, D.G.F. (Coord.). Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. Ed. Elsevier Editora, ISBN 978-85-352-5954-4, Rio de Janeiro – RJ, 789 p.

GARCIA F. et al (2010) – Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro. Fundação Getúlio Vargas – Instituto Brasileiro de Economia – IBRE. Rio de Janeiro – RJ, 32 p.

MARCHETTO, M.; REALI, M.A. e CAMPOS, J.R. (2003) – Remoção de Fósforo de Efluente de Reator Anaeróbio em Reator com Aeração Intermitente Seguido por Flotação por Ar Dissolvido. Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, v. 8, p. 77-83.

METCALF & EDDY INC. (2003) – Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Higher Education, ISBN 0-07-112250-8, New York-USA, 1819 p.

OLIVEIRA, GESNER (2012) – Parcerias para Universalizar o Saneamento. Jornal FOLHA DE SÃO PAULO – Tendências e Debates (23/12/2012).

REALI, M.A.; CAMPOS, J.R. e PENETRA, R.G. (2001) – Sewage Treatment by Anaerobic Process Associated with Dissolved Air Flotation. Water Science & Technology – IWA. UK, v. 43, p. 91-98.



## AGRADECIMENTOS

- A Universidade de São Paulo, FAPESP, CNPq, FINEP e CAPES, que viabilizaram minhas pesquisas e testes em laboratório.
- Ao Eng<sup>o</sup>. Gilson Luiz Merli, Superintendente na FOZ DO BRASIL S/A. Graças ao Eng<sup>o</sup>. Gilson pude testar em campo, e contar com a sua colaboração e participação, primeiramente em Piracicaba – SP (ETE Piracicamirim), com o apoio dos dirigentes do SEMAE – Serviço Municipal de Água e Esgoto, e, posteriormente na ETE Água da Serra – Limeira – SP – FOZ DO BRASIL, e para implantar as inovações destacadas neste texto. As mesmas considerações destino ao Eng<sup>o</sup>. Luiz Carlos Lima – DAEV – Valinhos-SP (ETE Capuava). Ambos são ex-alunos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica em Saneamento – EESC-USP.
- Aos funcionários da USP, Valdecir Aparecido de Arruda e Maria Cecília Scansani Marques, que colaboraram, respectivamente, na elaboração das peças gráficas, e digitação e organização de textos, na quase totalidade dos projetos dos quais pude participar.
- Ao advogado e jornalista Kleber Chicrala e ao Prof. Vanderley Bagnato (IFSC-USP), pela oportunidade de participação nesta obra.
- Sem a colaboração dessas entidades e profissionais e de meus alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado não teria conseguido levar à sociedade o que aprendi na Universidade.

## SOBRE O AUTOR

### José Roberto Campos



É engenheiro civil formado pela EESC-USP e ingressou como docente, no Departamento de Hidráulica e Saneamento, da mesma instituição, em 1972, onde dedicou-se a várias áreas, destacando-se tratamento de águas de abastecimento, e, a partir de 1980, passou a empenhar-se com mais ênfase nas áreas de tratamento de águas residuárias e tratamentos avançados. É bolsista do CNPq, na categoria 1A desde 1987 e professor titular, a partir de 1993.

Desde o início de sua carreira na Universidade procurou desenvolver pesquisas sempre direcionadas a resultados práticos passíveis de serem aplicados no país.

Como pesquisador/orientador formou 62 mestres e doutores e produziu 145 artigos publicados em anais de eventos ou em periódicos.

Entre algumas atividades em que atuou, em caráter de extensão àquelas dedicadas a USP, citam-se: participação de consultorias ou projetos de sistemas de tratamento de efluentes industriais e de esgoto sanitário; consultor temporário (em diversas ocasiões) da Organização Panamericana de Saúde – OPS, em vários países da América Latina e Caribe; durante cerca de 8 anos colaborou ativamente com o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (a partir de sua criação, em 1989); Membro do Comitê de Engenharia Sanitária do CNPq (durante 3 anos). No período de março/2010 a março de 2014, participa como Membro do Conselho de Orientação em Saneamento – COSB, da Agência Reguladora de Saneamento e de Energia Elétrica do Estado de São Paulo – ARSESP.

Seus trabalhos de pesquisa sempre são planejados com o intuito de obter produtos finais de engenharia, os quais procura implantá-los em escala plena. Face a essa atuação (inserção social) obteve vários prêmios extra-universidade, entre os quais o “Chico Mendes” (2007) oferecido pela Câmara Municipal de São Carlos e o “Prof. Azevedo Netto” (2008), o qual lhe foi agraciado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.



# Inovação e sustentabilidade por meio de painéis de partículas de madeira e de outros materiais lignocelulósicos.

Francisco Antonio Rocco Lahr  
Maria Fátima do Nascimento  
André Luis Christoforo

## 1. Generalidades

Ao longo do tempo, a madeira tem sido um dos materiais mais utilizados pelo ser humano para a solução de diferentes problemas construtivos. O consumo da madeira sempre se constituiu num indicador seguro associado ao progresso das nações.

O Brasil dispõe de grandes áreas de florestas nativas, destacando-se entre elas a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica que, somadas atingem aproximadamente três milhões de quilômetros quadrados (trezentos milhões de hectares).

Em decorrência da redução da oferta de madeira tropical, a partir das acertadas providências no sentido de serem certificadas áreas para garantir a sustentabilidade da extração deste recurso natural de alto valor, vem se expandindo no país as florestas plantadas, hoje superando os oito milhões de hectares, principalmente dos gêneros *Eucalyptus*, *Corymbia*, *Pinus*, *Tectona* e *Schizolobium*.

Algumas providências do Governo Federal Brasileiro têm aumentado a demanda por materiais e produtos de origem florestal. Destacam-se, entre tais providências, o grande incentivo à indústria dos móveis, inclusive com desoneração de impostos, e a expansão da construção civil, ambas no âmbito dos Programas de Aceleração do Crescimento (PAC's), nos quais contemplada a necessidade de expandir os limites estruturais, de ampliar a cobertura geográfica da infraestrutura de transporte para, deste modo, reduzir as desigualdades regionais e harmonizar o desenvolvimento nacional (DNIT, 2009).

No tocante às ferrovias, o objetivo é chegar, no final de 2015, com mais de 2.500 quilômetros em plenas condições de operação. Concentram-se nas regiões Norte e Centro-oeste as intervenções mais significativas, que deverão consumir cerca de dois terços dos recursos do PAC destinados à recuperação e à expansão da malha ferroviária. Considerando que se utilizam entre 1.500 e 1.800 dormentes por quilômetro de estrada de ferro (MADEIRAS CC, 2009), nos próximos anos algo em torno de quatro milhões de dormentes serão utilizados para viabilizar tal parcela dos objetivos oficiais do PAC. Com certeza, a madeira tropical de alta densidade, proveniente das florestas certificadas, se constitui em excelente solução para a obtenção dos dormentes mencionados.

Por outro lado, a grande expansão da construção civil, vivenciada nos últimos anos e com ótimas perspectivas de continuidade, exigirá a disponibilização de uma considerável quantidade de madeira de alta densidade para a produção de pisos para residências e demais tipos de edificações. Informações apresentadas pela Revista da Madeira dão conta que, em 2007, foram produzidos no Brasil mais de 38 milhões de metros quadrados de pisos de madeira, com projeções de demanda equivalente nos próximos anos (REMADE, 2009).

Os argumentos elencados devem ser acompanhados de informações adicionais para evidenciar aspectos relevantes das questões envolvidas. A mais relevante, no contexto deste capítulo, diz respeito ao aproveitamento das toras para a obtenção de madeira serrada, necessária para atender às demandas citadas. Conforme registro de diversos autores, entre eles, Rocco Lahr (1990), Christoforo (2012), Zangiácomo (2007), algo em torno de 60% do volume original das toras acabam se transformando em resíduos e rejeitos de processamento. Imagens como a apresentada na Figura 1 são muito comuns em todas as regiões de produção de madeira serrada, no Brasil.



**Figura 1.1** - Resíduos e rejeitos de madeira.  
Fonte: ppgeea.blogspot.com (2011).

Outro aspecto no qual o Brasil vem se destacando é sua produção agrícola. Sucessivas safras superiores a cento e cinquenta milhões de toneladas de grãos colocam o país entre os maiores produtores agrícolas do mundo. Evidentemente, o processamento desse volume gera uma significativa quantidade de resíduos, cujo aproveitamento deve ser objeto de sistemáticos estudos por parte da comunidade científica no sentido de definir seu melhor aproveitamento, com inequívocos ganhos ambientais e econômicos.

Apenas a título de exemplo, dentre os resíduos da agroindústria, cita-se a casca de aveia. Este produto alimentício usualmente consumido no país apresentou, em 2011, produção que superou as 500 mil toneladas (VARANDA, 2012). Destas, a casca (subproduto da moagem do grão), representa cerca de 30% do peso, isto é, aproximadamente 150 mil toneladas por ano. A casca da aveia tem sido descartada durante o processamento do grão, se tornando poluente ambiental. Assim, é necessário e oportuno estabelecer alternativas para sua reutilização.

Por outro lado, os painéis à base de madeira e de produtos lignocelulósicos, merecem destaque no cenário dos produtos derivados da madeira, justamente por ser a principal matéria prima de uma gama de indústrias de outros setores madeireiros, como indústrias de móveis, de embalagens e muitos segmentos da construção civil. É plausível destacar, dentre os painéis à base de madeira, que o painel de partículas é o mais consumido hoje no mundo. No Brasil, segundo dados do setor, o painel de partículas se encontra num notável acréscimo produtivo,

com ótimas perspectivas de crescimento para os próximos anos. Em 2012, a produção nacional alcançou três milhões de metros cúbicos e atendeu, preponderantemente, à demanda interna (ABIPA, 2012). Cabe aqui registrar que, diferentemente do que ocorre em países europeus, no Brasil a indústria de painéis (concentrada nas regiões sul e sudeste) se utiliza apenas de árvores inteiras, não adotando a prática de adicionar partículas provenientes de reaproveitamento de madeira.

É neste contexto que se insere o capítulo aqui apresentado, cujo objetivo principal consiste em registrar alguns resultados de pesquisa no tema *Painéis de Partículas de Madeira*, tendo como insumos os resíduos/rejeitos provenientes do processamento primário da madeira e de outros materiais lignocelulósicos.

Com isto, espera-se contribuir para balizar as decisões de investidores brasileiros e estrangeiros no sentido de considerarem a possibilidade da implantação de novas plantas industriais para a produção de painéis em locais próximos às regiões produtoras, usando como insumo os resíduos/rejeitos de madeira e de outros materiais lignocelulósicos.

## **2. Algumas pesquisas no assunto desenvolvidas na USP - São Carlos**

### **2.1. Considerações iniciais**

Neste item estão apresentados os resultados de cinco dos mais relevantes trabalhos a respeito do assunto, que foram desenvolvidos no âmbito do Programa Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, no qual estão envolvidos o Instituto de Física de São Carlos, o Instituto de Química de São Carlos e a Escola de Engenharia de São Carlos, e no Departamento de Engenharia de Estruturas, da Escola de Engenharia de São Carlos.

Tratam-se dos resultados das pesquisas desenvolvidas por, Amós Magalhães de Souza, Karen Anéris Blecha, Luciano Donizeti Varanda, Maria Fátima do Nascimento Sabrina Fernanda Sartório Poletto, respectivamente.

Nos subitens a seguir constam: breve introdução sobre cada assunto específico, materiais e métodos, resultados e discussões e conclusões.

Buscou-se uma apresentação sintetizada, com abordagem centrada nos principais aspectos do trabalho realizado.

## **2.2. Painéis de Partículas Homogêneas Fabricados com Espécies de Manejo da Região da Caatinga do Brasil**

### **2.2.1. Introdução**

A presente pesquisa teve como foco a utilização de algumas espécies de madeiras da caatinga (região nordeste do Brasil), resistentes à estiagem e com pequeno potencial de crescimento (NASCIMENTO, 2003), na fabricação de painéis de partículas de madeira. Os painéis foram fabricados com madeiras de Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Algaroba (*Prosopis juliflora*) e Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*). Os resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas foram comparados com propriedades de painéis usualmente comercializados, fabricados com madeiras das espécies *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora*, possibilitando avaliar o potencial dos materiais fabricados.

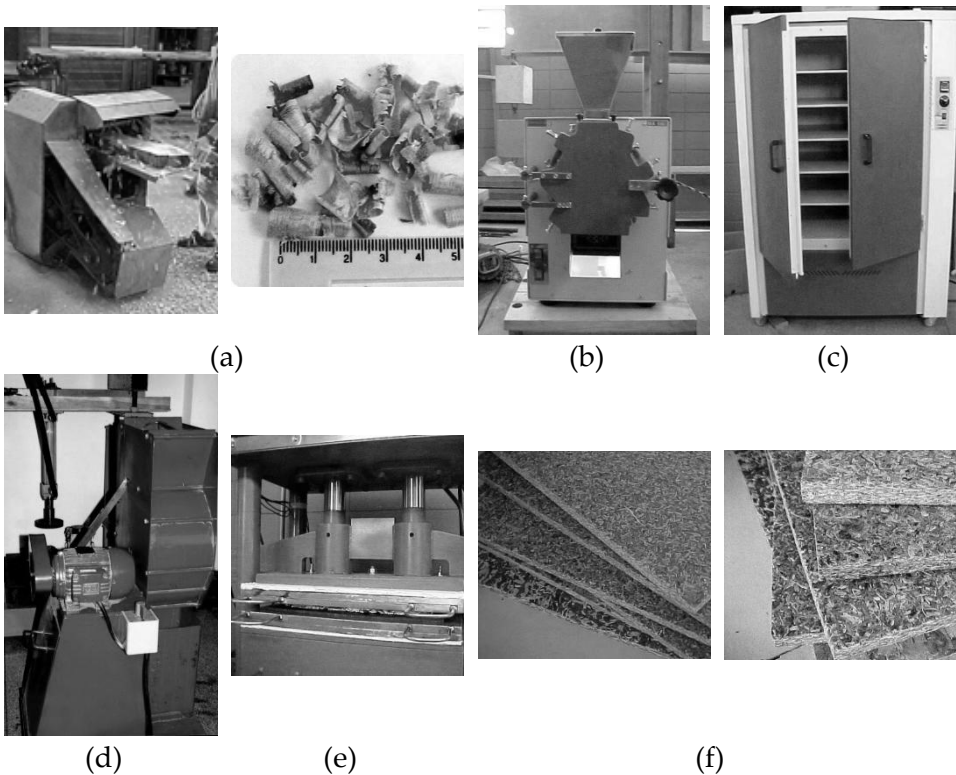
### **2.2.2. Material e métodos**

O adesivo utilizado na confecção dos materiais foi a uréia-formaldeído, de especificações: densidade de 1,25 a 1,13 g/cm<sup>3</sup>, ponto de ebulição em torno de 100°C, viscosidade entre 400 e 1000 cP a 25°C e pH variando entre 7,4 a 7,8.

As espécies de madeira inicialmente ocupavam a forma de toretes com aproximadamente 150 cm de comprimento com 15 a 20 cm de diâmetro. Após o processamento (Figura 1a), as foram trituradas em moinho (Figura 1b) e selecionadas em peneiras com malha de 2,8 mm, secas em estufa (Figura 1c) para um teor de umidade próximo de 12% sendo posteriormente misturadas com a resina pelo uso de uma encoladeira (Figura 1d). Nesta fase, os materiais ainda permanecem sem adesão, com aparência semelhante a uma farinha. Estes foram colocados em um molde seguido da aplicação de uma pré-prensagem para o ganho de coesão, e posteriormente colocados na prensa hidráulica



(Figura 1e) com temperatura de prensagem de 140°C. O processo de prensagem dos painéis consistiu no emprego de uma pressão 4,5 MPa durante 3 minutos, seguido do alívio de pressão da prensa por um período de 30 segundos e posterior emprego da pressão de 4,5 MPa durante 10 min, totalizando tempo de prensagem de 10min com 30seg para liberação de gases. Este procedimento foi empregado para confecção de todas as chapas (Figura 1f) e observou-se que não ocorreram formações de bolhas e rupturas nos materiais.



**Figura 2.2.1** - Etapas da fabricação dos painéis.

Fonte: Adaptado de Nascimento (2003).

Foram confeccionadas 30 chapas de partículas de cada uma das três espécies de madeira investigadas, nas dimensões 350 × 350 × 10 (mm). Todos os corpos de prova foram confeccionados conforme requisitos do documento normativo americano ASTM 1037:1996. De cada chapa foram retirados 6 corpos de prova para os ensaios de flexão, com o

intuito da obtenção do módulo de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR), 12 corpos de prova para os ensaios de resistência à tração paralela (RT) e resistência à tração perpendicular (RTP), 12 corpos de prova para os ensaios de resistência ao arrancamento de parafuso (RAP) e 12 corpos de prova de para a obtenção da densidade aparente.

Para efeito de comparação das propriedades físicas e mecânicas, foram adquiridas no mercado da cidade de São Carlos (SP), chapas de madeira aglomerada produzidas industrialmente, tendo como matéria-prima partículas de madeira dos gêneros *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora*, consistindo em 1 chapa por espécie nas dimensões 2750 × 1860 × 10 (mm).

### 2.2.3. Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas avaliadas, sendo Sd o desvio padrão e Cv o coeficiente de variação.

**Tabela 2.2.1 - Resultados das variáveis-resposta investigadas.**

<i>Corymbia citriodora</i> (comercial)						
Estatísticas	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	0,75	3031	25	-	-	970
Sd	0,03	2726	35	-	-	11
Cv (%)	3	9	10	-	-	11
<i>Pinus elliottii</i> (comercial)						
Estatísticas	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	0,84	3643	24	-	-	720
Sd	0,10	2209	16	-	-	8
Cv (%)	6	6	7	-	-	11
Angico						
Estatísticas	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	1,06	5678	31	12,17	15,5	1820
Sd	0,10	8816	41	13	2	28
Cv (%)	4,95	15	13	11	10	15

Jurema Preta						
Estatísticas	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	1,10	6009	32	12,25	20	2470
Sd	0,10	7207	31	12	2	18
Cv (%)	4	11	9	9	10	7

Algaroba						
Estatísticas	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	1,08	5857	34	12,33	17	2300
Sd	0,10	1027	35	11	2	23
Cv (%)	5	18	10	8	10	10

Os valores limites segundo o documento normativo europeu EMB/IS-2:1995 para a densidade, módulo de elasticidade à flexão, resistência à flexão e resistência à tração perpendicular são respectivamente iguais a [0,5g/cm<sup>3</sup> a 0,8g/cm<sup>3</sup>], 2700 MPa, 23 MPa e 0,55 MPa. Para a determinação da resistência ao arrancamento de parafuso de superfície foi-se utilizado os quesitos da norma brasileira ABNT NBR 14810:2006.

Com relação à densidade, os painéis elaborados com madeira *Corymbia citriodora* foram os únicos dentre os demais a respeitar os limites estipulados pela norma europeia.

O menor valor médio do MOE foi obtido dos painéis fabricados com madeira *Corymbia citriodora*, e o maior oriundo dos materiais elaborados com madeira Jurema Preta, ambos sendo 12,26% e 122,56% superiores respectivamente ao valor limite estipulado pela norma europeia.

O menor valor médio do MOR foi obtido dos materiais fabricados com madeira *Pinus elliotti*, e o maior oriundo dos materiais feitos com madeira Algaroba, sendo 4,35% e 47,82% superiores respectivamente ao valor mínimo da norma EMB/IS-2:1995.

O menor valor médio da RTP foi obtido dos painéis fabricados com madeira Angico, e os maiores oriundos dos materiais elaborados com madeira Jurema Preta, sendo 28,18 e 40 vezes superiores respectivamente ao valor mínimo estipulado por norma.

O menor valor da resistência ao arrancamento de parafuso foi proveniente dos painéis fabricados com madeira *Pinus elliottii* e os

maiores oriundos dos materiais elaborados com madeira Jurema Preta, sendo os fabricados com Jurema Preta 2,43 vezes superiores aos elaborados com madeira Pinus.

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, constata-se que os painéis fabricados com partículas de Jurema Preta apresentaram os melhores resultados para as propriedades mecânicas MOE, MOR e RAP, seguido dos painéis feitos com partículas de Algaroba.

Os painéis elaborados com madeira *Corymbia citriodora* apresentaram os menores valores da densidade, sendo os maiores oriundos dos fabricados com a madeira Jurema Preta. Os materiais feitos com a madeira Jurema Preta apresentaram densidade apenas 1,84% superior aos materiais fabricados com madeira Algaroba, e 10,60% superior aos materiais desenvolvidos com a *Corymbia citriodora*.

Para a resistência à tração perpendicular, os painéis fabricados com partículas de madeira de Jurema Preta apresentaram os melhores resultados, seguidos dos painéis feitos com partículas de madeira de Algaroba ou Angico. Com relação à resistência a tração paralela, as espécies de madeira apresentaram resultados próximos entre si (equivalentes).

#### **2.2.4 Conclusões**

A região de caatinga é constituída de grande potencial de espécies de madeira com altura variando de 3 m a 15 m e com tortuosidades. A capacidade de manejo e reflorestamento na região oferece condições para utilização das madeiras de modo sustentável e com possibilidades de alta produtividade, haja vista o desenvolvimento rápido das espécies estudadas que, aos sete anos já oferecem condições de manejo.

Pelos resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas, constata-se ser possível produzir, em laboratório, painéis de partículas homogêneos com madeiras da caatinga com valores médios e variabilidade de propriedades equivalentes às chapas fabricadas em escala industrial. Esta conclusão vale para matéria-prima oriunda de áreas de reflorestamento ou de espécies provenientes da caatinga do nordeste do Brasil, com densidade variando de 0,95 a 1,04 g/cm<sup>3</sup>.

Em linhas gerais, os painéis fabricados com partículas de madeira de Jurema Preta apresentaram os melhores resultados para as propriedades mecânicas investigadas, sendo estes superiores aos dos painéis produzidos em escala industrial, fabricados com partículas de madeira de *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora*.

## **2.3. Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis de Partículas Confeccionados com Resíduos de Podas de Árvores Urbanas**

### **2.3.1. Introdução**

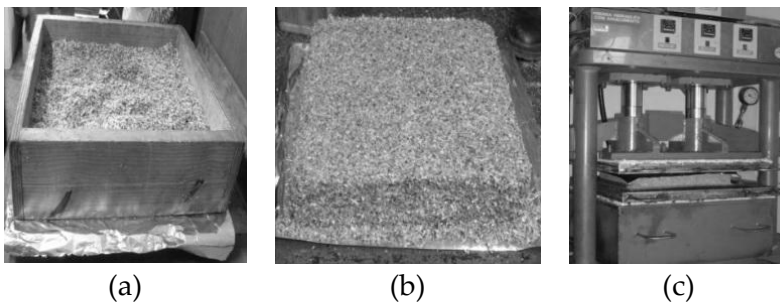
Considerando-se os aspectos do potencial de produção de painéis de partículas do Brasil (ABIPA, 2006) e a necessidade de estudos que possibilitem a utilização de novos adesivos assim como do uso de resíduos de podas de árvores (BLECHA, 2009), material muito pouco explorado em pesquisas envolvendo painéis de partículas, esta pesquisa objetivou confeccionar e avaliar chapas aglomeradas com partículas de madeira oriundas de podas de árvores das espécies de madeira de Jatobá (*Hymenaea sp*) e de Canelinha (*Nectandra lanceolata*) unidas com resina poliuretana bicomponente derivada de óleo de mamona, possibilitando avaliar potencial dos painéis desenvolvidos.

### **2.3.2. Material e métodos**

Os painéis foram elaborados com 100% de partículas de casca de madeira Jatobá, 100% de partículas de casca de madeira Canelinha e com a composição de 50% de partículas de casca de madeira Jatobá e 50% de partículas de casca de madeira Canelinha. As propriedades investigadas, obtidas de acordo com as premissas da norma brasileira ABNT NBR 14810:2006, foram: módulo de elasticidade à flexão (MOE), resistência à flexão (MOR), resistência à tração perpendicular (TP), densidade aparente ( $Q_{ap}$ ), teor de umidade ( $U_m$ ) e inchamento em espessura após 2 horas ( $I_{2h}$ ).

A madeira das duas espécies estudadas passou por um processo de separação das folhas, picagem em moinho, peneiramento com malha de 2,8mm, correção do teor de umidade para 5%, sendo posteriormente

misturado com a resina poliuretana. Nesta fase, o material ainda permanece sem adesão, com aparência semelhante a uma farinha. Este é colocado em um molde (Figura 1a) seguido da aplicação de uma pré-prensagem para o ganho de coesão (Figura 1b), e posteriormente colocado na prensa hidráulica (Figura 1c) com temperatura de prensagem de 90°C. O processo de prensagem dos compostos consistiu no emprego de uma pressão 3,5MPa durante 3 minutos, seguido do alívio de pressão da prensa por um período de 30 segundos e posterior emprego da pressão de 3,5MPa durante 7 min, totalizando tempo de prensagem de 10min com 30seg para liberação de gases. Este procedimento foi empregado para confecção de todas as chapas e observou-se que não ocorreram formações de bolhas e rupturas nos materiais.



**Figura 2.3.1** - Formadora de colchão (a), Colchão de partículas (b) e Prensa hidráulica (c). Fonte: Adaptado de Blecha (2009).

Foram fabricadas seis chapas de partículas para cada uma das três condições experimentais investigadas (18 chapas produzidas), de dimensões 400×400×10mm, cada uma constituída de 1500 g de cavaco aglutinado com 240g de adesivo, totalizando 16% da massa de cavaco. Passadas 72 horas, as chapas foram esquadrejadas nas dimensões de 350×350×10mm. De cada painel foram extraídos sete corpos de prova para cada um dos testes experimentais a serem executados, possuindo as peças para os ensaios de flexão dimensão 50×250×10mm e os demais 50×50×10mm.

### 2.3.3. Resultados e discussões

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os resultados (média -  $\bar{x}$ ; coeficiente de variação-CV) das propriedades físicas e mecânicas referentes aos corpos de prova retirados de cada uma das 6 chapas elaboradas por condição experimental.

**Tabela 2.3.1** - Resultados das chapas com partículas de casca de madeira de Jatobá.

Chapa	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$U_m$ (%)	$In_{2h}$ (%)	TP (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
$\bar{x}$	969	6,2	5,0	1,00	17,3	1773
CV (%)	2	6	8	8	7	9

**Tabela 2.3.2** - Resultados das chapas com partículas de casca de madeira de Canelinha.

Chapa	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$U_m$ (%)	$In_{2h}$ (%)	TP (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
$\bar{x}$	856	5,5	4,7	0,80	15,9	1642
CV (%)	1	3	2	8	4	5

**Tabela 2.3.3** - Resultados das chapas com 50% casca de Canelinha e 50% de casca de Jatobá.

Chapa	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$U_m$ (%)	$In_{2h}$ (%)	TP (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
$\bar{x}$	886	6,7	5,6	0,82	16,8	1619
CV (%)	1	8	12	10	7	6

As chapas produzidas apresentaram densidade variando entre 856 kg/m<sup>3</sup> e 969 kg/m<sup>3</sup>, ultrapassando os requisitos da norma e confirmando resultados apresentados por Nascimento (2008).

A Norma Brasileira especifica que o teor de umidade médio não pode ser inferior a 5% nem superior a 11%, o que foi atendido por todas as chapas confeccionadas. Quanto ao inchamento, este documento normativo apresenta 8% como valor máximo após imersão em água por 2 horas. Todas as chapas produzidas atenderam a esta exigência.

Para espessura variando de 8mm a 13mm, a norma Brasileira especifica o valor mínimo de 0,40 MPa para resistência à tração perpendicular. Todas as chapas apresentaram valores muito superiores ao requerido pela norma, indicando o bom desempenho do adesivo utilizado.

A norma Brasileira exige MOR mínimo de 18 MPa para chapas com espessura compreendida entre 8mm e 13mm, porém não é indicado valor mínimo de MOE na flexão estática. Embora nenhuma chapa tenha alcançado o valor exigido, nota-se ser pequena a diferença entre a média do MOR dos materiais desenvolvidos com limite proposto pela norma. Fica evidente ser possível à obtenção de chapas que atendam a este requisito, variando a quantidade de adesivo ou outros parâmetros de processo, tais como intensidade e tempo de pressão.

#### **2.3.4. Conclusões**

Em linhas gerais, os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho evidenciam a viabilidade técnica da produção de painéis particulados de madeira a partir de resíduos de podas de árvores urbanas.

A densidade dos materiais fabricados extrapolou o limite superior estipulado pela norma Brasileira, sendo de 29,20% a maior diferença encontrada, proveniente dos materiais fabricados com partículas de casca de árvore Jatobá.

O teor de umidade dos materiais desenvolvidos apresentou ser inferior ao limite estipulado pelo documento normativo Brasileiro, sendo o maior valor 64,18% inferior ao limite superior de referência.

O inchamento em espessura após 2h dos materiais fabricados foram ambos inferiores 8%, apresento ser o maior deles 30% inferior ao limite estabelecido pela norma.

A resistência à tração perpendicular dos materiais fabricados mostrou ser superior ao valor mínimo estipulado pela norma Brasileira, apresentado os painéis constituídos de casca de madeira Jatobá os maiores valores, sendo 150% superiores ao valor limite da norma.

Os resultados específicos para o módulo de resistência à flexão não atingiram os requisitos mínimos contidos no documento normativo Brasileiro, embora os valores médios tenham sido muito próximos e, para alguns corpos de prova, até superado o nível de 18 MPa.



Em trabalhos futuros será necessário ajustar os parâmetros de processo, como já apontado anteriormente, para que os requisitos normativos sejam atingidos e viabilizem a proposição de uso dos painéis assim produzidos.

## **2.4. Produção de Painéis de Partículas Homogêneas (PPH) Utilizando Resíduos de Espécies de Madeira de Reflorestamento**

### **2.4.1. Introdução**

O início deste século é marcado pela conscientização da necessidade de preservação dos recursos naturais para a manutenção das atividades humanas no planeta. O reaproveitamento de resíduos sólidos é uma alternativa para reduzir a demanda por insumos (POLETO, 2009). O objetivo deste trabalho consistiu em analisar a viabilidade da fabricação de Painéis de Partículas Homogêneas (PPH) a partir de resíduos do processamento de madeira de *Eucalyptus grandis* e de casca de *Pinus elliottii*, utilizando como adesivo a resina poliuretana à base de mamona.

### **2.4.2. Material e métodos**

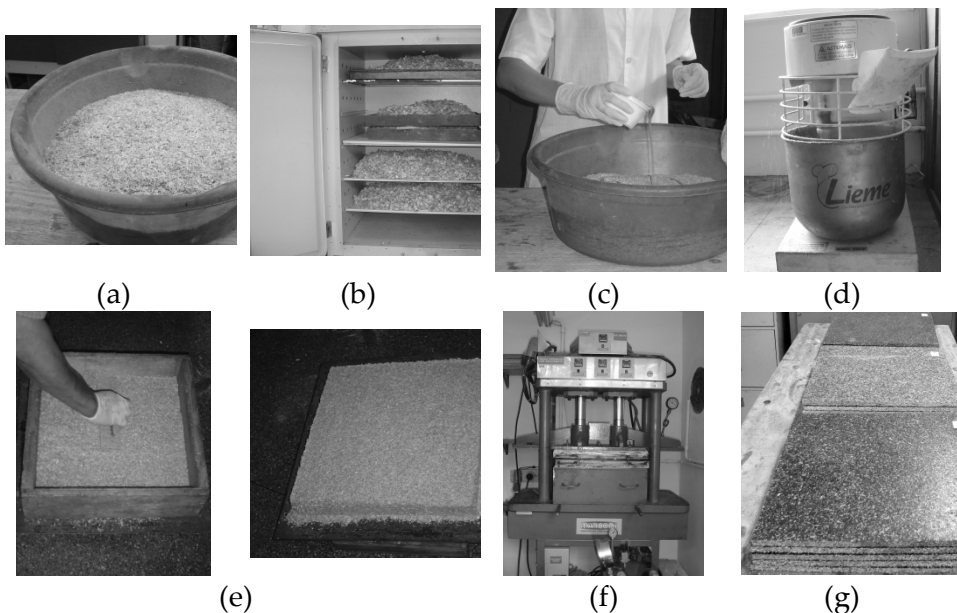
Produziram-se cinco chapas de resíduos de *Eucalyptus grandis* e quinze chapas da combinação entre os resíduos desta espécie e casca de *Pinus elliottii*, nas proporções de 70%, 50% e 30% (em peso), de um total de 100% de resíduos, formando quatro blocos de cinco chapas, sendo estes:

- bloco 1: 100% de resíduos de *Eucalyptus grandis*;
- bloco 2: 30% de resíduos de *Eucalyptus grandis* e 70% de casca de *Pinus elliottii* (em peso);
- bloco 3: 50% de resíduos de *Eucalyptus grandis* e 50% de casca de *Pinus elliottii* (em peso);
- bloco 4: 70% de resíduos de *Eucalyptus grandis* e 30% de casca de *Pinus elliottii* (em peso).

Foram conduzidos ensaios para a determinação da densidade aparente ( $\rho$ ), absorção de água (A), inchamento em espessura (I), adesão interna (AI) e dos módulos de resistência (MOR) e de elasticidade

(MOE) na flexão estática, seguindo as prescrições da norma brasileira ABNT NBR 14.810-3:2006 e da norma americana ASTM D1037:1996.

A fabricação das chapas de partículas aglomeradas envolve diversas etapas. Nelas, estão previstas operações como: picagem, peneiramento das partículas (Figura 1a), secagem das partículas em estufa (Figura 1b), encolagem das partículas com resina poliuretana à base de mamona (Figuras 1c e 1d), formação do colchão de partículas (Figura 1e), prensagem (Figura 1f) e acabamento (Figura 1g). Para estas operações foram utilizados os seguintes equipamentos: picador, encoladeira, prensa e serra circular. Os tempos de encolagem e de prensagem foram controlados e ajustados de acordo com os procedimentos metodológicos sugeridos por Nascimento (2003) e Dias (2005). A Figura 1 ilustra as etapas utilizadas na produção das chapas de resíduos de *Eucalyptus grandis* e casca de *Pinus elliottii* nas diferentes proporções.



**Figura 2.4.1-** Fabricação das chapas de *Eucalyptus grandis* e casca de *Pinus elliottii* em diferentes proporções.

Fonte: Adaptado de Poletto (2009).

### 2.4.3. Resultados e discussões

Os resultados foram apresentados por blocos de chapas para deixar evidenciada a uniformidade da produção, uma vez que os coeficientes de variação dos valores dos módulos de resistência e de elasticidades obtidos nos ensaios de flexão estática e dos módulos de resistência obtidos nos ensaios de adesão interna apresentaram sistematicamente valores inferiores a 0,20 para o coeficiente de variação.

Os valores das densidades das chapas foram iguais a 1,19 g/cm<sup>3</sup>, 1,10 g/cm<sup>3</sup>, 1,17 g/cm<sup>3</sup> e 1,15 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. A variação de 0,09 g/cm<sup>3</sup> mostra não haver diferença significativa na densidade das chapas com as variações de porcentagens de resíduos utilizadas em sua fabricação. A Tabela 1 apresenta os resultados médios alcançados das chapas produzidas.

**Tabela 2.4.1-** Resultados médios de propriedades físico-mecânicas das chapas dos quatro blocos.

Chapas	MOR (daN/cm <sup>2</sup> )	MOE (daN/cm <sup>2</sup> )	I (%)	A (%)	AI (daN/cm <sup>2</sup> )
1	131	13292	1,2	4,0	9,0
2	122	13762	1,6	2,5	8,0
3	118	13313	1,1	1,8	9,2
4	123	13591	1,8	2,7	11,2

Os menores valores do inchamento em espessura (2horas) foram obtidos para as chapas fabricadas somente com os resíduos de *Eucalyptus grandis*. Tais resultados podem ser considerados como esperados, uma vez que a madeira de *Pinus elliottii* é mais permeável que a madeira de *Eucalyptus grandis*, embora para estas chapas o valor médio da absorção de água (2h) tenha sido o maior. Cabe-se notar também que os valores médios obtidos para essa propriedade nos quatro blocos são muito próximos e inferiores ao que é requerido pela norma brasileira ABNT 14810:2006.

Os valores obtidos dos módulos de resistência e de elasticidade na flexão estática são similares aos obtidos por Brito et al. (2006) e superiores aos obtidos por Batista et al. (2007), embora sejam inferiores

ao estipulado pela norma ABNT NBR 14.810:2006 (mínimo de 180 daN/cm<sup>2</sup>).

Todos os resultados obtidos superaram o intervalo de valores para a adesão interna, aceitos pelos fabricantes de chapas particuladas, ou seja, entre 4 e 6,3 daN/cm<sup>2</sup>. Entretanto, para as chapas produzidas com resíduos de *Eucalyptus grandis* e casca de *Pinus elliottii*, quanto maior a porcentagem de casca, menores são os valores da adesão interna. Este fato se deve, provavelmente, pela menor eficiência da colagem entre casca e resina, dadas as características da superfície da casca.

#### **2.4.4. Conclusões**

Os resultados apontam para a viabilidade técnica da produção de Chapas de Partículas de *Eucalyptus grandis*, com ou sem adição de casca de *Pinus elliottii*, para emprego como componentes da edificação e na indústria moveleira.

As análises apresentadas mostram a viabilidade técnica da produção de chapas de partículas homogêneas de *Eucalyptus grandis*, com ou sem adição de porcentagem entre 30 e 70%, em peso, de casca de *Pinus elliottii*.

É possível, também, prever-se o emprego das chapas fabricadas nas aplicações usuais para este tipo de produto, tais como componentes da edificação (revestimentos internos), indústria do mobiliário e indústria de embalagens.

### **2.5. Rigidez na Flexão em Painéis OSB com Rejeitos de Peças Estruturais da Madeira de *Pinus Sp.***

#### **2.5.1. Introdução**

Os painéis OSB (oriented strand boards) são os sucedâneos das chapas de madeira compensada, usualmente empregadas como elementos estruturais, em especial como parte integrante de fôrmas para vigas e lajes de concreto armado. Neste contexto, as propriedades de rigidez são altamente importantes.

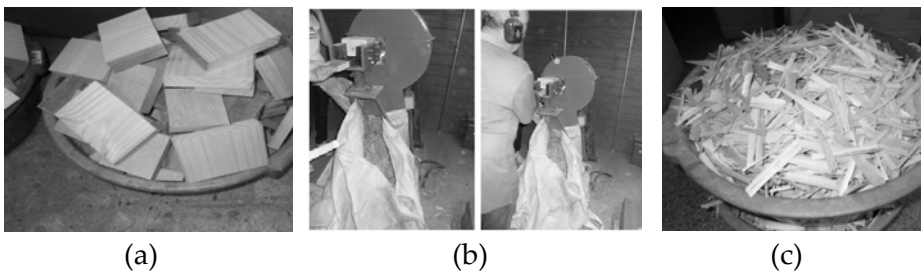
Este trabalho objetivou avaliar, com auxílio do ensaio de flexão estática a três pontos, o módulo de elasticidade (E) de painéis OSB com o uso das premissas de cálculo da norma europeia EN 310:1993 e do emprego conjunto de uma abordagem alternativa de cálculo, fundamentada no método dos mínimos quadrados, levando em consideração a informação de três valores de deslocamentos no cálculo da rigidez, o que permite conferir maior confiabilidade para o E.

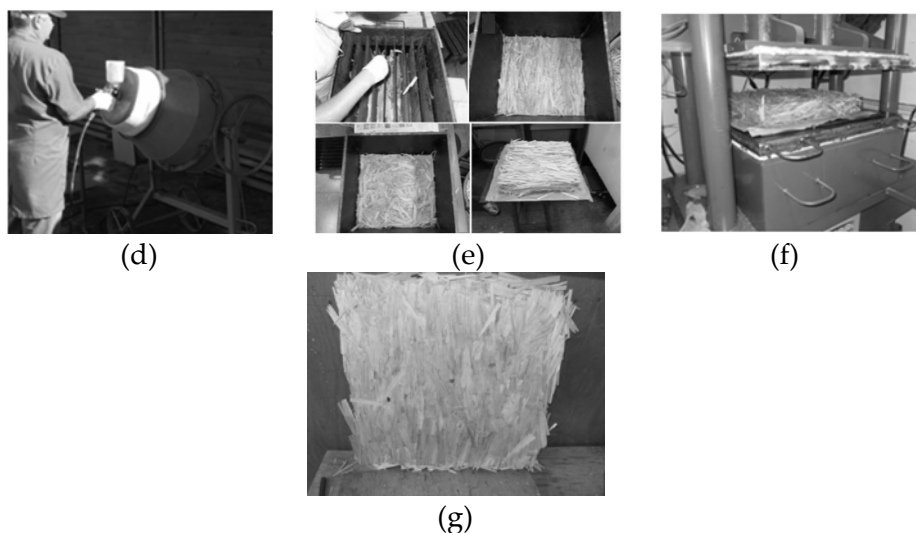
### 2.5.2 Material e métodos

Para a produção dos painéis OSB neste estudo, foram utilizadas partículas (strands) obtidas a partir de rejeitos de peças estruturais da madeira de *Pinus sp.*, por possuírem densidade aparente próxima da desejável para fabricação dos painéis OSB (SOUZA, 2012).

Foi utilizado como agente ligante a resina poliuretana à base de mamona, fornecida pela Indústria Plural Química Ltda. Adotou-se a resina em questão devido ao seu excelente desempenho em painéis (MENDES et al., 2002).

O processo de produção seguiu os parâmetros propostos por Mendes et al. (2002). Inicialmente os rejeitos de madeira de *Pinus sp.* com teor de umidade próximo a 12% foram encaminhadas para marcenaria, onde foram seccionadas em peças de 90mm de largura e 45mm de espessura (Figura 1a). Tais dimensões definiram o comprimento e a largura das partículas (Figura 1b). Estas foram geradas em um picador de disco (Figura 1c), cujas facas foram ajustadas para gerarem partículas com espessuras entre 0,40 e 0,90mm.





**Figura 2.5.1** - Etapas de fabricação dos painéis OSB.  
Fonte: Adaptado de Souza (2012).

As partículas geradas foram pesadas e contidas em uma encoladeira, na qual se realizou a distribuição do adesivo por pulverização, com o auxílio de um compressor de ar e de duas pistolas (Figura 1d). Primeiramente aplicou-se o polioli e em seguida o pré-polímero, sendo adotada a proporção em peso entre polioli e pré-polímero de 1:1. O teor de resina para todos os painéis foi de 12% tendo como base o peso seco das partículas. As partículas encoladas foram posicionadas no separador para orientação e formação do colchão (Figura 1e).

Realizou-se uma pré-prensagem (Figura 1f), objetivando melhorar a conformação do colchão e evitar a perda de partículas. Em seguida, o colchão foi levado a uma prensa hidráulica e submetido à pressão específica de 4,5MPa, por dez minutos, à temperatura de 100°C, em consonância com as recomendações de Mendes et al. (2002). Após a confecção dos painéis (Figura 1g), os mesmos permaneceram por 72 horas no processo de cura para garantia do bom desempenho do adesivo.

Em relação à direção das partículas nas superfícies e no centro do painel, optou-se pela adoção de três camadas, com as externas tendo as tiras de madeira na mesma direção e a camada interna com distribuição

randômica. De testes preliminares, foi-se escolhida a proporção (face/miolo/face) de 20:60:20, com base na percentagem de peso seco de partículas encoladas.

Foram fabricados quatro painéis, com dimensões nominais de 350×350×10mm, para todas as chapas. Cada painel forneceu seis corpos de prova com dimensões de 250×50×10mm, conforme recomendação da norma EN 310:1993. Desta forma, 24 amostras foram testadas na flexão estática.

### Módulo de elasticidade

A Figura 2 ilustra o modelo estrutural de ensaio utilizado na determinação dos módulos de elasticidade segundo os modelos de cálculo propostos pela norma europeia EN 310:19935 e pela abordagem alternativa de cálculo aqui proposta.

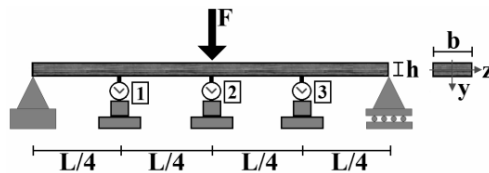


Figura 2.5.2 - Modelo estrutural de ensaio.

A Equação 1, elaborada do modelo estrutural da Figura 2 com apenas o uso do relógio comparador 2, estabelece o valor do módulo de elasticidade obtido pela norma europeia ( $E_{st}$ ), sendo  $F_{10\%}$  e  $F_{40\%}$  e  $\delta_{10\%}$  e  $\delta_{40\%}$  os valores das forças e deslocamentos obtidos a 10 e a 40% da força máxima obtida da experimentação, sendo  $L$ ,  $b$  e  $h$  o comprimento da peça, a largura e a altura da seção transversal, respectivamente.

$$E_{st} = \frac{(F_{40\%} - F_{10\%}) \cdot L^3}{4 \cdot (\delta_{40\%} - \delta_{10\%}) \cdot b \cdot h^3} \quad (1)$$

Da resistência dos materiais, os deslocamentos analíticos ( $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ ) na posição dos relógios comparadores da Figura 2 ficam expressos pela

Equação 2, ambos escritos em função do módulo de elasticidade das peças.

$$\delta_1 = \delta_3 = \frac{11 \cdot F \cdot L^3}{768 \cdot E \cdot I_Z}, \quad \delta_2 = \frac{F \cdot L^3}{4 \cdot E \cdot b \cdot h^3} \quad (2)$$

Conhecidos os deslocamentos da experimentação e os deslocamentos analíticos (Equação 2), uma função de mínimos quadrados foi elaborada com o objetivo de se determinar o valor do módulo de elasticidade ( $E_{otm}$ ) para que o resíduo gerado entre os valores dos deslocamentos analíticos ( $\delta(E)_i$ ) e experimentais ( $\delta_i$ ) seja o menor possível. Derivando-se a função de mínimos quadrados obtida e igualando a zero, chega-se ao valor do módulo de elasticidade que minimiza as diferenças entre os deslocamentos analíticos e os obtidos experimentalmente (Equação 3).

$$E_{otm} = \frac{249 \cdot F \cdot L^3}{32 \cdot \gamma \cdot b \cdot h^3}, \quad \gamma = 11 \cdot (\delta_1 + \delta_3) + 16 \cdot \delta_2 \quad (3)$$

Os módulos de elasticidade alternativos foram calculados na condição de linearidade física e geométrica das peças testadas (ensaio não destrutivo), baseado no valor limite de deslocamento ( $L/200$ ) para vigas bi apoiaada na verificação de estado limite de utilização pela norma brasileira ABNT NBR 7190:1997.

Com o intuito de verificar as diferenças entre os módulos de elasticidade obtidos de ambas as formas de cálculo ( $E_{st}$ ;  $E_{L/200}$ ), foi-se utilizada a análise de variância (ANOVA) com o auxílio do software Minitab® versão 14.

### 2.5.3. Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados dos módulos de elasticidade ( $E_{st}$ ;  $E_{L/200}$ ) na flexão para os compostos OSB, sendo  $\bar{x}$  a média amostral, DP o desvio padrão, CV o coeficiente de variação e Mín. e Máx. os menores e os maiores valores respectivamente, ambos superando o valor limite



(4800 MPa) da norma, sendo classificados para uso estrutural e em ambiente externo.

**Tabela 2.5.1 - Módulos de elasticidade.**

CP	Est (MPa)	E <sub>L/200</sub> (MPa)
$\bar{x}$	8126	7417
DP	844	884
CV(%)	10	12
Mín.	5904	5274
Máx.	9814	9046

O P-valor encontrado da análise de variância do fator método de cálculo foi inferior a 5% (0,019), implicando ser significativo o uso dos métodos utilizados na determinação do módulo de elasticidade na flexão dos compostos fabricados, apresentando ser o E<sub>L/200</sub> 7,80% inferior ao E<sub>st</sub>.

#### 2.5.4. Conclusões

Os resultados revelaram diferenças significativas nos módulos de elasticidade, implicando no emprego da presente abordagem de cálculo em cada estudo desenvolvido por ser mais precisa (mínimos quadrados) que a metodologia de cálculo utilizada pela norma europeia.

### 2.6. Resistência e Rigidez na Flexão de Painéis de Partículas de *Eucalyptus Grandis* e Casca de Aveia

#### 2.6.1. Introdução

Os materiais alternativos vêm sendo continuamente empregados como adição em painéis de partículas de madeira, de modo a reduzir a demanda por madeiras de florestas plantadas. Na flexão estática, os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) são as principais propriedades dos painéis aglomerados, em especial quando se trata de aplicações na construção civil (VARANDA, 2012). O objetivo desta

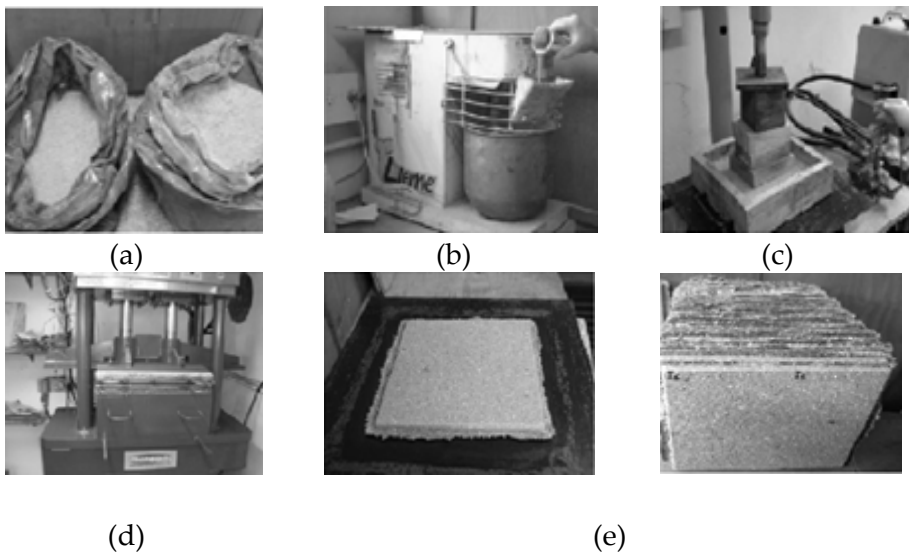
pesquisa consistiu em determinar o MOE e o MOR de aglomerados, ambos obtidos pelo ensaio de flexão estática a três pontos.

## 2.6.2. Material e métodos

### *Produção dos painéis*

Foram produzidos painéis de partículas de *Eucalyptus grandis* e casca de aveia (*Avena sativa*), aderidos sob pressão com resina poliuretana à base de óleo de mamona (bicomponente, na proporção 1:1 entre pré-polímero e polioli). Os percentuais de adesivo utilizados foram 10, 12 e 14% em relação à massa seca total das partículas.

As partículas foram geradas em moinho de facas tipo Willye da Marconi, modelo MA 680 com peneiras de 2,8 mm de abertura. Os painéis foram produzidos de acordo com a Figura 1.



**Figura 2.6.1** - (a) Partículas de *Eucalyptus grandis* e casca de aveia; (b) Misturador e encoladeira; (c) Pré-prensa; (d) Prensa hidráulica; (e) Painéis produzidos. Fonte: Adaptado de Varanda, 2012.

A densidade aparente dos materiais utilizados é de  $0,64 \text{ g/cm}^3$  para o *Eucalyptus grandis* e de  $0,29 \text{ g/cm}^3$  para a casca de aveia. O teor de umidade médio das partículas utilizadas é de 9%.

As condições de prensagem foram: tempo de 10 minutos, pressão de 3,5 MPa e temperatura de 100°C (condizente com a cura da resina poliuretana à base de óleo de mamona). O delineamento experimental adotado possui doze condições experimentais (CE), como apresenta a Tabela 1.

**Tabela 2.6.1 - Delineamento experimental.**

CE	Proporções constituintes	CE	Proporções constituintes
1	100% Euc - 10% adesivo	7	(70% Euc - 30% CA) - 10% adesivo
2	100% Euc - 12% adesivo	8	(70% Euc - 30% CA) - 12% adesivo
3	100% Euc - 14% adesivo	9	(70% Euc - 30% CA) - 14% adesivo
4	(85% Euc - 15% CA) - 10% adesivo	10	100% CA - 10% adesivo
5	(85% Euc - 15% CA) - 12% adesivo	11	100% CA - 12% adesivo
6	(85% Euc - 15% CA) - 14% adesivo	12	100% CA - 14% adesivo

Observação: Euc - partículas de *Eucalyptus grandis*; CA - partículas de casca de aveia.

Foram produzidos seis painéis para cada CE, totalizando 72 painéis, com dimensões nominais de 280 × 280 × 10 mm.

#### *Ensaio de flexão estática*

Foi retirado um corpo de prova de cada painel, com dimensões nominais de 250 × 50 mm. Os corpos de prova e os ensaios de flexão estática a três pontos (para determinação do MOE e do MOR) foram realizados em consonância a norma ABNT NBR 14810:2006. A máquina universal de ensaios utilizada é da AMSLER, com capacidade de 250 kN.

Todos os dados obtidos de MOE e MOR foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a fim de avaliar se os fatores e níveis adotados no delineamento experimental (Tabela 1) apresentam ou não influência no desempenho mecânico (MOE e MOR) dos painéis produzidos, a um nível de confiabilidade de 95% (MONTGOMERY, 2005). A análise estatística foi realizada através do software Minitab®, versão 14.

### **2.6.3. Resultados e discussões**

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para o MOE e o MOR dos painéis produzidos.

**Tabela 2.6.2 - Valores médios de MOE e MOR.**

CE	MOE (MPa)	CV (%)	MOR (MPa)	CV (%)
1	2349	14,0	18	19,5
2	2581	12,7	19	14,2
3	2982	10,0	24	14,0
4	2366	17,6	18	18,6
5	2364	9,3	18	8,0
6	2916	11,4	24	16,5
7	2342	9,5	20	14,6
8	2389	8,8	20	21,5
9	2560	17,3	21	20,2
10	1942	13,3	24	17,1
11	2078	9,5	25	16,1
12	2171	4,0	27	11,0

Os coeficientes de variação (CV) obtidos, na faixa de 4 a 21,5%, são aceitáveis e semelhantes aos encontrados por Bertolini (2011).

A norma ABNT NBR 14810:2006 não estabelece requisitos para o MOE de painéis de partículas. Todos os valores de MOE obtidos atenderam ao requisito da BS EN 312:2003 (2050 MPa), exceto a condição experimental 10.

As normas ANSI A208.1:1999 e CS 236-66:1968 (requisito de 2400 MPa para o MOE), foram atendidos em quatro (CE 2, 3, 6 e 9), das doze CE avaliadas. Quanto ao MOR, todos os resultados atenderam aos requisitos das normas ABNT NBR 14810:2006 (18 MPa), ANSI A208.1:1999 (16,5 MPa), BS EN 312:2003 (15 MPa) e CS 236-66:1968 (16,5 MPa).

Segundo a análise de variância (ANOVA), tanto o fator proporção de partículas (p-valores 0,000 e 0,000 para MOE e MOR), quanto o fator quantidade de adesivo (p-valores: 0,004 e 0,003, para MOE e MOR), foram significativos nos valores do MOE e do MOR, por apresentarem p-valor inferiores a 5% (0,05), a um nível de significância de 95%.

#### **2.6.4. Conclusões**

Os resultados obtidos para o MOE atenderam a normas internacionais, exceto para uma condição experimental. Quanto ao MOR, todos os

resultados atenderam a normas nacional e internacionais. Os fatores proporção de partículas e quantidade de adesivo foram significativos tanto no MOE quanto no MOR dos painéis produzidos.

### **3. Considerações finais**

Em decorrência do que se apresentou no item anterior, resta plenamente confirmada à viabilidade técnica do aproveitamento de insumos alternativos para a obtenção de painéis de partículas de madeira e de outros materiais lignocelulósicos, tendo como adesivo a resina poliuretana à base de óleo de mamona.

A extensão dos resultados para a prática industrial requer, como em toda situação análoga, uma avaliação específica tendo como ponto de partida os equipamentos efetivamente disponíveis para a produção. Situações como esta já vêm acontecendo com os autores do presente capítulo, que têm acompanhado a implantação de pequenas plantas industriais para a produção dos painéis com as diretrizes aqui discutidas.

Os resultados já transferidos para a iniciativa privada são evidências do potencial dos produtos desenvolvidos, com positivas consequências em termos ambientais e econômicos.

### **Referências**

AMERICAN NATIONAL STANDARD - A208.1: Particleboard. Gaithersburg, 1999.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS - ASTM 1037. Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials. Philadelphia, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA - ABIPA. Números do setor em 2012. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/numeros.php>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIAS DE PAINÉIS DE MADEIRA - ABIPA - PRODUTOS E TECNOLOGIAS. Sobre consumo mundial de aglomerado em 2004/2005, [www.abipa.org.br](http://www.abipa.org.br), São Paulo – SP. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 14810. Chapas de madeira aglomerada - parte 2: Requisitos; parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 7190. Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14810. Chapas de madeira aglomerada - parte 2: Requisitos; parte 3: Métodos. Rio de Janeiro, 2006.

BATISTA, C. D.; BRITO, E. O.; SETÚBAL, V. G.; GÓES, L. G. Fabricação de aglomerados de três camadas com madeira de *Pinus elliottii Engelm* e casca de *Eucalyptus pellita Muell*. Cerne, v. 13, n. 2, p. 178-187, 2007.

BERTOLINI, M. S. Emprego de resíduos de *Pinus sp* tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2011.

BLECHA, K. A. Produção de painéis de partículas de madeira a partir de resíduos de poda de árvores da área urbana de São Carlos - SP. 2009. Iniciação Científica. (Graduanda em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos (USP), São Carlos, SP, 2009.

BRITISH STANDARD - BS EN 312: Particleboards - specifications. London, 2003.

BRITO, E. O.; SAMPAIO, L. C.; OLIVEIRA, J. N.; BATISTA, D. C. Chapas de madeira aglomerada utilizando partículas oriundas de madeira maciça e de maravalhas. Scientia Forestalis, n.72, p. 17-21, 2006.

CHRISTOFORO, A. L.; ROCCO LAHR, F. A.; MORALES, E. A. M.; ZANGIÁCOMO, A. L.; PANZERA, T. H. Influence of displacements on calculus of the longitudinal modulus of elasticity of *Pinus caribaea* structural round timber beams. International Journal of Agriculture and Forestry, v. 2, p. 157-160, 2012.

COMMERCIAL STANDARD - CS 236-66: Mat formed Wood particleboard, 1968.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). PAC – Programa de Aceleração do Crescimento. Brasília, 2009. Disponível em: [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br). Acesso em: 31 de março de 2009.

DIAS, F. M. Aplicação de resina poliuretana à base de óleo de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada. 2005, 158p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, São Paulo, 2005.

EMB-EUROMDFBOARD MDF. Medium density fiberboard definition. Test Methods and Requirements. Industry Standard. Part I: Generalities EMB/IS - 1:1995 and Part II: Requirements for General Purpose Boards. EMB/IS-2, 1995.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION - EN 310, Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Bruxelas, 1993.

MADEIRAS CC. A madeira de eucalipto para dormentes. São Paulo, 2009. Disponível em: [www.madeiras.cc/dormentes](http://www.madeiras.cc/dormentes). Acesso em: 31 de março de 2009.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; KEINERT Jr., S.; SALDANHA, L. K. *Pinus spp.* na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.12, n.2, p. 135-145, 2002.

MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. 6. ed. Arizona: John Wiley & Sons Inc, 2005.

NASCIMENTO, M. F. Chapas de partículas homogêneas - madeiras do nordeste do Brasil. In: Francisco Antonio Rocco Lahr. (Org.). Derivados da Madeira - Produtos. Derivados da Madeira - Produtos. São Carlos, SP. Editora USP/EESC, v. 01, p. 93-116, 2008.

NASCIMENTO, M. F. CPH - Chapas de partículas homogêneas – Madeiras do Nordeste do Brasil. 134p, 2003. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.

POLETO, S. F. S. Produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resíduos de *Eucalyptus*. 2009. Iniciação Científica. (Graduando em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos (USP), Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2009.

Revista da Madeira (REMADE). Disponível em: [www.remade.com.br/bd/madeira](http://www.remade.com.br/bd/madeira). Acesso em: 30 de março de 2009.

ROCCO LAHR, F. A. Considerações a respeito da variabilidade das propriedades de resistência e de elasticidade da madeira. 1990. 162p. Tese (Livre-Docência). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.

SOUZA, A. M. Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Pinus sp* com inclusão de telas metálicas. 2012, 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2003.

VARANDA, L. D. Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas de *Eucalyptus grandis* confeccionados com adição de casca de aveia. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2012.

ZANGIÁCOMO, A. L. Estudo de elementos estruturais roliços de madeira. 2007, 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2007.



## SOBRE OS AUTORES



**Francisco Antonio Rocco Lahr**

Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC/USP), Cão Carlos - SP. (frocco@sc.usp.br)

**Maria Fátima do Nascimento**

Pós-doutoranda do Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC/USP), Cão Carlos - SP. (fati@sc.usp.br),



**André Luis Christoforo**

Professor do Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), São João del-Rei - MG. (alchristoforo@yahoo.com.br)

# INCT-SEC: Oportunidades de Parceria em PDI em Sistemas Embarcados Críticos

José Carlos Maldonado

Flávia Serrano Cayres

Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco

## 1- Introdução

O INCT-SEC – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos é um dos institutos do Programa “Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs)” criado em 2008 para elevar a produção científica, tecnológica e a inovação do país por meio da articulação de grupos de pesquisas de referência em áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável do país.

O Programa INCT foi criado pelo governo federal por meio do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em parceria com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/MEC), a Petrobras, as Fundações de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM), Pará (FAPESPA), São Paulo (FAPESP), Minas Gerais (FAPEMIG), Rio de Janeiro (FAPERJ) e Santa Catarina (FAPESC), Rio Grande do Norte (FAPERN) e Piauí (FAPEPI), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), os Ministérios da Educação, Cultura, Saúde, Integração, das Minas e Energia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (INCT, 2009).

O Programa INCTs, que contempla todas as regiões brasileiras, possui 122 INCTs aprovados. Todos esses institutos têm a tarefa de promover a formação de recursos humanos, o desenvolvimento e a transferência tecnológica por meio de parcerias com a indústria, a difusão científica, o ensino/treinamento e a consolidação de redes de cooperação em suas respectivas áreas de atuação.

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC) tem sede localizada no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São

Paulo (USP) em São Carlos (SP) e constitui uma rede de pesquisa/colaboração na área de Sistemas Embarcados Críticos. Essa rede envolve 9 instituições acadêmicas de norte a sul do país, com a participação de 21 laboratórios de pesquisa, e 13 parceiros empresariais e governamentais, com aproximadamente 350 integrantes.

O objetivo do INCT-SEC é elevar o nível de conhecimento, competências e qualidade no país sobre o desenvolvimento de sistemas embarcados críticos. A relação academia-indústria é fortemente explorada no desenvolvimento das soluções nesses diversos domínios e a difusão científica é ação primordial. A rede INCT-SEC, que integra academia e indústria, apoia a pesquisa, o desenvolvimento de soluções e aplicações, em especial as que envolvem veículos autônomos, para áreas estratégicas como meio ambiente, segurança, defesa nacional e agricultura, bem como a formação de recursos humanos, a transferência tecnológica, o ensino e treinamento e a popularização da ciência. Portanto, dentre as metas específicas do INCT-SEC está o desenvolvimento de pesquisas para a construção de sistemas embarcados críticos com ênfase em veículos autônomos móveis aéreos, terrestres, aquáticos e subaquáticos. A inovação e o uso de tecnologias de ponta na elaboração das soluções constituem prioridades de ação.

Este texto está fundamentalmente dividido em duas grandes seções: na primeira são descritas objetivamente a organização administrativa e de pesquisa do INCT-SEC, as atividades de ensino e treinamento, as atividades de comunicação e difusão, as parceiras estabelecidas até o presente momento visando à aplicação dos produtos gerados. Na segunda seção, são sumarizadas as principais atividades de PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – em cada GT (Grupo de Trabalho), assim como os principais resultados. Finaliza-se este texto com uma discussão sobre os benefícios e resultados da articulação da rede INCT-SEC e sobre as perspectivas e desdobramentos futuros.

## **2- INCT-SEC: Organização e Visão Geral**

Conforme mencionado anteriormente, o objetivo do INCT-SEC é elevar o nível de conhecimento, competências e qualidade no país sobre o desenvolvimento de sistemas embarcados críticos, considerando

tratar-se de tecnologia relevante para apoiar o desenvolvimento de áreas estratégicas do país, como o controle do meio ambiente, da segurança, da defesa nacional e da agricultura. A relação entre academia e indústria é fortemente explorada no desenvolvimento das soluções nesses diversos domínios e a disseminação científica é ação primordial. O instituto motiva e cria bases para a formação de alunos de iniciação científica, mestres e doutores em Sistemas Embarcados Críticos e oferece cursos de treinamentos e atualização profissional em suas áreas de atuação.

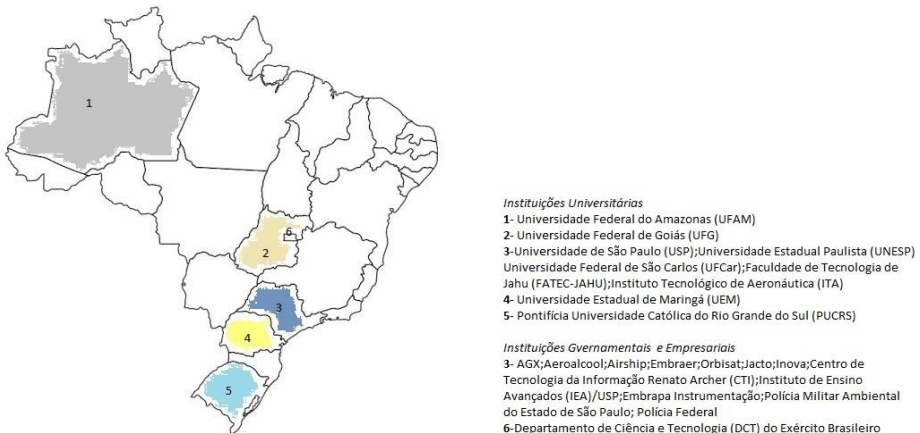
A estrutura do INCT-SEC é dividida essencialmente em administração, com forte apoio do Setor de Convênios, Bolsas e Auxílios do ICMC-USP, e pesquisa, esta última organizada em grupos de trabalho (GTs). Estruturas transversais às atividades de pesquisa, denominadas centros, foram concebidas: Centro de Linha de Produtos; Centro de Ensino e Treinamento. A popularização da ciência é um dos propósitos do programa INCT e, assim, o INCT-SEC tem o objetivo de disseminar o conhecimento produzido a toda a sociedade, contribuir para a formação cultural e científica do país e promover a formação de futuros talentos de áreas científicas. Para isso, foi estabelecida, por meio da coordenação do INCT-SEC, a Assessoria de Comunicação e Difusão Científica que elabora o planejamento e exerce as atividades para esse segmento.

A seguir a equipe INCT-SEC, a estrutura administrativa, as atividades dos centros e da assessoria de comunicação e difusão científica e uma visão geral das parcerias estabelecidas são descritas.

## **2.1 - Equipe e Estrutura Administrativa**

O INCT-SEC é composto por 9 universidades e 13 parcerias dentre indústrias, instituições de pesquisa e entidades governamentais formando um total de 347 integrantes e 21 laboratórios. No âmbito acadêmico, a rede do INCT-SEC é composta pela Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC-JAHU), Pontifícia Universidade Católica (PUCRS), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Federal do

Amazonas (UFAM) e pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). O mapa ilustrado na Figura 1 permite visualizar a distribuição dos parceiros no território brasileiro.

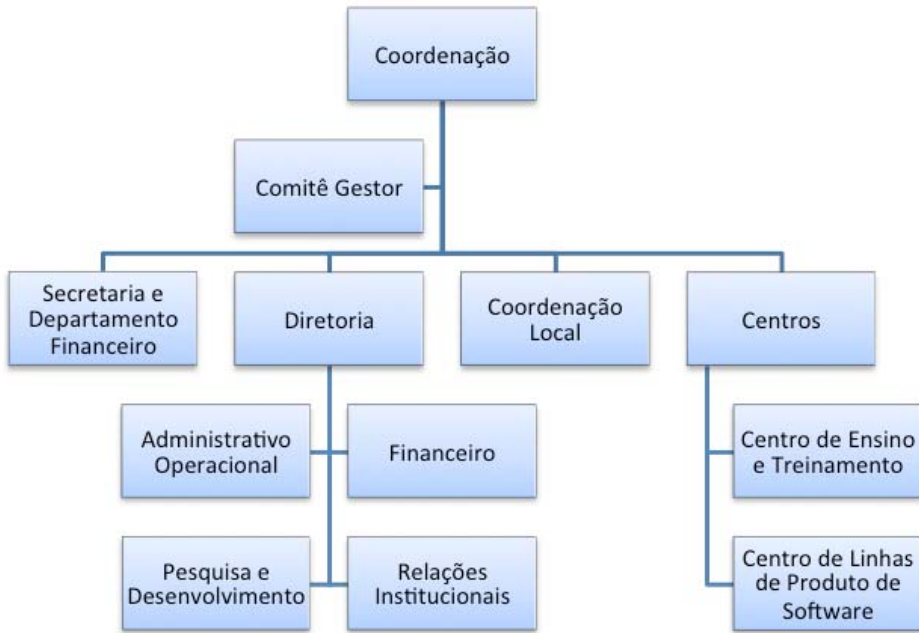


**Figura 1** – Distribuição dos parceiros do INCT-SEC no território brasileiro.

Os seguintes institutos de pesquisa, empresas e entidades do governo compõem a parceria com o INCT-SEC: AGX, Aeroalcool, Airship, Embraer, Orbisat, Jacto, Inova, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), Instituto de Ensino Avançados (IEA)/USP São Carlos, Embrapa Instrumentação, Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) do Exército Brasileiro, Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo e Polícia Federal.

A estrutura administrativa é formada por um Comitê Gestor, Diretorias - Administrativa e Operacional, Financeira, Pesquisa e Desenvolvimento e Relações Institucionais, Coordenadores Locais em cada instituição, Coordenadores de GTs e os Coordenadores de Centros, que fazem a gestão do projeto e dos recursos disponíveis, segundo as diretrizes do Comitê Gestor. De forma articulada, as ações e diretrizes são determinadas e avaliadas constantemente objetivando o encaminhamento efetivo das ações de formação de recursos humanos, de transferência tecnológica, de relacionamento entre a academia e a indústria e de estabelecimento de parceiras nacionais e internacionais.

O organograma do INCT-SEC com a estrutura administrativa é ilustrado na Figura 2.



**Figura 2** – Organograma do INCT-SEC.

## 2.2 - Estrutura de Pesquisa: Rede Academia & Indústria

O INCT-SEC, desde o início, teve sua composição baseada na premissa de explorar a relação academia e empresa. Nesse sentido, tem sido constantemente preocupação da gestão a consolidação de uma rede de colaboração envolvendo membros da academia, entre eles alunos de iniciação científica, de mestrado, de doutorado e pós-doutorado e de docentes, bem como membros das empresas associadas ao INCT-SEC na perspectiva de alinhar e permitir que a relação academia/empresa seja bem sucedida e efetiva.

O INCT-SEC permitiu, dessa forma, agregar competências de diferentes grupos e pesquisadores no país todo. Com isso, os resultados obtidos são mais significativos do que resultados obtidos pontualmente e individualmente pelos pesquisadores.

As atividades de pesquisa no ICNT-SEC são desenvolvidas em cinco Grupos de Trabalhos (GTs), sendo que cada um possui um coordenador. Cabe ao GT definir as estratégias de acompanhamento dos resultados e estabelecer mecanismos de integração e interação, assim como estratégias para o fortalecimento da relação academia empresa. Os GTs definidos são: GT1 - Robôs Táticos para Ambientes Internos; GT2 - Veículos Terrestres Autônomos; GT3 - Sistemas Aéreos Não-Tripulados; GT4 – Aplicações Integradoras; e GT5 – Veículos Aquáticos e Sub-Aquáticos Autônomos.

Na Tabela 1 são ilustradas as Instituições Acadêmicas e de Pesquisa que compõem o INCT-SEC, os laboratórios participantes e o relacionamento e atuação de cada laboratório em cada um dos GTs.

O primeiro grupo de trabalho (GT1), denominado Robôs Táticos para Ambientes Internos, desenvolve sistemas, ferramentas e métodos para permitir o trabalho individual ou colaborativo de robôs móveis. Os sistemas são utilizados para segurança, vigilância e monitoramento, incluindo espaços remotos e de difícil acesso.

Veículos Terrestres Autônomos, o segundo grupo (GT2), é constituído com o objetivo de desenvolver sistemas de navegação autônoma e assistida para veículos terrestres, neste último caso para notificar o motorista de uma possível situação de risco, com a intenção de prevenir acidentes rodoviários. O sistema de controle autônomo é capaz de conduzir um veículo sem qualquer intervenção humana, podendo ser utilizado na área de tráfego urbano, agricultura, indústria e segurança.

O grupo de Sistemas Aéreos Não Tripulados (GT3) aborda o desenvolvimento de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). O Brasil possui vasta área de extensão territorial que reúne diversos tipos de paisagens, relevos, climas e outras características que o tornam único geograficamente, fazendo dos VANTs um importante aliado no mapeamento e monitoramento do território brasileiro, de suas plantações, vegetações e outros aspectos.

**Tabela 1 – Relação de participação e envolvimento dos Laboratórios de Pesquisa nos Grupos de Trabalhos.**

<b>Instituição</b>	<b>Laboratórios Associados</b>	<b>GT1</b>	<b>GT2</b>	<b>GT3</b>	<b>GT4</b>	<b>GT5</b>
ICMC-USP	Robótica Móvel (LRM)	X	X		X	
	Engenharia de Software (LABES)		X	X		
	Intermídia					
	Sistemas Distribuídos e Programação Concorrente (LaSDPC)					
	Sistemas Embarcados Críticos (LSEC)		X	X		
	Computação Reconfigurável (LCR)	X		X		
EESC-USP	Mecatrônica		X		X	
	Instrumentação Virtual e Microprocessada (LivµP)				X	X
	Engenharia Aeronáutica			X		
UFAM	Engenharia de Software			X	X	
	Sistemas Embarcados (labSE)			X	X	
	Experimentação e Teste de Software (ExperTS)			X	X	
	Visão Computacional e Robótica	X			X	
CTI	Divisão de Robótica e Visão Computacional	X	X		X	
PUC-RS	Grupo de Sistemas Embarcados – GSE	X			X	
	Laboratório de Humanos Virtuais (VHLabs)				X	
	Projeto de Hardware (GAPH)	X			X	
	Sistemas Embarcados	X		X	X	
	Confiabilidade de Sistemas			X	X	
UNESP – SJRP	ACME! de Pesquisa em Segurança	X		X		
UFSCar	Realidade Virtual (WINDS)	X		X	X	
	Engenharia de Software (LAPES/GDMS)			X	X	
	Pesquisa e Inovação em Tecnologias e Estratégias de Automação (TEAR)	X			X	
	Sistemas Distribuídos e Redes (GSDR)				X	
POLI-USP	Análise de Segurança (GAS)			X	X	
UEM	Projeto de Linhas de Produtos, Segurança e Comunicação em Sistemas Embarcados Críticos			X	X	
UFG	Metodologia e Técnicas de Computação			X	X	
	Pesquisa em Internet e Sistemas Distribuídos			X	X	
EACH-USP	Laboratório de Informática				X	

O quarto grupo é o de Aplicações Integradoras (GT4), que tem a missão de identificar e construir aplicações e soluções em que os produtos do INCT-SEC possam ser diretamente integrados e aplicados em benefício da sociedade em áreas estratégicas para o desenvolvimento brasileiro. Para isso, métodos, técnicas e ferramentas são desenvolvidos em diferentes áreas da Computação com o objetivo de alcançar a integração de robôs táticos para ambiente internos e



veículos terrestres, aéreos, aquáticos e subaquáticos autônomos, bem como dispositivos de visualização.

Veículos Aquáticos e Subaquáticos é o quinto grupo de trabalho (GT5) e tem o objetivo de projetar sistemas de controle e motores de propulsão elétrica que garantam autonomia ao veículo aquático, uma vez que os veículos aquáticos têm sido utilizados para várias tarefas, principalmente às relacionadas ao monitoramento ambiental e controle de fronteiras.

O INCT-SEC tem ainda uma estrutura transversal de pesquisa denominada Centros. Foram constituídos dois centros: o Centro de Ensino e Treinamento e o Centro de Linhas de Produto de Software. O primeiro viabiliza o desenvolvimento, a evolução e divulgação de material didático e de treinamento nas áreas de pesquisa do instituto, de modo a motivar e propiciar a formação de pessoal qualificado, tanto em ambiente acadêmico quanto empresarial. A atualização profissional e a formação de mestres e doutores também são priorizadas.

O segundo, o Centro de Linhas de Produto de Software, visa prover métodos e ambientes de desenvolvimento de sistemas embarcados críticos de alta qualidade a partir da concepção de Linhas de Produtos. Além disso, estabelece parcerias e projetos colaborativos nacionais e internacionalmente e estimula a produção de material didático voltado para linhas de produtos de software.

### **2.3 - Atividades de Ensino e Treinamento**

O Centro de Ensino e Treinamento (CET) tem por princípio de atuação disponibilizar material didático de ensino e treinamento *livre*, com licenças associadas, na mesma perspectiva que o desenvolvimento de software livre, relacionado a toda tecnologia e processos desenvolvidos. O estabelecimento de processos, métodos e ambientes livres para o desenvolvimento desses materiais didáticos também constituem metas do centro. Nesse sentido, o CET produz cursos de treinamentos, de curta e longa duração, especialização, dentre outros, que são disponibilizados, nos moldes de material didático livre, para as instituições internas e externas a fim de promover a disseminação de conhecimento nos contextos industrial e acadêmico.

Desta forma, o centro contribui para a formação e atualização de pesquisadores e pessoal técnico com perfil para empresas de base tecnológica e inovadora, no que se refere ao desenvolvimento de sistemas embarcados críticos.

O material produzido, utilizado nos cursos realizados, é baseado na metodologia do software livre, de modo a ser um material aberto e passível de modificações e atualizações. A metodologia utilizada para a composição do material foi a Abordagem Integrada de Modelagem - Conceitual, Instrucional e Didática (AIM-CID), a qual aborda aspectos de desenvolvimento em equipes geograficamente distribuídas.

O CET-INCT visa a incentivar parcerias entre instituições de pesquisa e indústria, à medida que favorece a realização de atividades conjuntas para estabelecer e consolidar uma rede efetiva de colaboração academia-empresa.

O centro também tem forte relação com o Centro de Competência em Software Livre (CCSL) do ICMC - USP. O CCSL integra a rede internacional de Centros de Competência do Projeto QualiPSo (*Quality Platform for Open Source Software*), a qual possui representação em diversos países da Europa, além da China, Japão e Brasil.

Como resultados da integração CET-INCT e CCSL, são promovidos cursos de capacitação e assessoria técnico-científica em tópicos relacionados ao desenvolvimento e uso de software livre/aberto, dentro e fora da universidade.

O CET-INCT também possui a função de garantir que os resultados esperados sejam produzidos conforme o prazo estipulado pelo comitê de direção do instituto, apoiar a participação de membros integrantes em eventos como conferências e seminários, relacionados ao seu tema de interesse e estimula o desenvolvimento de materiais educativos e minicursos voltados às linhas de produtos de software.

Foi criada a CES-SCHOOL, parte da programação da Conferência Brasileira de Sistemas Embarcados Críticos (CBSEC) (CBSEC, 2011; CBSEC, 2012), em que cursos relacionados à área foram oferecidos objetivando a capacitação profissional tanto para o ambiente acadêmico quanto o industrial. A continuidade da CES-SCHOOL ocorrerá no âmbito do Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC) devido a uma ação integradora ocorrida entre

a CBSEC. Nesse sentido a CES-SCHOOL será uma das diversas atividades realizadas no SBESC (*Student Workshop, CES-School, Industrial Track, Exposition Fair*).

## 2.4 - Comunicação e Difusão Científica

Nessa estrutura, duas vertentes foram estabelecidas: a Assessoria de Comunicação e a Assessoria de Difusão Científica. A primeira exerce a função de fortalecer a presença dos projetos envolvidos nos diversos veículos de comunicação entre rádio, TV, jornal impresso e *online* e *blogs*, para que os mais diversos públicos tenham acesso ao material produzido. A comunicação interna também é exercida e fortalecida. A segunda é direcionada para a popularização da ciência e a difusão de temas relacionados aos sistemas embarcados críticos por meio de parcerias para realização de palestras, vídeos e demais ações educativas. Ambas trabalham concomitante, de forma articulada entre si e com as demais áreas envolvidas no INCT-SEC.

Dentre as atividades da Assessoria de Comunicação e Difusão Científica encontra-se a produção de notícias das pesquisas desenvolvidas e parcerias estabelecidas.

Entre os anos de 2010 e 2011 foram produzidas 160 notícias publicadas no site do INCT-SEC, ([www.inct-sec.org](http://www.inct-sec.org)), que servem de apoio para a produção de reportagens dos veículos de comunicação. Um total de 170 reportagens foi produzido pela mídia externa, sobre o INCT-SEC, entre os anos de 2010 e 2011.

Além da produção de notícias, o centro estabelece contato com os diversos veículos de comunicação facilitando a relação entre imprensa e pesquisador no processo da produção de reportagem.

Como parte do trabalho da assessoria, é produzido, quinzenalmente, a *newsletter* em que é exposto o andamento das ações do instituto aos seus membros, para consolidar a integração dos participantes e a comunicação interna.

A criação de uma rede de comunicação também é proposta para expandir e facilitar a divulgação do trabalho de cada instituição integrante, uma vez que o INCT-SEC é composto por mais de 300 pesquisadores.

Em relação à difusão científica foram produzidos, até o momento, 62 vídeos denominados “Eu Pesquiso” no qual o pesquisador expõe, brevemente ao público não especializado, sobre sua pesquisa. Os vídeos são produzidos em parceria com a Agência Multimídia de Difusão Científica e Educacional Ciência Web do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da USP/São Carlos.

A Conferência Brasileira em Sistemas Embarcados Críticos (CBSEC) foi criada pelo INCT-SEC com o objetivo de reunir as pesquisas desenvolvidas pelos grupos de trabalho e integrar a academia e indústria para discutir questões técnicas e práticas no desenvolvimento de sistemas embarcados críticos, sendo realizadas duas edições (CBSEC, 2011; CBSEC, 2012).

A primeira foi ocorrida em São Carlos de 11 a 13 de maio de 2011 e a segunda em Campinas de 20 a 25 de maio de 2012. Nesta última um boletim informativo foi produzido e distribuído, durante a semana aos participantes, com as principais palestras e notícias do evento. A partir de 2013 a CBSEC passou a constituir uma trilha do SBESC. Uma das motivações para essa integração se deve ao fato da CBSEC incluir aspectos não diretamente cobertos pelo SBESC, como por exemplo, sistemas não-tripulados (na terra, no ar e na água), com diversas áreas de aplicações estratégicas, tais como, agricultura, segurança e defesa nacional, automotiva, aviação, náutica, satélites, proteção ambiental, dentre diversas outras. Sendo assim, a continuidade da CBSEC dar-se-á por meio da integração como trilha do SBESC.

A Assessoria de Comunicação e Difusão Científica, em parceria com o Centro de Difusão Científica e Cultural (CDCC/USP) e o IEA/São Carlos, realiza palestras destinadas aos alunos de ensino fundamental, médio e técnico e aos professores com o objetivo de disseminar e atrair recursos humanos para as áreas que envolvam sistemas embarcados críticos.

Em 2011, foi realizado o II Seminário de Comunicação do Ciência Web: Desafios da Comunicação Científica nos dias 26 e 27 de outubro em São Carlos o qual o INCT-SEC apoiou e auxiliou na organização com a cobertura do evento e a participação de integrantes do instituto.

Desta forma, o INCT-SEC pretende contribuir para a expansão de ações de divulgação científica, aproximando a pesquisa acadêmica da

sociedade, atraindo futuros cientistas e analisando, de maneira crítica, as ações que ocorrem no ambiente científico, atingindo diversos tipos de público e colaborando para a formação científica e de inovação nacional.

## **2.5 - Parcerias, Convênios e Internacionalização**

Para promover a transferência tecnologia e possibilitar a utilização das pesquisas desenvolvidas ao bem social foram firmadas parcerias com indústrias, fortalecendo o relacionamento entre a academia e empresa, e firmados convênios com entidades governamentais.

Dentre as parcerias pode-se mencionar o trabalho desenvolvimento em conjunto com a Embrapa Instrumentação de São Carlos (SP), voltado para a agricultura de precisão.

O conhecimento desenvolvido em instrumentação, eletrônico, software, banco e tratamento de dados, robótica, sensores, automação, torna-se aplicável à agricultura. Assim, é possível otimizar o uso de insumos, como pesticidas e fertilizantes pelo mapeamento da produtividade e fertilidade da área de cultivo.

O Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) Tiriba foi desenvolvido em parceria com as empresas AEROALCOOL e AGX Tecnologia, esta última que o comercializa. A Embrapa Instrumentação desenvolve com o INCT-SEC projeto voltado para pulverização agrícola com a utilização de aviões não tripulados.

O INCT-SEC e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) firmaram acordo para promover o intercâmbio de estudantes, docentes e de pessoal técnico-administrativo entre os institutos e estabelecer a supervisão conjunta de trabalhos de graduação e pós-graduação além de elaborar projetos de pesquisa e desenvolvimento de aplicações e soluções em áreas estratégicas do país envolvendo a multidisciplinaridade de projetos de aeronaves e a parte de controle sendo possível gerar, dessa forma, trabalhos em curto prazo.

O INCT-SEC também firmou termo de intenção de cooperação com o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) do Exército Brasileiro para impulsionar a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) nas atividades exercidas pelo Exército.

Também na perspectiva de facilitar e promover a transferência tecnologia foi criado, com a colaboração do *Institute Fraunhofer/IESE* da Alemanha, o Centro de Linhas de Produto de Software para Sistemas Embarcados Críticos (CLP para SEC).

Este centro apoia a cooperação e a comunicação entre os grupos de pesquisa de Engenharia de Software e Sistemas Embarcados do INCT-SEC e outros grupos de pesquisa e empresas no Brasil e no exterior nas áreas de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS).

Linhas de Produto de Software (LPS) é uma técnica da área de Engenharia de Software que tem o objetivo de facilitar a produção em massa de um produto, mantendo suas características, e pode desenvolver novos produtos mais rapidamente para chegar ao mercado, diminuindo custos e otimizando sua certificação.

Entre as ações do centro está o desenvolvimento de uma linha de produto de software no domínio VANT, a promoção de atividades de capacitação dos membros do INCT-SEC entre pesquisadores, estudantes e parceiros industriais em assuntos relacionados à LPS e o estabelecimento de parcerias e projetos em colaboração com outras instituições que têm objetivos comuns no Brasil e no exterior.

Do ponto de vista da internacionalização, o INCT-SEC, entre outras ações, participa do Programa Ciência Sem Fronteiras, incentivando a participação dos pesquisadores da área de sistemas embarcados críticos para aumentar a rede de colaboração da área (maiores detalhes sobre o programa podem ser obtidos no link: [www.cienciasemfronteiras.gov.br](http://www.cienciasemfronteiras.gov.br)).

O Programa Ciência Sem Fronteiras, proposto pelos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e da Educação (MEC) por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da CAPES e Secretarias de Ensino Superior e de Ensino Tecnológico do MEC, objetiva a promoção do intercâmbio de estudantes de graduação e pós-graduação no exterior para estabelecer contato e parcerias com instituições competitivas nas áreas de inovação e tecnologia.

Atualmente oito bolsistas participam e até o momento os integrantes tiveram contato com as instituições elencadas na Tabela 2:

**Tabela 2** – Instituições e países com alunos do programa Ciência sem Fronteiras.

<i>País</i>	<i>Universidade</i>
Itália	Politecnico di Milano
Suécia	LiU-Linköping University
Austrália	The University of Sydney
França	UBS -Université de Bretagne-Sud
Inglaterra	Newcastle University University of Lancaster University of York
Canadá	Universidade de Waterloo University of Toronto
Estados Unidos da América	University of Pennsylvania
Holanda	University of Groningem (RuG)

### **3 - Atividades de Pesquisa e Inovação no INCT-SEC**

Nesta seção caracterizam-se de forma objetiva as atividades dos Cinco Grupos de Trabalho (GTs) e são descritas as principais atividades, ações e resultados. A numeração dos GTs está relacionada ao aspecto temporal de seu início; no entanto é mais pertinente a descrição do GT4 após a descrição do GT5.

#### **3.1 - GT1: Robôs Táticos para Ambientes Internos**

Considerando que o mercado atual para os robôs de serviço (que inclui os robôs de monitoramento e segurança) está em crescimento (principalmente no exterior) e o Brasil ainda não possui uma indústria consolidada nesta área, acredita-se, no escopo do INCT-SEC, que se possa incentivar o fortalecimento da área e desenvolver soluções que possibilite maior desenvolvimento deste segmento de mercado no Brasil.

O desenvolvimento dos robôs táticos para ambientes internos tem alcançado resultados importantes e relevantes nesta área em termos de pesquisas e desenvolvimentos, que incluem: (i) a proposta e desenvolvimento de uma arquitetura para controle seguro para os

robôs móveis por teleoperação com capacidade de ação semiautônoma ou mesmo totalmente autônoma; (ii) o desenvolvimento de um sistema de localização e navegação robótico baseado em mapas topológicos e no reconhecimento de características do ambiente; (iii) o desenvolvimento de algoritmos de localização em ambientes indoor (internos), baseado no uso da infraestrutura já existente de rede sem fio (Wi-Fi); (iv) o desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de Autômatos Finitos (Máquinas de Estados Finitos), através do uso de Redes Neurais Artificiais, que são usadas para controlar a navegação dos robôs; (v) o desenvolvimento de técnicas de processamento de imagens térmicas (usando sensores infravermelho na faixa “far IR” do espectro), usadas para a detecção automática da presença de pessoas e de anomalias no ambiente; (vi) o desenvolvimento de algoritmos para processamento de dados de sensores 3D de baixo custo, como é o caso do sensor Kinect da Microsoft/PrimeSense, usados para a localização, navegação com desvio de obstáculos e detecção de intrusos. Além destes resultados, estão sendo pesquisados também: o uso de RFID e de tecnologias de redes de sensores (XBee) para a localização de robôs, o desenvolvimento de uma mesa tangível para interação e controle dos robôs, e o projeto de hardwares dedicados (baseados em FPGAs) para criptografia e processamento de imagens que tem aplicação prevista junto aos robôs móveis em desenvolvimento.

Além disso, já foram realizados cursos a distância entre laboratórios localizados em São Carlos e Rio Grande do Sul, o que permite constatar a efetividade do uso desses veículos indoor mesmo a distância, fazendo uso de uma infraestrutura como a Internet para comunicação. A Figura 3 ilustra o funcionamento desses veículos indoor.





**Figura 3** - Robôs remota e autonomamente controlados na USP sendo tele operados pela PUC-RS – Porto Alegre – distância de 1.300km – Fonte obtida do relatório do INCT-SEC - Laboratório de Robótica Móvel (LRM) (INCT-SEC, 2012; IW,2011).

### 3.2 - GT2: Veículos Terrestres Autônomos

Carro Robótico Inteligente para Navegação Autônoma (CaRINA) é o projeto que agrega as iniciativas de desenvolvimento do GT2. Esse projeto visa o desenvolvimento de um veículo autônomo inteligente capaz de navegar em ambientes urbanos sem a necessidade de um condutor humano. Dentre os objetivos do projeto destacam-se: a diminuição do número de acidentes em ruas e rodovias e o aumento da eficiência do trânsito em geral. Outro objetivo desse projeto é o desenvolvimento de um sistema de auxílio ao motorista, notificando o motorista de uma situação de risco durante a condução do veículo, bem como o controle do veículo quando o perigo é eminente.

O desenvolvimento de pesquisas em veículos terrestres autônomos e a implementação de uma plataforma usada para a realização de experimentos nesta área (Veículo Elétrico – CaRINA I – ilustrado na Figura 4) têm permitido alcançar resultados significativos em termos de pesquisas e desenvolvimentos, em diversas áreas: (i) o desenvolvimento de algoritmos de navegação de veículos baseados em imagens usando câmeras de vídeo e Redes Neurais Artificiais; (ii) o desenvolvimento de algoritmos processamento de imagens e de navegação baseados no uso de câmeras estéreo; (iii) o desenvolvimento de algoritmos para o

reconhecimento das bordas da pista (guia), baseados no uso de sensores Laser e na integração com dados de GPS e da Unidade Inercial; (iv) o desenvolvimento de algoritmos para a navegação de veículos terrestres autônomos, seguindo uma rota pré-definida e com o desvio de obstáculos; (v) o desenvolvimento de algoritmos para a navegação de veículos terrestres em comboio; (vi) o desenvolvimento de sistemas de condução assistida com alertas ao condutor em caso de perigo; (vii) o desenvolvimento da arquitetura de um sistema de navegação de veículos para ambientes urbanos; (viii) o desenvolvimento de algoritmos para a fusão de sensores (p.ex.: laser e imagens); (ix) o desenvolvimento de estudos e testes relacionados a comunicação inter-veicular. Importantes resultados práticos foram e vem sendo alcançados por meio da experimentação realizada usando a plataforma CaRINA I, como pode ser visto no link <http://lrm.icmc.usp.br/?page=projetos&projeto=desenv.>



**Figura 4** – A plataforma CaRINA I – Veículo Elétrico e CaRINA II - (Fiat Palio Adventure Dualogic) - Fonte obtida do relatório do INCT-SEC - Laboratório de Robótica Móvel (LRM) (INCT-SEC, 2012, IW, 2011).

Com base nos experimentos realizados com o CaRINA I foi adquirido pelo INCT-SEC a plataforma CaRINA II (Figura 4), um veículo (Fiat Palio Adventure Dualogic), que possibilita testes experimentais em situações de trânsito urbano com uma maior velocidade, quando comparado ao CaRINA I. Os resultados alcançados com a instrumentação e automação do CaRINA II podem ser observados a partir da reportagem exibida pelo Jornal Nacional em Setembro de 2012 (disponível no link: <http://g1.globo.com/jornal->

nacional/noticia/2012/09/computadores-substituem-motorista-em-veiculo-do-futuro.html) e que demonstra que o veículo é capaz de rodar nas 100% autônomo, representando um passo importante para a pesquisa nessa área no Brasil.

A indústria automobilística vem se desenvolvendo cada vez mais nos últimos anos, no entanto, a segurança nas estradas continua a representar um problema e um desafio importante quando se trata de reduzir os acidentes, minimizando os danos humanos e materiais causados por estes.

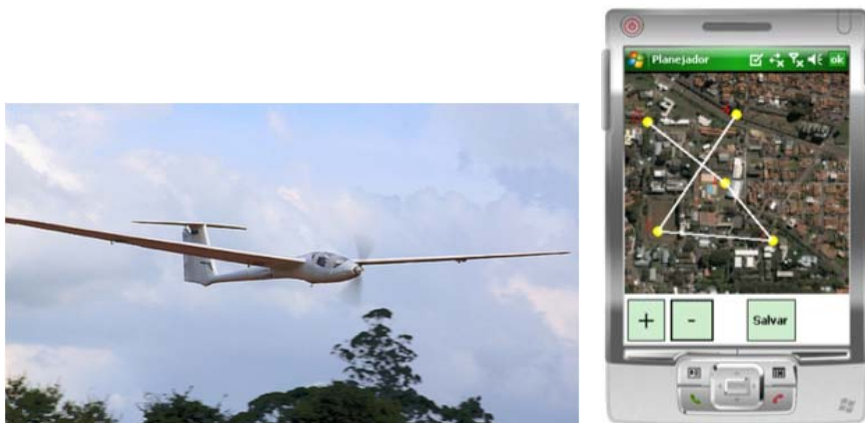
As tecnologias que estão sendo pesquisadas, em um médio prazo, devem ser repassadas para a indústria de modo que possamos ter em um futuro breve veículos mais seguros, seja com a adoção de mecanismos de condução assistida ou mesmo de condução autônoma. O transporte de passageiros e de mercadorias poderá se beneficiar amplamente destas novas tecnologias, as quais espera-se que possam ser integradas em sistemas veiculares comerciais, aumentando sua segurança e eficiência.

Além disto, outros segmentos também podem se beneficiar das tecnologias de condução assistida/autônoma que vêm sendo desenvolvidas, notadamente na área de Agronegócios. O Brasil, pela sua posição de destaque na produção agrícola, deve investir cada vez mais na adoção de novas tecnologias junto aos sistemas de produção agrícola (Agricultura de Precisão), na qual nota-se um crescente interesse pela adoção de sistemas inteligentes a serem integrados em colheitadeiras, tratores para difusão de defensivos agrícolas e outros implementos usados no campo. Um exemplo de interesse da indústria agrícola nesta área de veículos inteligentes foi o estabelecimento de um convênio de cooperação entre o INCT-SEC e a empresa JACTO, empresa esta com forte atuação no mercado de implementos agrícolas.

### **3.3 - GT-3 Sistemas Aéreos Não-tripulados**

Um dos primeiros produtos do INCT-SEC foi um veículo aéreo não-tripulado, feito em parceria com a AGX Tecnologia, o Departamento de Engenharia Aeronáutica, da Aeroalcool Tecnologia e do Laboratório de Sistemas Embarcados Críticos (LSEC). Este VANT chama-se Tiriba

(Figura 5), que é uma aeronave elétrica operada por um sistema autônomo de navegação e controle (contando com um piloto automático totalmente brasileiro e desenvolvido dentro do escopo do INCT-SEC). Essa aeronave pode contar com câmeras fotográficas de alta definição, sensores, câmeras termais e câmeras de vídeo convencionais com transmissão em tempo real de imagens e dados para uma estação de solo.



**Figura 5** – A aeronave Tiriba – Veículo aéreo não-tripulado elétrico e a estação de base da aeronave implementada em um *Smartphone*. Fonte obtida do relatório do INCT-SEC - Laboratório de Sistemas Embarcados Críticos (LSEC) (INCT-SEC, 2012; IW, 2011).

Esta estação de base pode se apresentar de diversas formas, desde um smartphone, passando por um Tablet e chegando até um notebook. Essas estações de solo implementam o planejador de missão bem como a parte de comunicação que vai desde o envio e recebimento de telemetria até o recebimento do vídeo em tempo real transmitido a partir da câmera instalada no avião. A concepção e implementação da estação de solo também foi um desenvolvimento conjunto realizado dentro do escopo do INCT-SEC. A Figura 5 ilustra, também, uma estação de base implementada em um *Smartphone*.

A partir do desenvolvimento do primeiro VANT, um resultado importante da transformação de pesquisa em produto, o INCT-SEC, em parceria com a Polícia Militar Ambiental do Estado de São Paulo e a AGX Tecnologia (São Carlos/SP), tem viabilizado o emprego dos aviões não-tripulados para o monitoramento ambiental em áreas rurais.

Um resultado interessante é que no primeiro voo o VANT voltou com imagens de um flagrante de um crime ambiental em uma área degradada do rio Mogi-Guaçu, no interior de São Paulo (o link para a notícia: <http://www.lsec.icmc.usp.br/midia>). A comparação com imagens de satélites feitas há oito anos mostra que o rio teve o curso alterado pela ação de dragas. Este resultado seria muito difícil e, talvez, mais oneroso, se não fosse pela atuação dos VANTs, neste caso o Tiriba.

Outros segmentos como a detecção de problemas em fronteiras, detecção de doenças em plantações, agricultura de precisão, estudo sobre fenologia, podem fazer uso dessa tecnologia importante desenvolvida no escopo do INCT-SEC.

### **3.4 - GT5: Desenvolvimento de veículos aquáticos e subaquáticos autônomos**

Veículos aquáticos têm sido usados para diversas tarefas, principalmente as relacionadas ao monitoramento ambiental e controle de fronteiras. Dado que o Brasil tem cerca de 50 mil km<sup>2</sup> de água, 9.000 km de costa e é considerado um país diversificado com um número total de espécies que podem chegar a quatro milhões, o desenvolvimento de ferramentas e métodos que permitem a pesquisadores e governo avaliar os recursos hídricos brasileiros é uma questão de interesse nacional.

Atualmente há grande interesse em substituir a propulsão baseada em motores de combustão por motores elétricos, evitando assim a emissão de poluente. Nesse sentido, dentro do escopo do INCT-SEC, um dos principais projetos é a concepção de um motor de propulsão elétrica que garante autonomia para um veículo aquático autônomo.

No entanto, não é menos importante para a autonomia desses veículos aquáticos o sistema de navegação. Além do sistema de propulsão, os protótipos que vem sendo desenvolvido utilizam GPS e lógica *fuzzy* para permitir a orientação das embarcações.

Uma vez que a utilização de Inteligência Artificial é um recurso fundamental para a navegação autônoma, os esforços do GT5 concentram-se também no desenvolvimento de um simulador naval

que seja capaz de testar diferentes abordagens de inteligência artificial antes de incorporá-las no hardware final.

Investimentos de projetos conjuntos com a Petrobrás e a Embrapa tem permitido averiguar a importância no contexto nacional do desenvolvimento e utilização desse tipo de tecnologia. Um protótipo do barco autônomo pode ser visto na Figura 6.



**Figura 6** – Barco autônomo. Fonte obtida do relatório do INCT-SEC - Laboratório de Instrumentação Virtual e Microprocessada (LivμP) (INCT-SEC, 2012; IW, 2011).

### **3.5 - GT4: Aplicações Integradoras**

O principal objetivo do GT4 é identificar e construir aplicações e soluções em que os produtos INCT-SEC possam ser diretamente integrados e aplicados em benefício da sociedade em áreas estratégicas de desenvolvimento brasileiro: Defesa, Meio Ambiente e Agricultura.

Com esse objetivo, métodos, técnicas e ferramentas foram desenvolvidas em diferentes áreas da ciência da computação, com o objetivo de realizar a integração dos internos robôs táticos, autônomos: terrestres, aéreos e aquáticos/subaquáticos, bem como os dispositivos de visualização.

Aplicações de segurança foram construídas para futuras redes veiculares de carros autônomos e semiautônomos, com base nas

técnicas de fusão e disseminação de sensores (bússolas, laser, câmeras, GPS (*Global Position System*), entre outros).

Aplicações na área de agricultura de precisão e na área ambiental foram também realizadas. Ilustrações das ações realizadas nesse sentido e dos resultados obtidos podem ser observadas nas de Figuras 7 a 10.



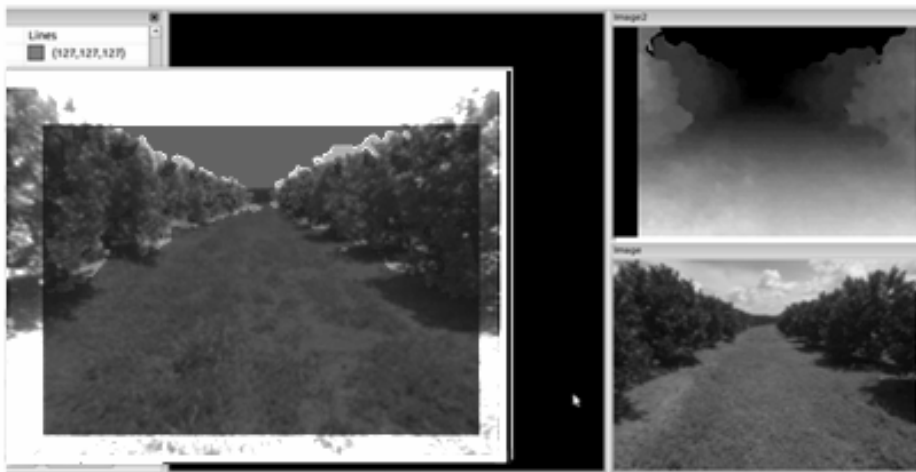
**Figura 7** – Interface tangível, utilizada para gerenciar veículos autônomos. Fonte obtida do relatório do INCT-SEC – (Laboratório WINDS ) (INCT-SEC, 2012; IW, 2011).



**Figura 8** – Treinos simulados para situações de emergência, controle de multidões. Fonte obtida do relatório do INCT-SEC – Laboratório de Humanos Virtuais (VHLabs) (INCT-SEC, 2012; IW, 2011)..



**Figura 9** – Monitoramento ambiental. Fonte obtida do relatório do INCT-SEC – Laboratório de Sistemas Embarcados Críticos (LSEC) (INCT-SEC, 2012; IW, 2011).



**Figura 10** – Auxílio na detecção de obstáculos e depressões que possam causar problemas na navegação de máquinas agrícolas. Fonte obtida do relatório do INCT-SEC – Laboratório de Robótica Móvel (LRM) (INCT-SEC, 2012; IW, 2011)..

O grande desafio desse GT é a definição de uma grande aplicação que possa integrar todas ou grande parte das soluções e produtos originados no escopo do INCT-SEC.



#### 4 - Conclusão e Perspectivas

A constituição de uma rede de colaboração de pesquisa distribuída e multidisciplinar em Sistemas Embarcados Críticos é o resultado fundamental do INCT-SEC visto que a solução de problemas complexos e de relevância social e econômica somente é viável com a integração de habilidades e competências, em particular àqueles que envolvem veículos autônomos.

Sua criação levou a troca de experiência entre os centros consolidados e os emergentes, tanto nacional quanto internacionalmente e possibilitou o fortalecimento da relação entre academia e indústria, que no Brasil tange as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

Na medida em que se consolidam os resultados e a transferência tecnológica torna-se evidente a necessidade do estabelecimento de modelos de relacionamento academia-empresa, abordando exemplos de investimentos, propriedade intelectual e patente.

A formação da rede de colaboração teve um impacto positivo tanto no INCT-SEC quanto nas instituições, pois se passaram a discutir, conjuntamente a questão e requisitos do modelo educacional na perspectiva da inovação tecnológica, produção científica e empreendedorismo.

Já as ações de comunicação de difusão científica é um ponto de extrema relevância para a divulgação dos resultados, popularização da ciência e a motivação e atração de novos talentos para o sistema de formação de recursos humanos na área de embarcados.

A proposição do Centro de Ensino e Treinamento propiciou a discussão de conteúdos, métodos de ensino e treinamento e do perfil do profissional. O conceito da produção de material didático livre, que possa ser desenvolvido por equipes geograficamente distribuídas de forma cooperativa, impactou positivamente a oferta de material de ensino em todas as instituições.

Os cursos e minicursos possibilitaram tanto à comunidade acadêmica quanto aos profissionais da indústria, uma visão abrangente e atualizada sobre os principais temas e trabalhos correlatos e realização na área. A enorme experiência e competência das instituições

envolvidas muito contribuíram para a produção de materiais de alta qualidade e relevância.

O envolvimento de alunos de Iniciação Científica (IC), mestrado e doutorado em projetos com a indústria motivam a produção científica e o empreendedorismo, assim como a adequação dos conteúdos ofertados nas disciplinas em diversas instituições, programação esta que pode ser discutida e desenvolvida em equipe.

Saliente-se que os INCTs têm sido observados, por instituições no exterior, como “porta de entrada” para a identificação de grupos de pesquisa e o estabelecimento de parcerias, acadêmicas e industriais.

A rede INCT-SEC, dessa fora, visa contribuir para a constituição de um Programa de Pós-graduação em Sistemas Embarcados Críticos em âmbito nacional, interinstitucional e para a caracterização de um Centro de Comunicação e Difusão Científica para programas temáticos e em redes, a exemplo dos INCTs, facilitando a popularização da ciência e motivando o ingresso de novos talentos no processo de formação de profissionais para as áreas de interesse dos INCTs.

A rede INCT-SEC contribui para a constituição do Núcleo de Apoio a Pesquisa (NAP) em Robótica, que por sua vez motivou a criação doo CRob (Centro de Robótica). O Centro de Robótica nasceu composto na sua maioria por integrantes oriundos do INCT-SEC, que com base na rede formada e nos resultados obtidos com o INCT-SEC, agregaram competências em robótica e propuseram o centro enfatizando a robótica aérea, terrestre e aquática.

## Referências

CBSEC, Anais do 1º Conferência Brasileira de Sistemas Embarcados Críticos. São Paulo - SP : EPUSP. São Paulo: EDUSP, São Carlos, 2011.

CBSEC, Anais do 2º Conferência Brasileira de Sistemas Embarcados Críticos. IEEE, Campinas, 2012.

INCT, Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia. CNPq, 2009.

INCT-SEC, Relatório de continuidade do INCT-SEC. Relatório Interno, 2012.

IW, Anais do 1ºWorkshop Interno do INCT-SEC. Águas de Lindóia, dezembro de 2012.

## **Agradecimentos**

Os autores reconhecem o relevante e indispensável apoio das agências de fomento FAPESP (processo 2008/57870-9), CNPq (573963/2008-8) e CAPES ao INCT-SEC (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos) e agradecem aos pesquisadores e instituições parceiras que contribuíram para o presente contexto e elaboração deste texto.

## SOBRE OS AUTORES

### Jose Carlos Maldonado



Professor Titular e Diretor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP). Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1978), mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1983) e doutorado em Engenharia Elétrica - Computação e Automação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (1991). Título de Livre-Docente da USP (1996). Já publicou mais de 60 artigos em periódicos e mais de uma centena de artigos completos arbitrados, além de 03 livros e

mais de uma dezena de capítulos de livros. Recebeu vários prêmios e homenagens, destacando-se: Comenda do Mérito Científico 2008, Prêmio Jabuti 2008 de Ciências Exatas, Ciências e Tecnologia (terceiro lugar); Destaque Acadêmico 2007 proferido pela ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; e IV Prêmio Nacional de Informática 1991, conferido pela SEI, MODDATA S/A, Fundação Roberto Marinho.

### Flávia Serrano Cayres



Atua na Assessoria de Comunicação e Divulgação Científica do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Sistemas Embarcados Críticos (INCT-SEC) sediado no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP em São Carlos. Possui experiência em assessoria de imprensa, TV, jornal impresso e online. É formada em Comunicação Social com habilitação em Jornalismo pelo Centro Universitário de Araraquara (UNIARA) e graduanda em Letras pela Faculdade de Ciências e Letras da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - campus de Araraquara.

## **Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco**



Possui graduação em Tecnologia Em Processamento de Dados pela Fundação Paulista de Tecnologia e Educação (1995), mestrado em Ciência da Computação São Carlos pela Universidade de São Paulo (1999) e doutorado em Ciência da Computação São Carlos pela Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é professor doutor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC - USP, atuando no departamento de Sistemas de Computação.

Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Computacionais Distribuídos e Computação Paralela, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas distribuídos, redes de computadores, índices de carga, avaliação de desempenho e escalonamento de processos.

# Aspectos da Tipificação da Aguardente de Cana de Açúcar

Felipe Augusto Thobias Serafim

Alexandre Ataíde da Silva

Douglas Wagner Franco

## I - Introdução

A produção da aguardente de cana no Brasil teve sua origem provavelmente nos meados do século XVI, logo após Martin Afonso de Souza introduzir a cultura da cana de açúcar no Brasil. Não há um acordo sobre a data e o local onde foi produzida a primeira aguardente de cana brasileira, mas existe uma tendência em aceitar que esta ocorreu em 1534, no Engenho dos Erasmos, em São Vicente, SP, um dos primeiros engenhos de açúcar do país.<sup>1</sup>

Esta bebida é resultante da destilação do vinho. Este é originado pela fermentação do caldo de cana, ao qual foram adicionados leveduras e nutrientes (mosto). Este destilado é classificado pela legislação vigente de forma diferente de acordo com seu teor alcoólico expresso em °GL: cachaça (38-48%) e aguardente (38-54%). A denominação "cachaça" é utilizada para se referir ao destilado de cana tipicamente produzido em território brasileiro. Como esta diferença esta restrita apenas ao teor alcoólico torna-se evidente que toda cachaça é uma aguardente, mas o inverso não se aplica<sup>2,3</sup>. A aguardente de cana é o terceiro destilado mais consumido do mundo, com uma produção anual estimada em dois bilhões de litros, dos quais menos de 1% é exportada. Esta produção é responsável por mais de cinco mil rótulos comerciais e esta majoritariamente distribuída por nove estados conforme os dados da Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição da produção de cachaça entre os estados brasileiros.<sup>1</sup>

Estado produtores	Produção nacional (%)
São Paulo	42.2
Pernambuco	12.1
Ceará	12.1
Rio de Janeiro	8.0
Goiás	8.0
Minas Gerais	8.0
Paraná	4.0
Bahia	2.0
Paraíba	2.0

A destilação pode ser conduzida em alambiques de cobre ou em colunas de aço inoxidável e os produtos originados são denominados "cachaças de alambique" ou "cachaças artesanais" para o primeiro caso e "cachaças industriais" no segundo caso. A aguardente produzida em colunas de aço inoxidável é responsável por cerca de 70% de toda a aguardente de cana do açúcar produzido no Brasil e esta concentrada em não mais do que trinta produtores<sup>4</sup>. Os pequenos produtores, em número estimado de dez mil estão espalhados por todo o país e seus processos seguem muitas vezes tradições locais e ou familiares. Desta forma, são responsáveis pela grande diversidade das cachaças de alambique. Sua produção individual raramente ultrapassa os cinquenta mil litros por ano.

O Estado de São Paulo é o maior produtor de cachaças do país, sendo predominante a cachaça de coluna. O Estado de Minas Gerais, por sua vez, reivindica o rótulo de maior produtor de cachaça de alambique. Os grandes produtores (cachaça industrial) têm seus próprios laboratórios de controle de qualidade, enquanto que os menores se apoiam em Laboratórios Estaduais e buscam cooperação junto a Laboratórios de Pesquisa. Consideráveis esforços têm sido dedicados para qualificar internacionalmente a cachaça como um destilado nobre e típico do Brasil. Em função disto foram obtidos avanços sobre o conhecimento da sua composição química, do seu processo de produção e do seu perfil sensorial.

O avanço do conhecimento nestes setores conduz naturalmente a tipificação da cachaça a qual se estende muito além dos quesitos de uma certificação. Enquanto a primeira descreve um produto com ênfase em suas propriedades químicas e sensoriais, portanto atualizando-se constantemente e sem fronteiras definidas, a segunda restringe-se aos itens controlados pela legislação, fornecendo somente um selo de conformidade ou de qualidade. Diversos são os aspectos ligados à tipificação de uma bebida, a saber, as características do solo e do clima local (*terroir*), as matérias primas, o processo de sua produção propriamente dito (fermentação e destilação) e o seu envelhecimento. Em se tratando de um destilado, em particular a aguardente, a influência do *terroir* é bem menos marcante do que em bebidas não destiladas (vinho, cerveja).<sup>5</sup>

No caso da aguardente as características da colheita da cana, seu processamento e a destilação do vinho (mosto fermentado) podem ser considerados os fatores mais determinantes na definição do seu perfil químico e, portanto nas suas características.

## **II - A colheita de cana: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em aguardente**

A cana-de-açúcar tem sua colheita realizada nas formas manual e mecânica. A colheita com auxílio mecânico encontra entraves devido à irregularidade dos terrenos. A colheita manual ainda corresponde a cerca da metade da produção brasileira<sup>6</sup>. Quando colhidas à mão, a queima do canavial é realizada com o objetivo de facilitar a colheita evitando ferimentos causados pela palha no “cortador de cana”, para aumentar o teor de açúcar pela evaporação da água no caule e diminuir o número de acidentes com animais peçonhentos<sup>6</sup>. Esta prática, porém, provoca um impacto ambiental substancial, devido ao volume da fumaça e da fuligem as quais originam além dos inconvenientes de uma poluição, irritações nos olhos e no aparelho respiratório com um aumento na incidência de doenças de fundo alérgico na população local. Também não devem ser desprezados os impactos das questões sociais oriundos das condições de trabalho impostas aos cortadores de



cana. No Estado de São Paulo existe legislação estabelecendo 2020 como prazo para a mecanização de todo o corte da cana de açúcar.<sup>7</sup>

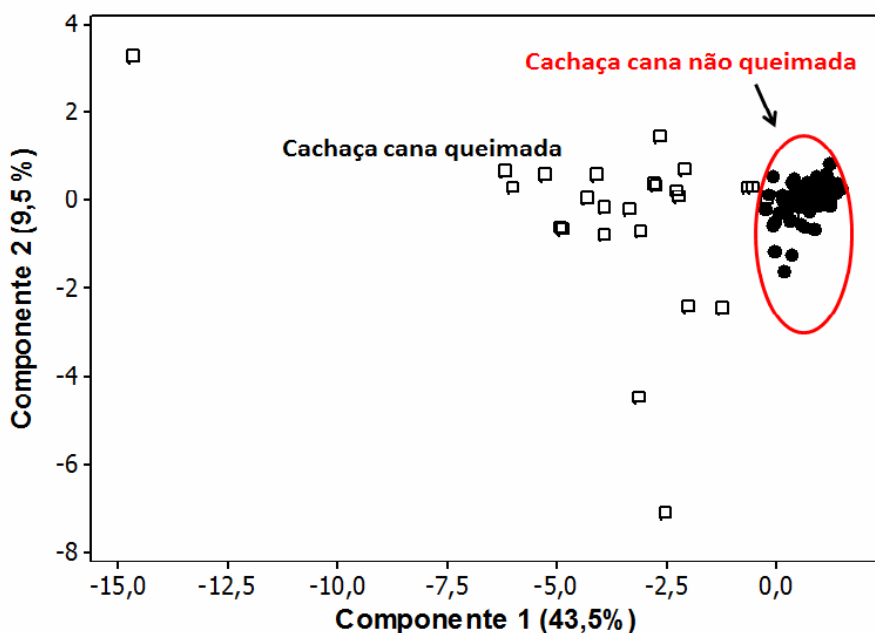
Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são formados devido à combustão incompleta ou pirólise da matéria orgânica durante o processo de “queima da cana”<sup>8,9,10</sup>. A presença destes compostos resulta na contaminação do caldo de cana e conseqüentemente do destilado. São indesejáveis por serem considerados compostos carcinogênicos e mutagênicos, portanto, o seu limite de concentração é sujeito a controle.<sup>8</sup>

E interessante informar que a presença de HPAs também pode ocorrer em outras bebidas produzidas a partir de grãos que passam previamente a fermentação por processos de tostagem.<sup>11,12</sup>

Assim, o perfil de HPAs presentes nos destilados, além de determinados níveis, constitui-se em um bom indicador do procedimento da colheita da matéria-prima.

Com o propósito de testar esta hipótese, foi efetuada a análise de 15 HPAs por cromatografia líquida acoplada a um detector de fluorescência em 131 amostras de cachaça provenientes de cana-de-açúcar queimada e não queimada. Os dados analíticos para os HPAs, dentre os quais se destaca o benzo[a]pireno, quando tratados por métodos estatísticos de análise multivariada (Análise de Componentes Principais, ACP - Figura 1 e Análise Discriminante Canônica) permitiram verificar a presença de dois conjuntos de amostras. Os resultados estatísticos demonstraram que a metodologia é capaz de distinguir com acerto de 98% entre as amostras produzidas a partir de cana queimada e não queimada<sup>10,13</sup>. A mesma distinção se verificou entre amostras de álcool combustível<sup>10</sup>. É interessante ressaltar que estes HPAs formam-se a temperaturas em torno de 700°C e que, portanto não são destruídos quando da utilização do álcool como combustível, o que se constitui em problema ambiental, principalmente nas grandes cidades.

A legislação brasileira ainda não contempla a análise de HPAs em aguardentes e etanol, mas a metodologia acima mencionada pode ser utilizada para atestar a forma com que a cana de açúcar foi colhida.



**Figura 1-** Gráfico *Score* da ACP para distinção entre cachaças produzidas com cana queimada e não queimada.

### III - Efeito do uso de leveduras naturais e selecionadas no processo fermentativo, na composição química das aguardentes.

São comumente utilizadas na etapa de fermentação durante a produção de aguardente de cana de açúcar as leveduras “naturais” ou “endógenas” e as “selecionadas” ou “industriais”, ambas da linhagem da *Saccharomyces Cerevisiae*<sup>11</sup>. As leveduras naturais são aquelas que estão presentes na região onde a aguardente é produzida e que naturalmente são incorporadas ao caldo de cana de açúcar que será fermentado. Neste caso, há a necessidade de suplementar o caldo de cana com nutrientes a fim de garantir a reprodução das leveduras naturais para que ocorra de forma efetiva o processo de fermentação. Durante este procedimento conhecido como preparo do “pé-de-cuba”, são adicionadas misturas de farelo de arroz, farinhas de milho e soja, como suplemento nutricional às leveduras, no suco de cana de açúcar.

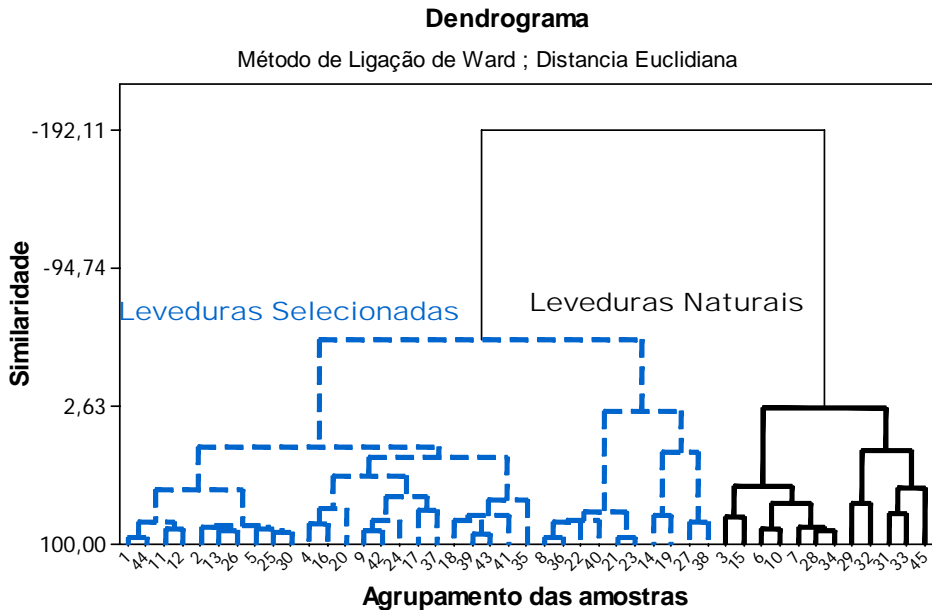
Esta mistura é depois mantida à temperatura ambiente por um determinado tempo, com subseqüentes adições de caldo de cana até que o aumento da população de levedura, devido à sua reprodução, atinja cerca de 20% (v / v) do volume de mosto. Após a conclusão do preparo do pé de cuba, o fermento natural, está pronto para ser usado<sup>14,15</sup>. Tal procedimento é comumente adotado pelos produtores ditos “artesanais”, os quais utilizam alambiques durante o processo de fermentação, mas pode também ser utilizado em larga escala.

O fermento “industrial” é um produto obtido a partir da purificação, através de procedimentos de separação tecnológicos de culturas da levedura *Saccharomyces Cerevisiae*. O processo de seleção de estirpes de leveduras é efetuado por identificação e isolamento das mesmas, que são depois multiplicadas em condições assépticas e inoculadas posteriormente no caldo de cana. Estas leveduras apresentam como características, fermentação de alto rendimento, baixo volume de espuma, altas taxas de multiplicação, são não-floculantes, apresentam alto grau de implantação e tolerância em condições de fermentação de estresse. Este processo é mais comumente utilizado nas destilarias de médio e grande porte, onde o fermento necessário para o inóculo é prontamente disponibilizado, evitando o processo de multiplicação das leveduras e, conseqüentemente, seus riscos. O uso do fermento industrial é mais comum nas destilarias que produzem aguardentes em larga escala e também na produção de álcool etílico como combustível.

Como diferentes leveduras são utilizadas durante o processo de fermentação, é de se esperar que o perfil químico do produto desta fermentação (vinho) em termos de “compostos secundários”, seja influenciado por este procedimento.

Com a finalidade de avaliar este efeito foram determinadas as concentrações de 45 compostos orgânicos em 45 amostras de aguardentes. Com o auxílio da análise estatística multivariada (Análise Hierárquica de Grupos), dez dentre estes compostos foram selecionados como descritores químicos para testar uma possível correlação entre a composição química e o tipo de levedura utilizado. Estes compostos são: o ácido acético, o álcool isoamílico, o propanol, o isobutanol, o hexanoato de etila, o octanoato de etila, o octanoato de isoamila, o decanoato de etila, o dimetilsulfeto e o lactato de etila (Figura 2). Os

destilados produzidos com leveduras naturais apresentaram concentrações de dimetilsulfeto, ácido acético e lactato de etila superiores a dos destilados cuja fermentação foi realizada com leveduras selecionadas. O inverso se verificou com relação às concentrações de propanol, isobutanol, álcool isoamílico, hexanoato de etila, octanoato de etila, octanoato de isoamila e decanoato de etila.



**Figura 2.** Análise Hierárquica de Grupos das amostras de cachaças oriundas do processo de fermentação, utilizando-se leveduras diferentes.

Como o processo de multiplicação das leveduras naturais é mais moroso do que o das leveduras selecionadas, este se torna mais suscetível à contaminação bacteriana<sup>16,17</sup>. Este fato explicaria as maiores concentrações de ácido acético e lactato de etila, indicadores de contaminação bacteriana, nas fermentações conduzidas com levedura natural. A maior incidência de dimetilsulfeto pode estar associada ao uso de farelo de milho, de arroz e do fubá, ricos em cisteína e metionina conhecidos precursores do dimetilsulfeto.<sup>18</sup>

#### IV - Influência do Aparelho de Destilação no Perfil Químico da Aguardente de Cana de Açúcar

O processo de destilação envolve o aquecimento do vinho, o qual é rico em uma mistura de componentes voláteis e não voláteis, favorecendo reações químicas de esterificação, acetilação, desidratação e de oxidação entre outras, formando compostos que irão conferir sabor e aroma ao destilado.<sup>19</sup>

Dois tipos de equipamentos são utilizados para se realizar o processo destilação: o alambique de cobre, o qual possui apenas uma única bandeja de destilação, cujo processo é realizado em batelada e a coluna de aço inoxidável de baixo grau, cujo numero de bandejas de destilação varia entre 15 e 20 tratando-se de um processo contínuo<sup>14, 19, 20,21</sup>. Os processos diferem entre si do ponto de vista econômico com respeito ao volume de vinho a ser destilado. Tal competitividade em termos de volume de aguardente torna o mercado desfavorável para as aguardentes oriundas dos alambiques de cobre, uma vez que a legislação brasileira não diferencia os destilados em função do aparelho utilizado durante o processo de destilação.

O processo de destilação em alambiques envolve a separação do destilado em três diferentes frações aplicando-se o processo de “cortes”. A primeira fração a ser destilada é chamada de “cabeça” cujo teor alcoólico varia de 70 à 55% v/v a 20°C. O volume coletado durante esta etapa varia entre 5 a 10% do volume total do destilado. A segunda fração, o “coração”, parte nobre do destilado que é comercializada, possui teor alcoólico entre 48 a 38% v/v, a 20 °C e o volume total coletado nesta etapa corresponde a cerca de 80% do volume total de destilado. O segundo corte tem lugar no momento em que a graduação alcoólica do destilado que sai da bica, esta em torno de 38 % v/v. A última fração, também, chamada de “cauda” ou “água fraca”, começa a ser coletada quando o teor alcoólico do destilado esta abaixo de 38% v/v em volume, a 20 °C cujo volume varia entre 5 e 10% do destilado total produzido<sup>14,20,21</sup>. O volume total do destilado corresponde a aproximadamente 20 % do volume do vinho<sup>21</sup>. Este rendimento ira depender do valor de grau Brix inicial do caldo de cana e da forma que se processam os cortes. Nas pequenas unidades de produção, a cada

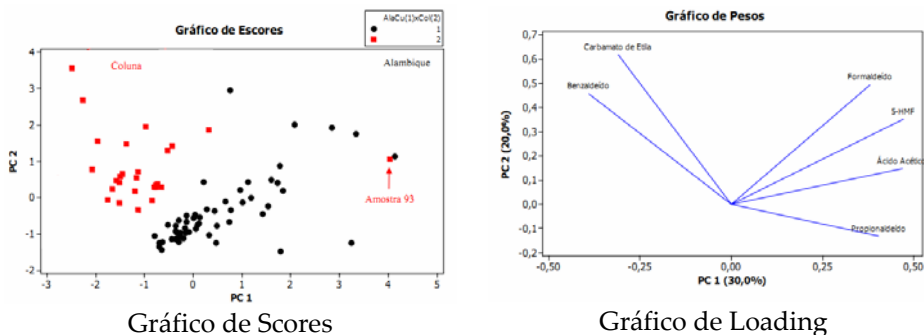
tonelada de cana processada podem ser obtidos cerca 500 litros de vinho, gerando de 65±15 Litros de aguardente (fração “coração”). Segundo Novaes, 1996, a produção diária de um pequeno produtor pode variar entre 100 e 300 litros de aguardente por dia.<sup>22</sup>

A destilação em colunas é um processo contínuo onde a entrada do caldo de cana fermentado (vinho) e as respectivas saídas do destilado (aguardente) e do vinhoto (resíduo da destilação do vinho) ocorrem simultaneamente, não havendo a separação do destilado em frações. O rendimento da produção de aguardente neste caso é superior ao das aguardentes oriundas de alambiques, gerando em media 160 litros de aguardente a 47,5% de etanol em volume a 20 °C, por tonelada de cana processada.

A destilação do vinho em colunas de aço inox baseia-se na desalcoolização do vinho através de um processo de extração vapor-líquido em contra corrente entre os vapores hidroalcoólicos que sobem pela coluna através das bandejas de destilação e o vinho que desce para a base da coluna<sup>14</sup>. A concentração alcoólica dos vapores aumenta ao longo da coluna de baixo para cima sendo máxima na bandeja superior. Os componentes mais voláteis vão em direção ao topo da coluna e os menos voláteis tendem a ficar nas primeiras bandejas da base da mesma. É, portanto, diferente a composição química das fases líquido/vapor em equilíbrio em cada bandeja da coluna.<sup>14</sup>

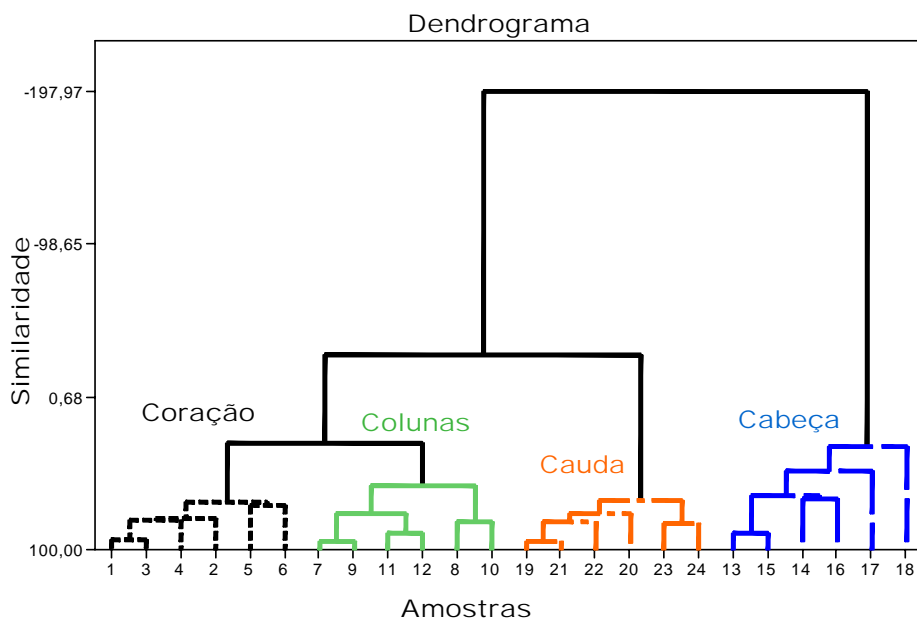
Aguardentes produzidas a partir de processos de destilação diferentes devem originar produtos com diferentes perfis químicos<sup>23,24,25</sup>. Assim, um estudo foi realizado com 115 amostras, sendo 73 delas obtidas a partir da destilação em alambiques e as demais, em colunas de aço inoxidável. Trinta e quatro compostos químicos foram analisados em cada amostra de destilado e estes resultados foram submetidos a um tratamento quimiométrico (Análise de Componentes Principais), originando a Figura 3. Nesta, pode ser observada a definição de dois grupos distintos (Grupo 1 - cachaças destiladas em alambiques e Grupo 2 – cachaças destiladas em colunas), distribuídos ao longo do plano cartesiano gerado pelo eixo das PC1 e PC2 (Gráfico de *Scores*). O Gráfico de *Loading* permite identificar os compostos químicos responsáveis pela distinção desses dois grupos. Nota-se que o carbamato de etila e o benzaldeído possuem relevância na definição do

grupo correspondente às amostras destiladas em coluna. O ácido acético, o 5-hidroximetilfurfural (5-HMF), o n-propanal e o formaldeído são os compostos responsáveis pela definição do grupo referente aos destilados de alambiques.



**Figura 3.** Análise de Componentes Principais entre as amostras destiladas em alambique e colunas.

Até o ano de 2011, a literatura que avaliou a possibilidade de se diferenciar as cachaças de acordo com o seu processo de destilação, utilizando amostras de cachaças oriundas de processos fermentativos diferentes<sup>23,24,25</sup>. Assim, a diferença de perfis químicos até então observada, poderia ser em princípio também creditada ao processo de fermentação. Esta questão foi avaliada, comparando o perfil químico de 44 compostos orgânicos de 24 amostras, sendo seis amostras de cada fração do alambique (“cabeça”, “coração” e “cauda”), além de outras seis destiladas em colunas, obtidas a partir de um mesmo vinho<sup>25</sup>. Na Figura 4 pode ser observado o agrupamento das amostras em função de sua similaridade química utilizando-se a Análise Hierárquica de Grupos. Novamente ficou evidente a distinção entre produtos de alambique e de coluna, constatando-se que a diferença no perfil químico quantitativo entre os destilados é fortemente influenciada pelo processo de destilação. Nota-se também na mesma Figura a separação entre as frações “cabeça”, “coração” e “cauda”.



**Figura 4.** Análise hierárquica de grupos de amostras de vinhos destilados em alambiques e em colunas

## V - As aguardentes envelhecidas e as potenciais madeiras brasileiras.

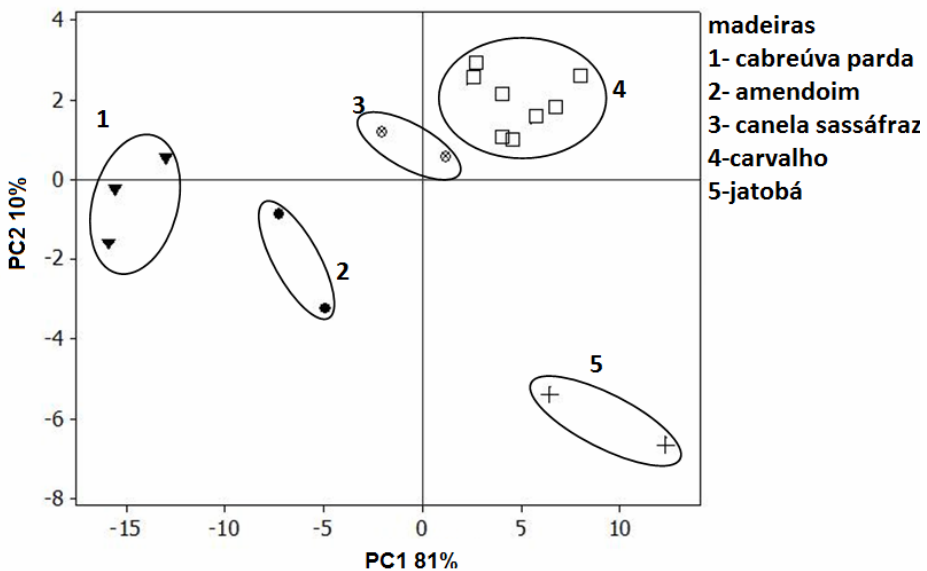
Em analogia ao que é observado para outros destilados considerados nobres, a cachaça é armazenada e maturada em tonéis de madeira<sup>14</sup>. No Brasil, os tonéis de carvalho são importados e a sua oferta é limitada. No entanto nosso país apresenta uma extensa e diversificada flora e a possibilidade de se utilizar espécies de madeira nativas como alternativas adequadas para a fabricação de toneis estão sendo investigadas. Esta diversidade com que nos brinda a flora brasileira empresta a aguardente características típicas do nosso país, agregando valor ao produto.

A partir de resultados obtidos em estudos com diferentes extratos de aguardentes, preparados a partir de carvalho e de madeiras brasileiras (amendoim, canela-sassafrás, ipê, castanheira, jatobá e louro-canela), na forma de pó, foram avaliados a capacidade e a atividade antioxidante destes extratos. Foi verificado que as madeiras brasileiras apresentam um maior poder de inibição do processo de peroxidação lipídica



induzida por metamioglobina, do que o carvalho<sup>26</sup>, mas os extratos de carvalho possuem maior capacidade e rapidez na captura de radicais peroxila do que as madeiras brasileiras.

Também a composição química destas madeiras em termos de compostos fenólicos foi avaliada e comparada a do carvalho. Assim, deve ser evitado o uso da madeira “cana sassafrás na confecção de toneis, embora apreciada pelo seu aroma, devido ao seu potencial oxidante e a presença de safrol<sup>26</sup>. O uso de métodos espectrofotométricos e cromatográficos foi explorado juntamente com ferramentas estatísticas na criação de modelos que foram calibrados e validados e então aplicados na identificação de extratos etanólicos de madeiras e de amostras de aguardentes envelhecidas<sup>27,28</sup>. Uma clara distinção entre estes extratos foi observada, podendo assim identificar a espécie de madeira utilizada (Figura 5).



**Figura 5-** Gráfico de *Scores* para PC1 vs PC2 obtidos dos espectros eletrônicos na região do UV-vis dos extratos etanólicos de madeiras.

Esta análise quando estendida a aguardentes comerciais envelhecidas em diferentes madeiras foi também capaz de classificar a madeira do tonel utilizado no envelhecimento destas, com uma

porcentagem de acerto que variou de 80% para as madeiras amendoim e castanheira ate 100% para as madeiras jequitibá-rosa e bálsamo.<sup>29</sup>

Também os efeitos deste armazenamento na preferência do consumidor de cachaças tem sido objeto de investigação. Os dados acumulados ate o momento dão uma previa orientação sobre a escolha dos tipos de madeiras nativas que poderão ser utilizados como possíveis substitutos para o carvalho<sup>30</sup>. As madeiras amendoim e pereiro foram apontadas pelos testes sensoriais como fortes candidatas para substituir o carvalho<sup>28</sup>. Estes resultados além da perspectiva econômica podem oferecer uma excelente oportunidade para a diversificação dos atributos sensoriais da cachaça.

## **VI - Distinção química entre cachaça e rum.**

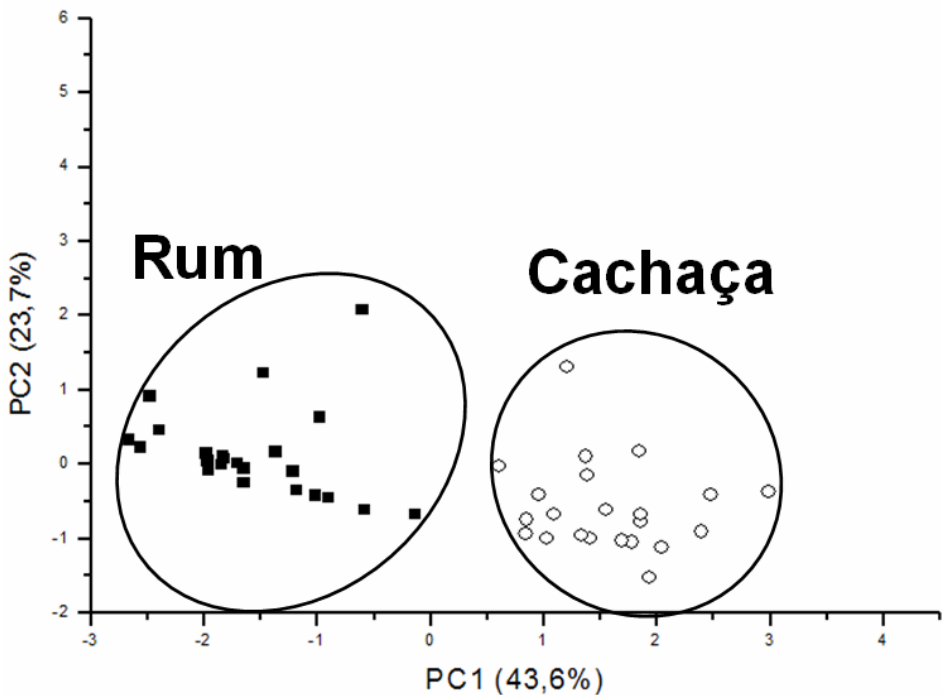
Tendo em vista que rum e cachaça são obtidos a partir da cana de açúcar, algumas confusões sobre a identidade destas bebidas foram motivo de controvérsias em passado recente, originando entraves na exportação do nosso produto. De acordo com a Instrução Normativa número 13 de 29 de junho de 2005; “cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida da destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar produzida exclusivamente em território brasileiro”. O rum “é o destilado obtido da destilação do caldo de cana de açúcar cozido ou do melaço”.<sup>3</sup>

Estão presentes em ambos os destilados uma ampla gama de álcoois, ésteres, ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, polifenóis, compostos não voláteis, assim como íons metálicos, cujas origens estão relacionadas com a matéria prima, e as praticas aplicadas nas condições de fermentação, de destilação e eventuais ajustes do grau alcoólico com água e adição de açúcar e caramelo. O processo de envelhecimento também contribui ativamente na definição da composição do destilado. Assim, são esperadas diferenças na composição química de ambas as bebidas.

Uma diferenciação entre cachaça e rum foi obtida a partir dos dados analíticos de sua composição química referente aos teores de álcoois superiores (metanol, propanol, isobutanol e isopentanol), acetaldeído, acetato de etila, ácidos orgânicos (ácido octanóico, ácido decanóico e

ácido dodecanóico), em íons de metais (Al, Ca, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Na e Zn) e em polifenóis (ácido protocateico, sinapaldeído, siringaldeído, álcool coniferílico, kaempferol e quercetina). Os dados analíticos dos compostos acima, quando tratados por Análise de Componentes Principais (Figura 6), análise de agrupamento hierárquico (HCA), a análise discriminante linear (LDA). A análise do k-ésimo vizinho mais próximo (KNN) descreveu com 100% de certeza a natureza das amostras de ambos os grupos de destilados.<sup>31</sup>

Existe um ponto que deve ser lembrado com respeito à presença de íons metálicos em cachaças. Este é um tema que de quando em quando atrai a atenção da mídia. É interessante ressaltar que estes estão presentes em todos os demais destilados e mesmo na água que bebemos. A semelhança de outros contaminantes é a sua concentração mais que a sua presença o fator de preocupação.



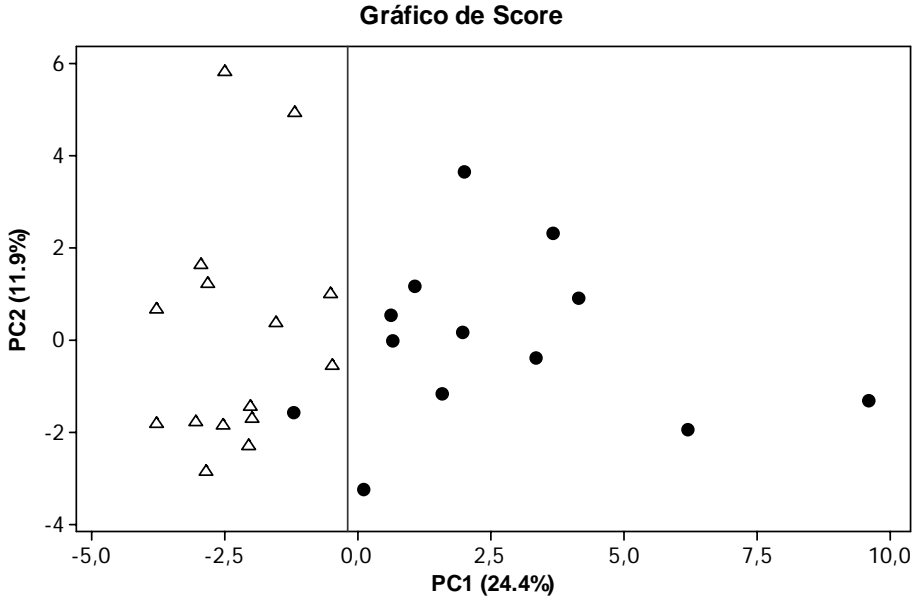
**Figura 6** – Análise de Componentes Principais das amostras de Cachaça e Rum.

## VII - Análise Sensorial de Aguardentes

A descrição quantitativa e qualitativa dos compostos químicos em aguardentes de cana de açúcar, apesar de necessária, não é suficiente para descrever a qualidade de uma bebida. Para tal, requer-se também, o conhecimento dos seus atributos sensoriais. O eventual impacto que um determinado composto químico acarreta ao destilado pode guiar modificações no processo produtivo no sentido de melhorar a qualidade sensorial do destilado e a consequente aceitação do produto.

A correlação entre os valores da análise química de 33 compostos orgânicos e de 13 atributos sensoriais de 28 amostras de cachaças (15 envelhecidas e 13 descansadas) foi investigada aplicando-se Análise de Componentes Principais. Duas avaliações sensoriais diferentes foram feitas com as amostras de aguardente, uma descritiva e um teste de consumidor hedônico.

A análise descritiva foi realizada por juízes treinados cujo objetivo foi identificar atributos sensoriais (odor global positiva, picante, queimação, amadeirado, frutado, floral, bioquímica / química, amargor e vegetal) nas amostras de aguardente. Os resultados do teste hedônico (afetivo) realizado por 250 consumidores (painel não treinado) permitiu classificar as bebidas por ordem de preferência dos mesmos, através da avaliação de três quesitos: aparência, aroma e sabor. A pontuação de cada um destes quesitos variou de 1 (não gostei) a 9 (gostei muito), gerando-se uma nota correspondente ao Índice Hedônico<sup>32</sup>. Foi observado, com auxílio da Análise de Componentes Principais na Figura 7, no gráfico de *Loading*, que as amostras melhores classificadas pelos consumidores possuem odor global positivo, picante, queimado, amadeirado, frutado e floral como atributos sensoriais, os quais se correlacionam com a graduação alcoólica (vol %), composição ácida (exceto ácido o láctico), ésteres (exceto lactato de etila) e aldeídos (exceto butiraldeído). As amostras com baixa aceitação apresentaram correlação dos atributos odor negativo, bioquímico /químico, amargor e vegetal com as concentrações de ácido láctico, lactato de etila, 2-butanol, hexanol, butiraldeído, chumbo e dimetilsulfeto.<sup>33</sup>



**Figura 7.** Correlação entre atributos sensoriais e químicos através da Análise de Componentes Principais das cachaças com valores de • HI>6 e Δ HI<6.

Os aspectos descritivos da cachaça foram estudados na busca de um melhor entendimento entre as suas características sensoriais e químicas e a suas possíveis correlações. Mesmo considerando-se o reduzido número de compostos analisados e o fato de que um possível sinergismo entre os compostos pode ser responsável por um atributo sensorial no destilado, os resultados forneceram dados interessantes com relação aos compostos capazes de distinguir cachaças de qualidade, sem a necessidade da presença de um painel de provadores treinados. Certamente, estudos sobre a qualidade sensorial da bebida podem ser refinados por um conjunto mais extenso de amostras, provadores treinados e principalmente a inclusão da análise de outros compostos químicos.

## VII – Conclusões e Perspectivas

No intuito de facilitar a leitura foram relatados de forma simplificada alguns dos progressos até então obtidos com respeito à tipificação da aguardente de cana de açúcar, baseados em resultados de

análise química e o tratamento destes resultados por métodos de análise multivariada. Estes indicam ser possível, com uma elevada margem de acerto, identificar as diferenças entre rum e cachaça, fornecendo argumentos científicos para a aceitação do destilado no mercado internacional como um produto tipicamente brasileiro. Para os detalhes experimentais e discussões mais aprofundadas sugere-se ao leitor dirigir-se as referências citadas no texto.

O conhecimento acumulado contribui significativamente para a rastreabilidade do destilado, permitindo identificar aspectos do processo produtivo. Assim, tornam-se acessíveis, com bom grau de confiabilidade, informações sobre o procedimento adotado na colheita da cana, o tipo de levedura utilizado, qual o aparelho utilizado para a sua destilação, a espécie de madeira com que a bebida manteve contato durante sua armazenagem, envelhecimento e auxiliar na identificação de cachaças no que diz respeito à sua qualidade.

Existem temas em estudo e que envolvem a denominação de origem geográfica e o tempo de envelhecimento. Em ambos os casos a solução atual para o nosso destilado é meramente cartorial, baseando-se apenas na fiscalização ou pareceres emitidos por órgãos credenciados carecendo, portanto, de qualquer embasamento técnico científico.

A questão da origem geográfica para o vinho, por exemplo, já foi resolvida no século passado por análise isotópica<sup>5</sup>. Entretanto, para destilados trata-se de uma questão ainda em aberto. Nossos experimentos com respeito a cachaça, ainda que preliminares, sugerem que a composição química da mesma apresenta uma dependência maior das características intrínsecas do processo do que da origem geográfica (*terroir*).

Para a atribuição do tempo de envelhecimento a situação é semelhante. Entretanto, este problema não está restrito à cachaça. Para outros destilados como a grapa, o uísque e o rum a questão é semelhante e ainda persiste a busca por marcadores químicos que permitam atribuir com relativo grau de segurança o tempo de envelhecimento.

## Referências

- CAMERA, M. **Cachaça: prazer brasileiro**. Ed. Mauad. 2004, 144 p.
- BRASIL. Decreto Nº 4062, de 21 de Dezembro de 2001. Definem as expressões "cachaça", "Brasil" e "cachaça do Brasil" como indicações geográficas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de dez. de 2001, Seção 1, p. 4.
- BRASIL. *Instrução Normativa* nº 13, de 29 de junho de 2005, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento; **Diário Oficial da União**, seção 1, p. 3-4, de 30/06/2005.
- VERDI, A. R. **Dinâmicas e Perspectivas do Mercado da Cachaça**. Informações Econômicas - SP, 36, 93, 2006.
- M.P. DAY, B. ZHANG, G.J. MARTIN, Determination of the geographical origin of wine using joint analysis of elemental and isotopic composition. Differentiation of the principle production zones in France for the 1990 vintage, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 67,1, 113-123, 1995.
- BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, 17, 6, 495-506, 1999.
- BRASIL, S. P. **Diário Oficial Estadual**; Vol. 112, No. 11.241, Setembro 19, p 2, 2005.
- NISBET, I. C. T.; LAGOY, P. K. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, 16, 290-300, 1992
- TFOUNI, S. A. V.; MACHADO, R. M. D.; CAMARGO, M. C. R.; VITORINO, S. H. P.; VICENTE, E.; TOLEDO, M. C. F.; Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sugarcane juice. **Food Chemistry**, 101, 334, 2007.
- GALINARO, C. A.; FRANCO, D. W. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em cachaça, rum, uísque e álcool combustível. **Química Nova**, 32, 6, 1447-1451, 2009.
- GARCÍA-FALCÓN, M. S.; SIMAL-GÁNDARA, J. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in alcoholic drinks and the identification of their potential sources. **Food Additives and Contaminants**, 22, 791-797, 2005.
- SIMKO, P.; Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavoring food additives. **Journal of Chromatography B**, 770, 3-18, 2002.
- GALINARO, C. A.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian sugar cane spirits: discrimination between cachaças produced from non-burned and burned sugar cane crops. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 55, 3141-3147, 2007.

LIMA, U. A.; **Aguardente: fabricação em pequenas destilarias**, Ed. FEALQ: Piracicaba, 1999, 187p.

GOMES, F.C.O.; SILVA, C.L.C.; MARINI, M.M.; OLIVEIRA, E.S.; ROSA, C.A. Use of selected indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains for the production of the traditional cachaça in Brazil. **Journal of Applied Microbiology**, 103, 2438-2447, 2007.

ATARO, C.; GUERRA, J. B.; PETRILLO-PEIXOTO, M. L.; MENDONÇA-HAGLER, L. C.; LINARDI, V. R.; ROSA, C. A. Yeast communities and genetic polymorphism of *Saccharomyces cerevisiae* strains associated with artisanal fermentation in Brazil. **Journal of Applied Microbiology**, 88, 1-9, 2000.

NASCIMENTO, E.S.O; CARDOSO, D.R.; FRANCO, D.W. Quantitative ester analysis in cachaça and distilled spirits by gas chromatography mass spectrometry (GC MS). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 56, 5488-5493, 2008.

DE MORA, S. J.; ESCHENBRUCH, R.; KNOWLES, S. J.; SPEDDING, D. J. The formation of dimethyl sulphide during fermentation using a wine yeast. **Food Microbiology**, 3, 27, 1986.

LÉAUTÉ. R.; Distillation in Alembic. **American Journal of Enology and Viticulture**, 41, 90, 1990.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. Em **Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**; Venturini, W. G. F., ed.; 1ª ed., Edgard Blucher: São Paulo, 2005.

MAIA, A. B. R. A.; Apostila: **Curso de Destilação da Cachaça**, Vassouras, 2000.

NOVAES, F.V. Testes e análises realizados para assegurar a qualidade da aguardente brasileira. **O Engarrafador Moderno**, 46, 79-81, 1996.

RECHE, R. V.; DA SILVA, A. A.; GALINARO, C.A.; LEITE-NETO, A.F.; DE OSTI, R.Z.; FRANCO, D.W. Influence of type of distillation apparatus on chemical profiles of Brazilian cachaças. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 55, 6603-6608, 2007.

DE SOUZA, P. P.; DE OLIVEIRA, L. C. A.; CATHARINO, R. R.; EBERLIN, M. N.; AUGUSTI, D. V. SIEBALD, H. G. L.; AUGUSTI, R. Brazilian cachaça: "single shot" typification of fresh alembic and industrial samples via electrospray ionization mass spectrometry fingerprinting. **Food Chemistry**, 115, 1064-1068, 2009.

SERAFIM, F. A. T. DA SILVA, A. A.; GALINARO, C. A.; FRANCO, D. W.; Comparação do perfil químico entre cachaças de um mesmo vinho destiladas em alambiques e em colunas. **Química Nova**, 35, 7, 1412-1416, 2012.

CARDOSO, D. R.; FREDERIKSEN, A. M.; DA SILVA, A. A.; FRANCO, D. W.; SKIBSTED, L. H. Sugarcane spirit extracts of oak and Brazilian woods:



antioxidant capacity and activity. **European Food Research and Technology**, 227, 1109-1116, 2008.

DA SILVA, A. A.; NASCIMENTO, E. S. P.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Coumarins and phenolic fingerprints of oak and Brazilian woods extracted by sugarcane spirit. **Journal of Separation Science**, 32, p. 3681-3691, 2009.

DA SILVA, A. A.; NASCIMENTO, E.S.P.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D.W.; Identificação de extratos etanólicos de madeiras utilizando seu espectro eletrônico de absorção e análise multivariada. **Química Nova**, 35, 3, 563-566, 2012.

DA SILVA, A.A.; KEUKELEIRE, D.; CARDOSO, D.R.; FRANCO, D.W.; Multivariate analyses of UV-Vis absorption spectral data from cachaça wood extracts: a model to classify aged Brazilian cachaças according to the wood species used. **Analytical Methods**, 4, 642-646, 2012.

FARIA, J. B.; CARDELLO, H. M. A. B; BOSCOLO, M. ; ISIQUE, W. D; ODELLO, L.; FRANCO, D. W. Evaluation of Brazilian woods as an alternative to oak for cachaças aging. **Food Research and Technology**, 18, 83-87, 2003.

CARDOSO, D. R.; ANDRADE-SOBRINHO, L. G.; LEITE-NETO, A. F.; RECHE, R. V.; ISIQUE, W. D.; FERREIRA, M. M. C.; LIMA-NETO, B. S.; FRANCO, D. W. Composition between cachaça and rum using pattern recognition methods. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 52, 52, 3429-3433, 2004.

ODELLO, L; SEIXAS, F. R. F.; DA SILVA, A. A.; GALINARO C. A.; FRANCO, D. W. Avaliação sensorial de cachaça. **Química Nova**, 32, 1839-1844, 2009.

SERAFIM, F. A. T.; SEIXAS, F. R. F.; DA SILVA, A. A.; GALINARO, C. A.; NASCIMENTO, E. S. P.; BUCHVISER, S. F.; ODELLO, L.; FRANCO, D. W. Correlation between Chemical Composition and Sensory Properties in Sugarcane Spirits. **Journal Brazilian Chemical Society**. (Submetido)

## SOBRE OS AUTORES

### Felipe Augusto Thobias Serafim



Bacharel em Química - Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - 2007 Mestre em Ciências - Área: Química Analítica - Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - 2010 Atualmente é aluno de Doutorado na área de Química Analítica no Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo - Brasil - 2010

### Alexandre Ataíde da Silva



Possui graduação em Química pela Universidade Federal de São Carlos (2003) e mestrado em Química Analítica São Carlos pela Universidade de São Paulo (2006), doutorado em Química Analítica pelo Instituto de Química de São Carlos (USP). Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Analítica tendo experiência na área de Química, com ênfase em Instrumentação Analítica (HPLC-FL, HPLC-UV, HPLC-MS/MS, CG-FID, CG-MS, AAS) e alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: cachaça, composto

fenólicos, quimiometria, derivados de cana-de-açúcar, carbamato de etila, álcoois, cetonas, aldeídos, ésteres, dimetilsulfeto, metais, ácido acético, ácidos orgânicos.

## Douglas Wagner Franco



Possui Graduação em Química (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1968), Doutorado em Química Analítica pela Universidade de São Paulo (1972), Pós-doutorado nas seguintes Universidades: 1- Stanford University - USA / Prof. Henry Taube (1976); 2- University of California at Santa Barbara - USA / Peter C. Ford (1982); 3- Institute de Recherches sur la Catalyse - France / Prof. Igor katchenko (1984); 4- Università degli Studi di Parma - Italia / Prof. J. Paolo Chiusoli ( 1985); 5- University of York Toronto - USA / A. B. P. Lever (1990) e Livre Docência pela Univrsidade de São Paulo (1978). Atualmente é Professor Titular da Universidade de São Paulo - Instituto de Química de São Carlos. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Inorgânica e Química da Analítica, atuando principalmente nos seguintes temas: Transportadores de Óxido Nítrico e suas aplicações biológicas e controle da qualidade e tipificação da aguardente de cana.

# O Paradigma da Inovação Aberta e as Oportunidades para Cooperação Internacional

Sergio Perussi Filho

## 1. Introdução

Inovação é uma das palavras de ordem das políticas públicas nacionais, seja nos países desenvolvidos, seja naqueles que estão em busca de um posicionamento melhor na economia mundial e no aumento da qualidade de vida de seus cidadãos. Mesmo em um país onde a inovação sempre mostrou uma face mais alegre, como os Estados Unidos da América, essa ordem foi explicitada pelo seu presidente no início de 2012, quando da sua mensagem na inauguração das atividades do Congresso Nacional daquele ano<sup>1</sup>.

No Brasil, depois de importantes esforços feitos de forma quase que isolada por brasileiros das mais diferentes áreas profissionais – pesquisadores, profissionais da indústria, empreendedores, funcionários do governo, para citar alguns - durante os anos 80, a denominada década perdida, e nos anos 90, de forma um pouco mais orgânica por diversas instituições governamentais, a inovação entrou de vez na pauta do país com a promulgação da Lei de Inovação, em dezembro de 2004, pelo presidente Lula<sup>2</sup>.

De fato, podemos citar três períodos na evolução histórica da construção do Sistema Brasileiro de Inovação (SBI):

- 1) Período de construção do sistema brasileiro de pesquisa: o período de 1953 até os dias atuais, de construção e consolidação do sistema de pós-graduação, a partir da criação do Conselho

---

<sup>1</sup> State of the Union 2012: Obama speech transcript [http://www.washingtonpost.com/politics/state-of-the-union-2012-obama-speech-excerpts/2012/01/24/gIQA9D3QOO\\_story\\_1.html](http://www.washingtonpost.com/politics/state-of-the-union-2012-obama-speech-excerpts/2012/01/24/gIQA9D3QOO_story_1.html) - acesso 01.07.2013.

<sup>2</sup> Lei da Inovação. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm)- acesso 01.07.2013

- Nacional de Pesquisa (CNPq), em 1953, que viabilizou a formação de grande contingente de pesquisadores<sup>3</sup>;
- 2) Período de implantação da cultura do empreendedorismo - período de 1990 até os dias atuais, de construção e consolidação da cultura do empreendedorismo, terminando ou pelo menos atenuando os conflitos entre empreendedor/empresário e dos trabalhadores na economia, em função da visão dicotômica dos seus papéis na economia e no progresso socioeconômico do país;
  - 3) Período de implantação da cultura da inovação tecnológica - o período de 2004 até os dias atuais, a partir da promulgação da Lei de Inovação.

De se ressaltar que esses períodos apenas mostram uma maior concentração de esforços, políticas públicas e estratégias empresariais, não se definindo como períodos estanques, haja vista que várias ações nas três frentes sempre foram objeto de interesse daqueles envolvidos com as estratégias das instituições públicas, privadas e empresas em geral. Entretanto, esses períodos apresentam esforços mais concentrados e consistentes em prol da construção desses importantes pilares da inovação. Uma pesquisa quantitativa acerca dos vários instrumentos lançados no ambiente econômico nacional no sentido da construção desses três pilares poderia trazer à tona a fronteira inicial desses períodos. Entretanto, alguns aspectos de notória visibilidade auxilia a percepção desses momentos:

- o o ano de 1953, com a criação do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), inicia-se o processo de formação de pesquisadores, com a construção do sistema de bolsas de estudos para a formação de mestres, doutores e pós-doutores, que iriam reforçar o sistema universitário de ensino e prover a indústria com pesquisadores de melhor qualificação;
- o o início dos anos 90, com a reestruturação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE)<sup>4</sup>, que mudou

---

<sup>3</sup> História do CNPQ. <http://centrodememoria.cnpq.br/Missao2.html> - acesso 01.07.2013

de forma drástica sua condução estratégica e operacional de uma gestão pública para uma gestão de característica privada, envolvendo o próprio setor empresarial, representado pelas suas associações e federações industriais e comerciais, além de manter, mas sem a centralização estratégica e operacional, outros agentes governamentais, como o Banco do Brasil, entre outros.

- O início dos anos 2000, e de forma específica, ano de 2004, quando da promulgação da Lei de Inovação, em dezembro, pelo presidente Lula. Faz-se necessário realçar que essa lei veio com um atraso de 20 anos em relação a ações de fato já tomadas em prol da inovação por alguns agentes econômicos do país, estimulado e apoiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa, quando da criação, no ano de 1984, dos Polos Tecnológicos<sup>5</sup>, o que fez com que algumas regiões do país iniciassem a construção de suas incubadoras de empresas e a criação de centenas de empresas de base tecnológica, mesmo em ambiente econômico hostil, com problemas políticos e de controle monetário e da economia em si, esta assolada por períodos de inflação totalmente fora de controle.

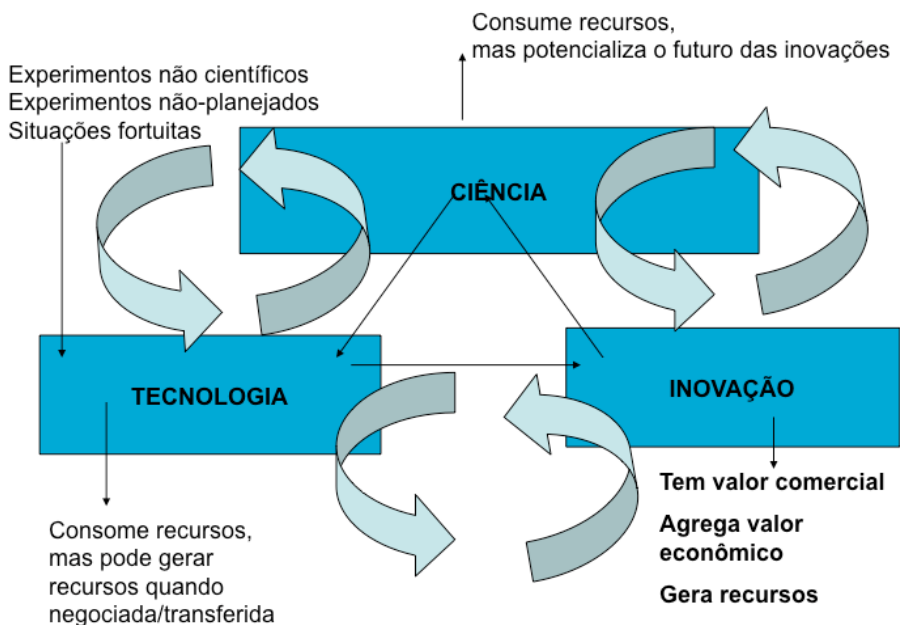
Ao refletirmos sobre essa evolução podemos perceber que somente nos últimos anos o país criou as condições de fato, em termos relativos, como sempre, para que o ciclo da inovação, constituído dos seus três importantes intervenientes – a ciência, a tecnologia e a inovação – pudesse de fator girar virtuosamente, com realimentação contínua, configurando o que se denomina de Ciclo Virtuoso da Inovação<sup>6</sup>, esquematizado na Fig. 1.

---

<sup>4</sup> SEBRAE. Conheça mais a nossa historia. [http://www.sebraepr.com.br/portal/page/portal/PORTAL\\_INTERNET/PRINCIPAL2009/BUSCA\\_TEXTO2009?codigo=1032](http://www.sebraepr.com.br/portal/page/portal/PORTAL_INTERNET/PRINCIPAL2009/BUSCA_TEXTO2009?codigo=1032) - acesso 14.03.2010

<sup>5</sup> CNPq. Criação dos Polos Tecnológicos

<sup>6</sup> PERUSSI FILHO, S. Ciclo Virtuoso da Inovação. Agroanalysis, FGV-SP. 2005.



**Figura 1.** O Ciclo Virtuoso da Inovação

Paralelamente à construção do sistema brasileiro de inovação e do esforço para trazer a virtuosidade do ciclo da inovação para uma posição central na economia do país, um novo paradigma vinha sendo construído no campo da criação de inovações tecnológicas: o paradigma da inovação aberta.

Fruto da evolução histórica do ambiente econômico mundial, o que compreende, entre outras coisas, as mudanças na oferta de tecnologia e na sua flexibilidade de uso, com reflexos na organização dos sistemas produtivos e de pesquisa, as inovações passam a ser fruto não somente dos esforços empresariais realizados internamente, ou seja, com as suas próprias força de pesquisa (realizadas nos departamentos exclusivos de Pesquisa e Desenvolvimento), mas também com o aproveitamento do conhecimento, ideias e esforços realizados por outrem, quer sejam empresas parceiras, empresas concorrentes, laboratórios de universidades ou institutos de pesquisas ou empresas nascentes, oriundas desses mesmos laboratórios (*spin off*).

No Brasil, esse novo paradigma encontra, apesar dos esforços de construção do sistema brasileiro de inovação, as empresas, de forma geral, sem uma cultura de inovação implantada. Assim, são poucas as empresas nacionais que possuem departamentos minimamente estruturados de Pesquisa e Desenvolvimento tradicionais. Entretanto, ao contrário, as universidades e institutos de pesquisas, que iniciaram, de alguma forma, a implantação da cultura empreendedora voltada para a inovação, a partir dos anos 90, encontram-se melhor preparadas para assumir o seu papel nesse esforço conjunto universidade-empresa em prol da inovação, sob deste novo paradigma. Um aspecto que reforça essa afirmação são os esforços pioneiros desenvolvidos por algumas delas, para a criação, já nos anos 90, de seus escritórios de transferência de tecnologia, o que foi reforçado e generalizado de forma compulsória pelo início da vigência e regulamentação da Lei de Inovação, de dezembro de 2004. Entretanto, percebe-se que, de forma particular, a partir de 2012, o setor empresarial privado iniciou um processo mais estruturado de implantação da cultura da inovação nas empresas, fruto de ações específicas desencadeadas pelo SEBRAE, como o Programa ALI (Agentes Locais de Inovação)<sup>7</sup> e um Programa do sistema FIESP/CIESP/SENAI, no Estado de São Paulo, ambos visando fortalecer as condições para a inovação nas empresas<sup>8</sup>.

Soma-se a todo esse esforço, a visão do governo federal de que o Brasil precisa internacionalizar os seus estudantes, dando oportunidade para que eles adquiram vivência internacional e possam ser profissionais integrados com o mundo globalizado. Essa visão se transformou em ação, com o lançamento do Programa Brasil sem Fronteiras<sup>9</sup>, que visa colocar 100.000 estudantes brasileiros em universidades, institutos de pesquisas e empresas estrangeiras, oferecendo bolsas de estudo para o referido estágio. Adicionalmente,

---

<sup>7</sup> SEBRAE. Programa Agentes Locais de Inovação (ALI). <http://www.sebraers.com.br/index.php/programa-ali> - acesso 18.03.2013

<sup>8</sup> FIESP. Programa de Inovação Tecnológica FIESP, CIESP, SENAI. <http://www.fiesp.com.br/inovacao-tecnologica/programa-inovacao-tecnologica-fiesp-ciesp-senai/> - acesso 18.03.2013

<sup>9</sup> Programa Ciências sem Fronteiras. <http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/o-programa> - acesso 18.03.2013



continuam os programas de formação de doutores e pós-doutores, uma ênfase da política nacional de formação de pesquisadores, coordenada, em nível nacional pelo Conselho Nacional de Pesquisa, e em nível estadual por fundações estaduais de ciência e tecnologia, como a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, a FAPESP<sup>10</sup>.

Assim, nesse ambiente de mudanças e forte oferta de conhecimento científico e tecnológico - que pode-se afirmar não é somente vívido pelo Brasil, mas sim por muitos países que buscam atuar no paradigma da inovação aberta - que pugna por cooperação dos mais diversos agentes envolvidos com a inovação, as oportunidades para parcerias internacionais entre os diversos agentes, sejam universidades, empresas, institutos de pesquisas e instituições governamentais, passa a ser de importância fundamental para o progresso econômico e social dos países.

## **2. O Novo Paradigma da Inovação Aberta**

O paradigma da inovação aberta é um fenômeno contemporâneo que vem substituir o paradigma da inovação fechada<sup>11</sup>. Fruto das dificuldades para as empresas manterem os investimentos em laboratórios e equipes de pesquisa e desenvolvimento próprios e, inversamente, o fortalecimento, nesta direção, das universidades e institutos de pesquisas e, além disso, do desenvolvimento tecnológico havido no século XX, o que permitiu novos modelos de negócios, o paradigma da inovação aberta vem difundindo no ambiente econômico do início do século XXI a prática da cooperação universidade-empresa e empresa-empresa para a criação de inovações.

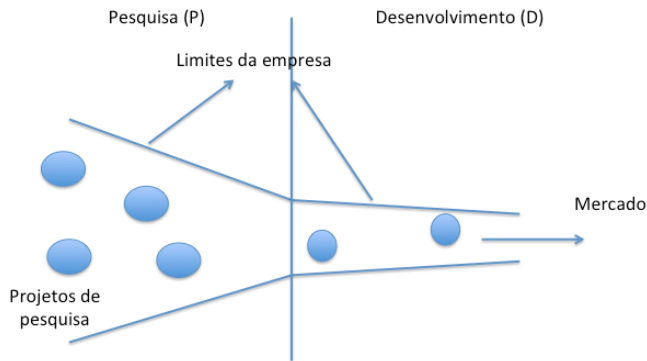
De forma geral e simples, no paradigma da inovação fechada, muito presente durante a maior parte do século XX, todo o processo de criação de inovação era desenvolvido internamente pelas empresas, por seus departamentos/laboratórios de P&D, de forma praticamente exclusiva, visando suprir inovações que alimentassem o seu modelo de

---

<sup>10</sup> FAPESP. <http://fapesp.br/> - acesso 18.03.2013

<sup>11</sup> CHESBROUGH, H. Inovação aberta. Como criar e lucrar com a tecnologia. Porto Alegre. Bookman, 2012.

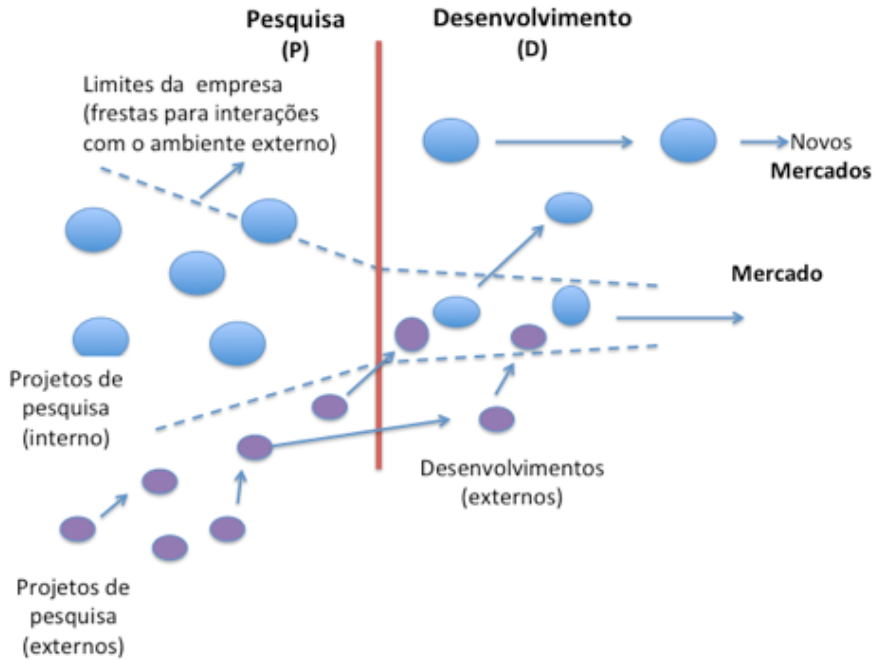
negócio, também exclusivo. Assim, nesse paradigma, somente aqueles produtos tecnológicos frutos de criação interna e exclusiva da empresa, de interesse do modelo de negócio existente eram levados ao mercado, o que fazia com que muitas ideias e mesmo tecnologias deixavam de ser aproveitadas quando não alinhadas ao modelo de negócio. Da mesma forma, ideias e tecnologias existentes no mercado deixavam de ser aproveitadas, pelo fato de não terem sido criadas internamente. Assim, um acervo de potenciais inovações, criadas internamente e não aproveitadas pelo modelo de negócio vigente, nem mesmo passavam a compor um arquivo de ideias a serem utilizadas em um momento mais oportuno e muito menos alimentavam outros potenciais modelos possíveis de negócios. Por outro lado, ideias potenciais, e mesmo tecnologias disponíveis no mercado, deixavam de ser utilizadas por não terem sido criadas internamente. Portanto, perda de esforços e perda de oportunidades. A figura 2 apresenta um diagrama que representa esse paradigma.



**Figura 2.** Paradigma da Inovação Fechada na gestão de P&D.  
Fonte: Adaptado de Chesbrough, H. (2012)

O novo paradigma, o da inovação aberta, inversamente, passa a considerar que o sucesso econômico da empresa não deve restringir-se a produtos e serviços tecnológicos criados internamente e colocados no mercado unicamente por meio de um modelo de negócio, ou seja, dentro de um paradigma de ciclo fechado. Neste novo paradigma, de ciclo aberto, ideias e tecnologias, sejam elas criadas internamente ou

externamente, alimentam tanto o modelo de negócio atual como podem, derivar novos modelos de negócios, num ciclo onde o importante é a criação de valor.



**Figura 3.** Paradigma da Inovação Aberta da gestão de P&D  
Fonte: Adaptado de Chesbrough, H. (2012)

Esse novo paradigma, apesar de trazer em seu bojo uma boa dose de bom senso, pela ampliação das possibilidades de criação de valor para os acionistas, tem se estabelecido como prática fruto da evolução observada nas empresas ao longo do século XX, que, premidas pelas dificuldades de manterem o nível histórico de investimentos em atividades exclusivamente internas de P&D, desde o início do século XX até praticamente o início da revolução da computação, nos anos 80 do mesmo século, passaram a dividir com outros atores, entre eles outras empresas e universidades e institutos de pesquisas, os custos de investimentos na criação de inovações tecnológicas e a sua própria

difusão no mercado. A figura ilustra, de forma esquematizada, esse novo paradigma.

### 3. A cooperação como base para criação de inovações

Pode-se depreender, pelo novo paradigma da inovação aberta, que a cooperação universidade-empresas e interempresas está no centro das atividades necessárias para que a inovação floresça de fato nesse novo ambiente. Por um lado, a busca de ideias e tecnologias no mercado e o seu uso pela empresa na criação de inovação de valor, demanda um bom grau de cooperação com agentes do ambiente externo da empresa, geralmente universidades, institutos de pesquisas e empresas. Por outro, a criação de valor, via novos modelos de negócios, também demandam um bom grau de articulação com outras empresas ou grupos societários. Assim, tanto a montante quanto a jusante, o processo inovativo envolve atividades que tem centralidade na cooperação.

Ações nesse sentido tem sido encetadas por todos os países, principalmente a partir da década de 80, com a proliferação, pelo mundo afora, de ambientes que procuram promover a inovação. Isso por ser observado pela criação em muitos países dos denominados Parques Tecnológicos (*Science Parks ou Technopolis*), ambiente que procura, ao colocar em um mesmo ambiente, pesquisadores de universidades, institutos de pesquisas e empresas, visando fortalecer o potencial de criação de inovações tecnológicas, via aumento dos processos de cooperação entre esses diversos intervenientes do processo.

No Brasil, essas ações tem seu início na metade da década de 80, do século passado, quando o Conselho Nacional de Pesquisa, o CNPq, deu início a implantação dos Polos Tecnológicos, sendo, entre uma dezena de pioneiros, os Polos de São Carlos, no Estado de São Paulo e o de Campina Grande, no estado da Paraíba. No início, centrando suas ações nas Incubadoras de Empresas, esses Polos fortaleceram de maneira importante o laço de relações entre a universidade e as empresas, principalmente pela criação de empresas *spin off* dos laboratórios das universidades, as quais, por terem sido originadas o ambiente da

universidade, ajudaram muito a desenvolver uma cultura de cooperação universidade-empresa que, mais a frente, veio também se difundir para as empresas existentes foras das Incubadoras de Empresas. Essa evolução pode ser constada nos tempos atuais quando se observa uma série de pesquisas em parceria sendo desenvolvidas pelas universidades e empresas nos mais diversos segmentos da economia. Exemplos poderão ser extraídos do portfolio de tecnologias e pedidos de patentes desenvolvidos pelas universidades localizadas no Estado de São Paulo, como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Universidade de Campinas (Unicamp), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e muitas outras universidades espalhadas pelo país.

Assim, apesar dos problemas políticos e econômicos vividos pelo Brasil, na década de 80 do século XX, como a ditadura no campo político e o descontrole da inflação, essa ação conseguiu disseminar a cultura do empreendedorismo inovador no ambiente das regiões onde as universidades tinham excelência na pesquisa, provocando assim um certo transbordamento do conhecimento da academia para o ambiente empresarial, via criação de empresas de base tecnológica, as denominadas empresas *spin off*.

Essa ação inicial, que se somou e representou, sob certos aspectos, o resultado do investimento em ciências, iniciado na década de 50 com a criação do CNPq, fez com que a segunda metade da década de 80 e a primeira da década de 90 – um lapso de tempo de uma década, portanto -, pudesse ser considerada a década de implantação da cultura do empreendedorismo no Brasil. No início, esse processo se concentrou no estímulo à criação de empresas por motivo de sobrevivência, fruto da necessidade de se estimular o auto-emprego e a sobrevivência de muitos brasileiros, impactados pela abertura econômica do mercado aos produtos de empresas internacionais (aumento das importações) e pelo processo de privatizações, aliado ao ambiente de incerteza de uma economia que ainda estava para ser estabilizada de fato. Nos últimos anos, entretanto, de forma especial a partir do fim da década de 90 e do início do século XXI, com a manutenção da estabilização monetária e da própria economia, mesmo que em patamares ainda não adequados às necessidades do país, o empreendedorismo de oportunidade passou a

ser relevante, como mostra uma pesquisa feita pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2012)

Outras decisões e ações de diversos agentes econômicos, incluindo aqueles que apoiam o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação dos estados e do próprio país, reforçam essa orientação no sentido da cooperação para a criação de inovações. Este foi o caso da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, a FAPESP, que lançou um programa apoio à inovação nas empresas, denominados Programa de Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) e o Programa de Apoio à Pesquisa em Parceria para Inovação Tecnológica (PITE), ambos criados em 1997 (FAPESP, 2013). Ambos os programas apoiam projetos de pesquisas voltados para inovação e tem como requisito fundamental processos de cooperação universidade-empresa, sem o que o apoio financeiro não se viabiliza. Fruto da visão de que os sistemas nacionais de inovação, seja considerando-se a visão de Sábato<sup>12</sup> ou a de Etzkowitz<sup>13</sup>, dependem de forte cooperação dos três principais agentes envolvidos no processo, ou seja, o governo, as empresas e as universidades e institutos de pesquisas, além do fato de que, no Brasil, uma proporção ainda insuficiente de pesquisadores trabalha nas empresas, esses programas foram pioneiros no financiamento público de pesquisa voltada para potenciais inovações nas empresas e na tentativa de fixar um maior número desse profissionais no seu quadro de funcionários, para além do tempo de duração dos projetos, reforçando assim o potencial das empresas na criação de inovações.

- 1) Consolidando de vez os elementos que promovem a virtuosidade do ciclo da inovação, a promulgação da Lei de Inovação, em dezembro de 2004, veio criar condições jurídicas mais claras e um estímulo ainda maior para que a cooperação universidade-empresa se desenvolva de forma mais abrangente e com maior qualidade. Fundamentada em 3 pilares principais (Flexibilização das atividades das instituições e as relações de trabalho das instituições científicas e tecnológicas;

---

<sup>12</sup> ETZKOWITZ, H. Hélice tríplice. Universidade-indústria-governo. Inovação em movimento. Porto Alegre. EdIPUCRS, 2009.

<sup>13</sup> Idem

Estabelecimento de regime de comercialização das inovações geradas nas instituições científicas e tecnológicas; e Criação de mecanismos para favorecer o ambiente inovativo empresarial), essa lei veio estimular a participação conjunta das instituições de pesquisas públicas e as empresas, criando condições jurídicas para que as parcerias entre esses agentes potenciessem a inovação.

#### **4. A internacionalização das cooperações**

Da mesma forma que cooperação entre os agentes econômicos, representados pelos constituintes do Triângulo de Sábato, o governo, as empresas e as universidades/institutos de pesquisas, é estimulada internamente, observa-se também, no Brasil, uma intensificação de ações voltadas para dinamizar as cooperações internacionais, que seja entre as universidades do país com as universidades estrangeiras, quer seja entre empresas nacionais e internacionais e universidades estrangeiras.

Nas universidades, de forma específica, observa-se a intensificação dos programas de pesquisa que envolvem pesquisadores das universidades brasileiras com as universidades estrangeiras. Estudo relativamente recente da FAPESP mostra que a cooperação para pesquisa, envolvendo parcerias internacionais, tem aumentado<sup>14</sup>. Outra ação que mostra esse direcionamento de esforços, foi a decisão da USP de criar um Centro de Difusão Internacional, para abrigar as atividades ligadas aos estudantes internacionais em intercâmbio. Considerando-se ser a USP a primeira universidade do Brasil<sup>15</sup>, essa ação pode evidenciar que a internacionalização da universidade está na ordem do dia, mesmo que após muitos anos de atraso em relação a muitas das universidades do primeiro mundo, que há muitos anos se internacionalizaram.

---

<sup>14</sup> FAPESP (Agência). Brito Cruz. Futuro da ciência e desenvolvimento. Plano de C&T&I para o Estado de São Paulo para os próximos 15 anos. 14.05.2010

<sup>15</sup> MENDONÇA, A.W.P.C. A universidade no Brasil. Revista Brasileira de Educação. N.14, 2000.p.131.150.

Em nível federal, o Programa Brasil sem Fronteiras<sup>16</sup>, do governo brasileiro, tem como objetivo levar 100.000 estudantes a participarem de intercâmbios internacionais, o que, espera-se, além de aumentar e melhorar a capacitação dos estudantes, possa criar oportunidades para ampliar as relações entre as universidades brasileiras e estrangeiras.

Da mesma forma, a Universidade de São Paulo (USP), recentemente lançou programa de intercâmbio internacional de bolsas de estudos para seus alunos de graduação, estimulando-os a realizarem esses intercâmbios em universidades, instituições, e mesmo empresas, que possuem excelência na área de inovações tecnológicas<sup>17</sup>

Pelo lado das empresas, observa-se também um maior interesse no estreitamento das cooperações, tanto em nível nacional quanto internacional, principalmente para explorar vantagens comparativas de forma a manterem a capacidade de competir em um mundo cada vez mais globalizado e operando, no lado as inovações, no paradigma da inovação aberta.

## **5. O potencial de São Carlos para a cooperação internacional**

Escolhida em 1984, pelo CNPq, entre as primeiras cidades brasileiras a receber incentivos para o desenvolvimento tecnológico, São Carlos tem na sua importância como polo de atração e desenvolvimento de uma cultura técnico-científica para a região a sua principal marca. Localizada praticamente no centro geográfico do estado de São Paulo, e apenas a 230 km da capital paulista, a cidade possui uma população de cerca de 209.000 habitantes (Prefeitura Municipal de São Carlos, 2006) e detém qualidade de vida diferenciada dentro dos padrões nacionais.

A cidade possui um parque industrial consolidado espalhado pela malha urbana caracterizado por um bom nível de diversidade de setores econômicos. As microempresas são responsáveis por 69% do

---

<sup>16</sup> PROGRAMA Ciência Sem Fronteiras. <http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/o-programa> - acesso 19.03.2013.

<sup>17</sup> AGEUSPI. Agência Usp de Inovação. Programa de 1000 Bolsas de Intercâmbio Internacional. <http://www.inovacao.usp.br/bolsa2012/index.html> - acesso 19.03.2019.



número de indústrias, enquanto as grandes indústrias representam apenas 1%. É marcante a presença de Empresas de Base Tecnológica (EBT), refletindo o desenvolvimento científico e tecnológico dos centros de pesquisas e das universidades locais. Segundo dados da Prefeitura Municipal de São Carlos (2006) a relação Universidades e EBTs é verificada em 77% destas empresas.

Apesar de um crescente movimento de verticalização e especulação imobiliária, o centro comercial da cidade apresenta ainda alguns belos exemplos da arquitetura do período cafeeiro do início do século. Aliam-se em sua malha urbana, portanto, diversas qualidades arquitetônicas, desde esta histórica 'coleção' de casarões preservados, a edificações da era moderna presentes na forma de edifícios industriais, residenciais e de ensino e pesquisa.

### **5.1 A Consolidação Urbana e a Vocação Tecnológica de São Carlos.**

São Carlos corresponde a um dos casos de destaque no Estado de São Paulo e no país do que, na literatura, ficaram conhecidas como cidades da inteligência (FIRMINO, 2000) ou polos de desenvolvimento e atração tecnológica. Mas esta vocação não surgiu por acaso. Fatos relacionados desde a fundação da cidade desenvolveram-se historicamente para consolidar seu atual status. O que a levou a essa condição de cidade da inteligência com o desenvolvimento de uma cultura fortemente apregoada às instituições de ensino e pesquisa, relacionadas ao setor produtivo, foram peculiaridades de sua história. Segundo AMADOR (1990), esta história pode ser dividida, basicamente, em dois principais momentos: o ciclo inicial do café que proporcionou condições para a consolidação do segundo momento, o de polo industrial/ educacional.

Dentre as unidades de ensino e pesquisa situadas na cidade, destacam-se no sentido de maiores promotoras e incentivadoras da condição de cidade da inteligência, a Universidade de São Paulo (campus da USP com quatro unidades: Escola de Engenharia de São Carlos – EESC; Instituto de Física de São Carlos – IFSC; Instituto de Química de São Carlos – IQSC; e o Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos – ICMSC) e a Universidade Federal de São Carlos (a UFSCar,

dividida em 4 unidades: o Centro de Ciências Agrárias; Centro de Ciências Biológicas e da Saúde; Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia; e o Centro de Educação e Ciências Humanas).

É também importante a participação do Centro Universitário Central Paulista (UNICEP), que tem crescido de forma marcante e conta hoje com 23 cursos de graduação nas áreas de exatas, humanas e biológicas, além de diversos cursos de especialização em nível de pós-graduação. Na área de exatas tem cursos de Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção Matemática Computacional, Fisioterapia entre outros. Além disso, conta com vários grupos de pesquisas cadastrados no CNPq e em plena atividade.

Foi essa estrutura científica e educacional, juntamente com as suas outras condicionantes industriais, que transformou São Carlos em uma cidade propícia às inovações tecnológicas. Muitas das empresas de base tecnológica são criadas a partir de iniciativas empreendedoras, ou através de acordos com professores das universidades locais. Além disso, grande parte das empresas, em geral, traça como principais motivos para a sua instalação em São Carlos, o fato de ser o 'local de origem do empreendedor', e, em seguida, a presença de universidades.

A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) mantém duas unidades na cidade: o CPPSE – Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste e o CNPDIA – Centro Nacional de Pesquisa em Instrumentação Agropecuária. Destacados centros de pesquisas, essas unidades apresentam um importante fator de relacionamento da cidade com as regiões mais próximas, já que a região de Ribeirão Preto se sobressai pela produção intensa no setor agropecuário (ELIAS, 1996). Esses centros de pesquisa são importantes instrumentos na transferência de tecnologia ao setor produtivo.

O complexo produtivo tecnológico de São Carlos ainda é complementado com mais de 100 empresas de bases tecnológica que atuam na área de aeronáutica, automação, informática, instrumentação eletrônica, mecânica de precisão, novos materiais, ótica, química fina e robótica.

## 5.2 A Formação de Novas Empresas Industriais.

São Carlos tem uma característica muito desejada hoje em dia: a diversidade. Não se trata apenas da diversidade intelectual, inerente de quem tem *campi* de duas das maiores universidades do país e dois importantes centros de tecnologia aplicada da Embrapa, mas de uma grande diversidade de opções para negócios.

Entretanto, novos empreendimentos que têm escolhido a cidade como local para sua expansão, não têm encontrado a necessária infraestrutura para suas instalações. Para não dizer que não tem havido iniciativas do setor político no processo de viabilizar novas empresas no setor de tecnologia, a Prefeitura tem alienado lotes no chamado Centro Empresarial de Alta Tecnologia (CEAT). Este processo, no entanto não faz distinção nenhuma com relação ao tipo de empresa a ser ali instalada e não oferece nenhuma infraestrutura básica. As ruas não são asfaltadas, e a instalação de saneamento, bem como a drenagem em épocas de chuvas é quase inexistente.

Com relação ao estímulo ao empreendedorismo, a Fundação ParqTec realizou curso pioneiro no interior do Estado de São Paulo sobre Empreendedorismo Tecnológico no ano de 1994, com a participação de graduados e pós-graduandos, inclusive oriundos da UNICAMP, universidade não pertencente à região, o que confirma o pioneirismo da ação. Mais recentemente, nos anos de 2005, 2006 e 2007 a Embrapa Instrumentação Agropecuária tem realizado cursos de empreendedorismo tecnológico com a presença de diversos mestres, doutores e pós-doutores, além de professores universitários, refletindo um ambiente e uma cultura empreendedora madura construída há mais de vinte anos. A existência de duas incubadoras de empresas, uma gerenciada pela Fundação ParqTec e outra, denominada CEDIN, pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) auxiliam de forma significativa a criação de novas empresas de base tecnológica.

## 5.3. O Parque Industrial

É difícil dizer com segurança quantas empresas e como elas estão distribuídas por áreas e por localização na cidade de São Carlos. Fica

ainda mais difícil se o objetivo for classificar as empresas com relação ao número de empregados ou quanto ao tempo médio de existência, entre outros indicadores interessantes. O dado mais recente existente é o de um levantamento realizado pela CIESP no ano de 2000. Com base em muitas fontes e consultas diversas, pode-se chegar aos seguintes números para a cidade, os quais não devem ser considerados absolutamente, pois não foram resultados de um censo, mas sim de consultas diversas, portanto sujeitos a possíveis erros:

- Número de empresas: 580 (30% com mais de 10 funcionários, 30% com 4 a 10 funcionários, 25% com até 4 empregados e 15% não geram empregos);

- Empregos industriais na cidade: 30 mil empregos (sendo que quase metade é gerada por apenas 6 empresas);

- Tempo de existência: 50% acima de 12 anos, 30% de 3 a 8 anos, 17% de 9 a 12 anos e restante com menos de 3 anos;

- Faixa etária da maioria dos funcionários: 21 a 30 anos (50%), 30 a 40 anos (30%).

Dessas empresas, 122 são consideradas de base. Isso mostra que uma fração importante de empresas podem ser consideradas com apresentando teor tecnológico, comprovando a tendência da cidade em crescer neste setor.

Apesar de a cidade reconhecer a existência de dois distritos industriais (CEAT e Distrito Miguel Abdelnur) e duas incubadoras de empresas (ParqTec e Cedin), as empresas na cidade de São Carlos estão distribuídas de forma aleatória e dispersa por todas as regiões da cidade. Principalmente aquelas de base tecnológicas, são atualmente localizadas em diversas regiões da cidade. Nem mesmo as empresas incubadas têm recebido a devida atenção com relação a sua instalação pós-incubação. Como o período de pós-incubação é um período crítico para a sobrevivência futura da empresa, atenção especial deveria ser dada à empresa neste momento. O apoio gerencial bem como apoio logístico é fundamental para a continuidade da empresa.

Mais recentemente, a cidade tem recebido novas adições que a impulsionarão no sentido de acelerar o desenvolvimento tecnológico. Trata-se do Campus II da USP, do Centro de Manutenção e Desenvolvimento da TAM e da Escola de Medicina da UFSCar. Além

dessas, a cidade hospeda três dos dez Centros de Pesquisa criados pelo programa CEPID-FAPESP.

Atualmente, apesar do nascimento das empresas serem apoiados pelas incubadoras locais nota-se uma grande dificuldade por parte dos empreendedores para viabilizarem a instalação de suas empresas em um local que seja adequado aos seus objetivos de desenvolvimento, ou seja, em ambiente no qual sinergia positiva seja criada. Além das incubadoras e/ou após as incubadoras, as opções de espaço para se instalar uma empresa e tecnologia de forma adequada são escassas e carentes de qualidade.

## **5.4 As Áreas de Excelência em Ciência e Tecnologia na Cidade e Região.**

As áreas de excelência em pesquisa que se destacam no aglomerado de instituições de pesquisa são abaixo apresentadas.

### **5.4.1 Materiais**

Não resta dúvida que a primeira grande área de competência científica e tecnológica da cidade de São Carlos e região reside na área de materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos. Esse fato tem raízes históricas. Enquanto toda a região era essencialmente agropecuária no início do século XX, São Carlos, já se destacava como pólo prestador de serviços para esta produção. Oficinas, serrarias, beneficiamento de café e couro, dentre outros, foram os setores que obrigaram a formação de indústrias, principalmente na área da metalúrgica. Com a crescente demanda por estes materiais, a escola de Engenharia de São Carlos, da USP, logo deu início às pesquisas nessas áreas.

A evolução natural, conjugada a explosão metalúrgica no país na época do ‘milagre brasileiro’ motivou a formação de muitos grupos de pesquisa na área, gerando um contingente de competências e alunos graduados que viria a culminar com a formação do Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar (DEMA).

Dessa forma, praticamente todas as áreas das ciências exatas existentes em São Carlos e região têm uma forte vertente voltada para a

pesquisa dos materiais. Além, naturalmente do DEMA–UFSCar, outros grupos vêm trabalhando em pesquisas dessa área, nas seguintes instituições: IFSC/USP; EESC/USP (Mecânica); IQSC/USP; DEMA/UFSCar; Engenharia de Produção Materiais/ UFSCar; EQ/UFSCar; Química/UFSCar; Física/UFSCar; Química/UNESP (Araraquara); Física/UNESP (Rio Claro). Nessas instituições têm sido realizados trabalhos os mais variados e com grande impacto nacional e internacional. Os temas cobrem todo espectro de possibilidades dentro da área. Dentre as várias áreas de materiais, merece destaque especial a nanociência. Esta é uma área nascente, com grandes perspectivas tecnológicas. Sendo considerada a ‘ciência para o século. XXI’, seu impacto esperado pode ser comparado ao causado pelas telecomunicações.

Apesar de inúmeros laboratórios produzindo resultados científicos em nanociência, o único Centro do programa CEPID/FAPESP realizando fortes pesquisas nesta área, é o Centro de Materiais Cerâmicos coordenado pelo Professor Élon Longo e sediado na UFSCar em São Carlos, através de uma ação conjunta da UFSCar, UNESP e USP. O Centro promove pesquisa científica de fronteira e realiza inovações tecnológicas. Graças a ação do Centro CEPID de Materiais Cerâmicos, junto com outras iniciativas, a região vizinha de Santa Gertrudes, transformou-se no maior polo produtor de cerâmica de revestimento do Brasil. As ações deste Centro têm promovido constantes melhorias na produção do Aço Nacional, por intermédio de melhorias no material cerâmico dos alto-fornos e sistema de transferência do metal líquido.

Merece também ser mencionado que a cidade abriga o primeiro grande laboratório de análises de materiais, o CCDM/UFSCar – facilidade a nível nacional, criada para dar assistência aos vários grupos de pesquisa e indústrias. Este centro de análises conjuga, hoje, as técnicas mais modernas de análise e caracterização, tendo sido um marco de desenvolvimento e impulsionador das tecnologias na área de materiais. Merece destaque também o Instituto do Milênio em polímeros condutores, coordenado dentro do IFSC e que vem dando contribuições significativas para esta área em todo território nacional, promovendo o avanço da área a nível mundial.

No setor agropecuário, a Embrapa Instrumentação Agropecuária também conta com importante Grupo de Pesquisa voltado para o desenvolvimento de sensores com base na nanotecnologia, em parceria internacional com o Prof. Dr. Alan G. MacDiarmid, Premio Nobel de Química do ano 2000, o qual deu nome ao Instituto de Inovação e Negócios criado por essa Unidade da Embrapa.

#### 5.4.2. Óptica

As maiores lideranças de óptica no Brasil estão localizadas no estado de São Paulo. São Carlos e Campinas são os maiores centros no tema. Enquanto Campinas destaca-se principalmente pelos desenvolvimentos na fotônica para telecomunicações, São Carlos destaca-se pelos aplicativos da óptica em diversos campos como espectroscopia, laser em medicina, óptica não linear, espectroscopia de cristais orgânicos e inorgânicos e física atômica-molecular.

É difícil encontrar um campo do conhecimento que não faça uso direto ou indireto da óptica. Em São Carlos o campo da óptica começou com espectroscopia de cristais e depois evoluiu para outros temas. O primeiro laser construído no país foi feito em São Carlos pelo Professor Zerman, na época orientando de Artemio Scalabrin, que viria a começar um dos grupos de espectroscopia molecular em Campinas. O grupo de óptica de São Carlos, localizado no Instituto de Física de São Carlos (IFSC) foi o grande disseminador desta área na região. Ao longo dos últimos 20 anos foram formados pelo grupo cerca de 200 alunos em nível de pós-graduação. Pode-se afirmar que praticamente todos os demais grupos de óptica espalhados pelo Brasil possuem algum membro formado em São Carlos. Muitos dos alunos formados pelo grupo começaram outros grupos em vários locais, muitos na própria região de São Carlos.

Apresentam grupos trabalhando em óptica as seguintes unidades: IFSC/USP; EESC/USP (Elétrica); IQSC/USP; Física/UFSCar; EMBRAPA Instrumentação Agropecuária; Odontologia/UNESP (Araraquara); Química/UFSCAR

Na área de óptica, merece destaque o Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica, localizado no IFSC/USP, dentro do programa CEPID-

FAPESP. Este Centro conjuga mais de 100 pessoas trabalhando em diferentes tópicos de pesquisa básica e aplicada no ramo da óptica. Dentro das atividades do centro está uma forte vertente de inovação, responsável direta pela formação de varias empresas na área de óptica em São Carlos e região. Hoje em São Carlos temos cerca de 16 empresas diretamente atuantes no ramo da óptica, todas formadas direta ou indiretamente a partir dos trabalhos do Centro.

As pesquisas realizadas têm sido inovadoras no Brasil e mesmo em nível mundial. Exemplos importantes de ciência básica residem nas pesquisas pioneiras com átomos frios, incluindo a realização experimental do Condensado de Bose-Einstein e colisões envolvendo átomos frios que tem permitido entender detalhes extremamente finos da natureza atômica da matéria. Em São Carlos foi construído o primeiro relógio atômico a nível nacional. O pioneirismo das modernas técnicas de tratamento de câncer usando uma combinação de reações ativadas por luz cabe aos pesquisadores de São Carlos.

Uma forte cooperação universidade-indústria dá aos grupos de pesquisa a possibilidade de transformar conhecimento em produtos e riquezas. Só na área de óptica foram registradas cerca de 60 patentes nos últimos cinco anos pelas instituições de pesquisas e empresas da região. Uma vertente importante neste campo é a instrumentação óptica dedicada a vários setores, em especial o das aplicações médico-odontológicas. Instrumentos como lasers cirúrgicos, sistema a base de LEDs, microscópios cirúrgicos e de bancada, dentre outros, têm sido uma constante nos laboratórios de pesquisa. Este fato tem proporcionado a formação de inúmeras empresas que transformam esta instrumentação em produtos. Os desenvolvimentos realizados nas instituições de pesquisa de nossa região têm alimentado a inovação industrial em todo o estado, e mesmo o país.

### **5.4.3. Biotecnologia, Agropecuária e Fármacos.**

Nos últimos anos, as áreas de Agropecuária e Fármacos, deixaram de ser empíricas e passaram a incorporar conceitos científicos dentro de seus processos. Técnicas que de primeiro ficavam limitadas apenas a pesquisa científica no âmbito da física e/ou da química, hoje são



empregadas rotineiramente dentro da agricultura e pecuária. A 'cientifização' dessas áreas foi a grande responsável pelo massivo desenvolvimento experimentado ao longo dos últimos quinze anos e que transformou o seu panorama.

Em especial para São Carlos e região – com raízes históricas na agricultura do café e da cana – a conjugação de ciências exatas com as ciências da vida, produziu um efeito impulsionador de grande porte.

Graças a esta conjugação, formou-se em São Carlos uma unidade da Embrapa voltada ao desenvolvimento de instrumentação. Desde sua formação, esta unidade vem surpreendendo com suas propostas e com a ajuda que tem dado a agroindústria de toda região. Exemplos deste desenvolvimento estão na aplicação de técnicas de imagem por NMR (Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear) na seleção de sementes, técnicas ópticas no estabelecimento das condições do solo e nas técnicas de sensores de precisão para caracterização de sucos e sabores. O agronegócio na cidade e região tem crescido de forma vertical com a participação das universidades e das unidades da Embrapa. Na aplicação de instrumentação e técnicas modernas na agropecuária, a Embrapa Instrumentação Agropecuária tem contribuído de maneira importante para o desenvolvimento do setor não somente na região, mas de forma significativa em todo o país. Na área do agronegócio, a Embrapa Instrumentação Agropecuária já caminha fortemente para ser importante Centro gerador de tecnologia e instrumentação para o Programa Brasileiro do Biodiesel.

Da mesma forma que na agropecuária, os trabalhos realizados originalmente pelo grupo de cristalografia do IFSC, bem como do IQSC e do DQ-UFSCar, criaram todos os ingredientes necessários para progredir da determinação de estruturas de cristais para a determinação de estruturas de proteínas, aminoácidos, e várias outras biomoléculas fundamentais para a vida. Esta capacidade desenvolvida em São Carlos constitui-se na mais importante técnica para desenho de novos fármacos, onde localidades especiais de moléculas precisam ser entendidas para que se possa apreender seu principio ativo, etc.

Com este conhecimento, São Carlos transformou-se num centro de atração para projetos modernos nas áreas de biomoléculas. Consequência disso foi o estabelecimento do Centro Estadual de

Biomoléculas aqui em São Carlos, dentro do programa CEPID-FAPESP. O Centro de biomoléculas tem conseguido atrair projetos de todo Brasil. Os resultados desta grande capacitação começam, agora, a florescer com a formação de cursos especializados em biomoléculas e o interesse de empresas de fármacos em montar aqui seus Centros de Pesquisa. Um razoável número de patentes tem sido registrado nesta área, incluindo várias unidades de pesquisa, assim como um elevado número de mestres e doutores tem sido formados, criando o adequado contingente para o florescimento científico e principalmente tecnológico.

As unidades universitárias e institutos de pesquisa que realizam ativamente trabalhos neste ramo são: EMBRAPA Pecuária Sudeste; Instituto Internacional de Ecologia; IFSC/USP; EESC/USP (Mecânica); IQSC/USP; EMBRAPA Instrumentação Agropecuária; Química/UNESP (Araraquara); Biologia /UFSCar

É importante destacar também o papel que o Instituto Internacional de Ecologia tem exercido na região. Não apenas por lidar com temas de grande destaque no momento, mas por liderar pela primeira vez um trabalho de iniciativa não-pública realizado de forma profissional e para atender toda demanda das indústrias e da sociedade com relação aos temas relacionados com ecologia. Incluem-se dentro das atividades deste instituto, ações para preservação dos mananciais de água bem como preservação dos rios e lagos.

#### **5.4.4 Mecânica Fina.**

Apesar de existir apenas uma unidade na cidade envolvida com o tema de mecânica fina, este é um dos grupos mais expressivos de todo território nacional.

A competência e excelência do Grupo de Engenharia Mecânica de São Carlos foram reconhecidas na consolidação de um Instituto de Milênio na área de Mecânica Fina. Este projeto tem tido a preocupação de criar uma rede de colaboradores com objetivos comuns. Estando hospedado dentro do Departamento de Engenharia Mecânica da USP, o Instituto Fabrica do Milênio, tem atuado em várias frentes.

A área de excelência da mecânica fina em São Carlos é um grande diferencial para o desenvolvimento tecnológico da região. Praticamente

todos os demais ramos da engenharia são grandes usuários da mecânica de precisão. Assim, a formação de recursos humanos dentro da EESC-USP, tem sido fundamental para promover as demais áreas de excelência da região.

## 5.5 Instrumentação.

A fabricação de equipamentos e máquinas faz parte da própria evolução histórica da cidade de São Carlos, uma das primeiras cidades do Brasil a contar com energia elétrica, conforme atesta o sítio da CPFL em notícia sobre a inauguração do Museu da Energia na Usina Monjolinho: *A idéia de criar um museu interativo em Monjolinho deu-se principalmente em razão da usina ser a mais antiga do estado de São Paulo e, em atividade, a mais velha do Brasil também*<sup>18</sup>.

Com a forte atividade cafeeira na região ocorrida da segunda metade do século XIX até os anos 60 do século XX, São Carlos se destacou na fabricação de máquinas e equipamentos para o setor agropecuário, além de ser centro importante de indústrias de móveis. Essa atividade empreendedora foi fortemente induzida pela antiga Escola Industrial, com seus cursos técnicos em marcenaria e mecânica. Várias foram as empresas constituídas por seus ex-alunos na década de 50, 60 e 70. Com a criação de empresas de grande porte na década de 60, como as Indústrias Pereira Lopes, fabricante de geladeiras e a CBT - Companhia Brasileira de Tratores, fabricante de tratores agrícolas, uma vasta rede de fornecedores e *spin out* acabaram por consolidar na cidade e região uma forte indústria de máquinas e equipamentos. Esse processo, já intenso durante a primeira metade do século XX foi impulsionado fortemente pelas universidades e institutos de pesquisas criados na cidade de São Carlos na segunda metade do século XX, o que acabou por consolidar, além de uma forte base de indústrias de máquinas e equipamentos, uma forte indústria de instrumentação, visto que dos laboratórios das universidades e institutos de pesquisas os *spin off* se concentraram em

---

<sup>18</sup> CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz. <http://memoriaviva.cpf.com.br/nossas-origens/s%C3%A3o-paulo/cia-paulista-de-eletricidade.aspx?view=> acesso 19.03.2013 .

empresas com forte conteúdo tecnológico derivado das atividades científicas. Observa-se, portanto, uma evolução contínua de agregação de valor ao que é produzido fruto das descobertas científicas realizadas nas universidades e institutos de pesquisas.

Como resultado desse processo, a criação e fabricação de instrumentação de precisão passaram a ser também uma das marcas da evolução do ambiente científico-tecnológico de São Carlos. Empresas produzindo equipamentos de automação de processos, equipamentos médico-odontológicos, equipamentos para telecomunicações, sensores, instrumentação de precisão para a agropecuária podem ser encontradas no portfólio de empresas da cidade e região. Fato emblemático que ilustra esse esforço de união entre a ciência e tecnologia para gerar inovação e valor agregado para a sociedade foi a fabricação pelo IFSC-USP de um equipamentos de ressonância magnética nuclear doado à Santa Casa de Misericórdia de São Carlos, em pleno uso atualmente. Some-se a esse fato emblemático, os muitos equipamentos que têm sido fabricados pelas empresas da cidade para uso na área de saúde, segurança pública e agropecuária.

### **5.6. Inovação no Polo Tecnológico de São Carlos.**

Inúmeras são as inovações tecnológicas criadas no Polo Tecnológico de São Carlos que já se encontram difundidas no mercado. Variando de inovações de produtos a inovações de processos, contemplam desenvolvimentos havidos em todas as áreas de excelência da ciência e tecnologia desenvolvidas na cidade e região: novos materiais, equipamentos óticos, instrumentação agropecuária, equipamentos medico-odontológicos e também na área de software. Nem sempre as inovações são criadas nas instituições de pesquisas, ou nas empresas *spin off* de seus laboratórios. Também as empresas, de forma isolada, inovam em produtos e processos. Não somente inovações incrementais, a maioria, mas também inovações radicais para o mundo são criadas pelas empresas da cidade e região, como a “língua eletrônica”, criada pela Embrapa Instrumentação Agropecuária e a primeira seringa automatizada, para aplicação de anestesia odontológica, desenvolvida pela EDG Equipamentos e Controles (PERUSSI FILHO, 2003). Muito do

que reza a Lei de Inovação Federal, promulgada em Dezembro de 2004, já estava sendo praticada de forma tácita em São Carlos desde da criação formal do Polo Tecnológico, em 1984.

## **6. Oportunidades de cooperação Brasil-Italia no Polo Tecnológico de São Carlos.**

No item cinco foram tecidas considerações acerca da realidade e do potencial de São Carlos para o desenvolvimento de conhecimento científico e tecnológico que possa levar a inovações importantes para o mercado regional, nacional e internacional. A convergência, em uma única cidade de porte médio, de várias instituições de ensino e pesquisa, aliada a um ambiente empresarial pujante, com suas empresas de segmentos tradicionais da economia, além de mais de uma centena de empresas de base tecnológica e, por fim, de uma rede extensa de organizações de apoio à atividade empreendedora e de inovação, enseja a existência de muitas oportunidades para a internacionalização desses esforços via criação de laços internacionais. De fato, esses laços já existem com diversos países, fruto das interações promovidas pelo grupos de pesquisas das instituições universitárias e dos institutos de pesquisas. Entretanto, essas parcerias podem ser fortemente ampliadas, contemplando agora, além dos agentes de pesquisas, as empresas e, de forma especial, os agentes de pesquisas e as empresas italianas.

### **6.1. A imigração italiana e a industrialização**

Um dos fatores para se acreditar que é possível ampliar de forma significativa a cooperação de universidades e empresas italianas com suas congêneres de São Carlos e região, é a importante concentração de descendente de italianos que ainda dirigem empresas criadas pelos seus pais, italianos que aqui aportaram para dominar o comércio e a indústria, na virada e começo do século XX, criando, juntamente com outras cidades vizinhas, uma verdadeira pequena Itália na região central do Estado de São Paulo. Exemplos regionais são as cidades de Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Brotas, Ribeirão Bonito,

Dourado, Araraquara, onde grande contingente de imigrantes vieram para, entre outras coisas, substituir o trabalho escravo.

Exemplo dessa concentração e da dominação da indústria e comércio por esses imigrantes italianos, pode ser vista em alguns trechos da Monografia I, de Oswaldo Truzzi, sobre o Café e a Indústria, em São Carlos, no período 1850-1950<sup>19</sup>:

Michele Giometti era ferreiro numa pequena cidade da Itália Central (região de Toscana) e continua com seu ofício ao estabelecer-se em São Carlos com uma oficina de carroças.

Pietro Maffei, cuja profissão era oleiro na mesma cidade de origem de Giometti, realizou a imigração três anos depois de Giometti, em 1895. Antes de fixar-se em São Carlos, porém, residiu em Campinas, às custas de uma pequena olaria por ele montada.

Dante Ciarocchi, proprietário de uma empresa de porte médio, produtora de ferramentas na década de quarenta em São Carlos, explicou ao repórter de um jornal local que “nascera” dentro do ofício exercido por sua família na Itália há muitas gerações.

Do mesmo modo, Rugiero Mastrofrancisco havia frequentado uma escola para aprendizagem de serralheiro na Itália, em sua mocidade, e ao realizar a imigração para o Brasil, conseguiu montar uma pequena oficina de fabricação de grades, caixilhos, portões e outros artigos ferrosos, com base em seus conhecimentos outrora adquiridos.

... É o caso, por exemplo, de Abel Giongo, imigrante tirolês fabricante de queijos que, ao deixar a Europa, era primeiro tenente de cavalaria em Insbruck. Por causa disso, conseguiu que um amigo lhe concedesse uma carta de apresentação a Antonio Prado, presidente da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Anos mais tarde, Giongo se estabeleceu em São Carlos montando uma serraria.

A Casa Zambrano, por exemplo, embora como grande loja de comércio de secos e molhados importasse grande parte de seus produtos (ferragens, tintas, porcelanas, louças, cristais, bebidas, etc), não deixava por isso de também fabricar móveis numa oficina anexa aos seus armazéns. Facchina e Giometti, fabricantes de gelos, sorvetes, peneiras, rastelos, arfames, colas e adubos, eram grandes importadores dos “famosos vinhos Chianti, de azeites italianos, de latarias, de vidros belgas e de outras mercadorias<sup>20</sup>”. Cerri, proprietário em

---

<sup>19</sup> TRUZI, O. Café e indústria. São Carlos: 1850-1950. Arquivo de História Contemporânea, UFSCAR, 1986. p.213-225.

<sup>20</sup> O Diário (jornal). São Carlos. 4 de novembro de 1928.

1915 de um estabelecimento industrial que fabricava sabão, importava diretamente da Itália vinhos, azeite, queijos, conservas e outros generos<sup>21</sup>

Já Ricetti, filho de imigrantes italianos... resolvem montar em São Carlos uma indústria de máquinas têxteis

Os Fachina originários de Treviso, norte da Itália... Carlos... após algum tempo, comprou algumas máquinas de seu patrão e montou a sua própria oficina de móveis.

...conseguiu empregar-se como operário numa fábrica de cadeiras de outro imigrante italiano, Cassinelli.

Matheus Fazzari, outro imigrante italiano chegado ao Brasil em 1901... para fundar uma loja de comércio de couros, que depois se transforma em cortume...

Percebe-se, portanto, uma forte influência italiana no setor industrial que se consolidou em São Carlos junto com a força da cultura cafeeira. Além da indústria, o comércio e o setor de serviços foi fortemente influenciado pela imigração italiana, sendo que um radialista tradicional da cidade, nos anos 1990, costumava referir-se a principal área de comércio da cidade como “Baixa Calábria”, numa homenagem aos muitos comerciantes que possuíam seus estabelecimentos naquela região<sup>22</sup>. Esta era uma expressão que provavelmente procurava mostrar carinhosamente o apreço dos são-carlenses pelos imigrantes italianos, mas de fato, a história mostra que a maioria dos italianos emigraram da região setentrional da Itália para o município e da não da Itália Meridional, onde se situa a Calábria<sup>23</sup>.

Outros aspectos poderiam ser elencados para mostrar o impacto da cultura italiana na cidade e região, como a arquitetura e a gastronomia, por exemplo, ambos muito presentes até os dias de hoje. Assim, é de se esperar que essa cultura possa facilitar processos de cooperação que promovam a inovação.

Mas não somente o passado pode favorecer os processos cooperativos entre empresas e instituições italianas e brasileiras.

---

<sup>21</sup> ALMANACH de São Carlos para 1915. Organizador: Sebastião Camargo. Typ. Joaquim Augusto, 1915. p.42.

<sup>22</sup> GOBATO, A. C. Rádio Progresso de São Carlos. Anos 1990.

<sup>23</sup> TRUZI, O. Café e indústria. São Carlos: 1850-1950. Monografia. Arquivo de História Contemporânea CONTEMPO Contemporânea, UFSCAR, 1986. p.60.

Eventos relativamente recentes mostram que os esforços em prol dessa cooperação resultam em resultados interessantes.

## 6.2 – O exemplo do projeto de cooperação NASCENTE - Italia

Em fins dos anos 1990, mais precisamente no ano de 1999, a Associação de Empresas Nascentes de São Carlos e Região (NASCENTE), celebrou com a *Commission of the European Communities* convênio de cooperação para a aproximação de empresas de São Carlos e região, com empresas da Italia<sup>24</sup>. O objetivo do Convenio, com duração de um ano, foi o de aproximar empresas italianas de empresas da região de São Carlos. Numa primeira etapa, a iniciada em Agosto, consultores da Comunidade Europeia fizeram um levantamento das potencialidades das empresas de São Carlos e região para analisar potencial para parcerias com empresas italianas. Essa mesma atividade foi desenvolvida, posteriormente, na Italia, visando descobrir quais empresas italianas tinham interesse em iniciar conversações com empresas da região brasileira. Além do levantamento prévio de potencialidade e interesses, com posterior detalhamento, o projeto contemplou a realização de duas missões empresariais: a primeira com a ida de empresários e algumas lideranças de São Carlos para a Italia, ocasião em que foi apresentado o potencial da região para empresários italianos, além de ter propiciado aos empresários o conhecimento de empresas italianas interessadas em parcerias. A segunda etapa, onde o processo inverso ocorreu, foi a vinda de empresários e autoridades italianas à São Carlos para apresentarem suas potencialidades e conhecerem de perto as empresas cidade e região. Desse processo, que durou um ano, resultou alguns negócios que, infelizmente por força de várias circunstâncias não prosperaram. Entretanto, um deles prosperou e, por dificuldades da empresa brasileira em viabilizar capital condizente com as necessidades do empreendimento conjunto, acabou sendo direcionado para um parceiro americano, que atuava no Brasil, em outra cidade do Estado de São Paulo, o que acabou por tornar eficaz os esforços envolvidos, mesmo que a cooperação entre a empresa

---

<sup>24</sup> NASCENTE. Convenio. ECIP 1 –Action N. 3021-Brazil.



brasileira e a empresa americana, se desse fora da região. Esta fato evidenciou, à época, as dificuldades de capital de risco e financiamentos governamentais que pudessem dar a empresa sancarlense as condições para alavancar os esforços de aproximação e *joint venture* havidos com a empresa italiana, que era originária da região de Castiglione, nas proximidades de Milão.

Nas palavras do presidente da NASCENTE, à época, antes do início do projeto:

*O grande objetivo do projeto é fazer com que oportunidades de criação de novas empresas com capital nacional e italiano possam ocorrer ao final do projeto. “As empresas italianas estão muito dispostas a viabilizarem parcerias com empresas do Brasil e nós teremos com esse projeto uma grande oportunidade para mostrarmos a capacidade empreendedora típica de nossa cidade e região. Na realidade é uma grande oportunidade para globalizarmos nossas empresas, uma vez que negociar com empresas europeias é uma grande abertura para o mercado mundial. E o interessante para São Carlos e região é que a grande maioria das empresas italianas são pequenas como as nossas e possuem extremas flexibilidades para negociações comerciais. Eu particularmente tenho hoje relacionamento comercial com quatro empresas do norte da Itália, apesar de ser um micro empresário”<sup>25</sup>*

### **6.3. Cooperação entre universidades. O exemplo da cooperação entre a Escola de Engenharia de São Carlos e do Instituto Nacional de Óptica e Fotonica (EESC/IFSC/USP) com a Universidade de Parma**

A força da cultura italiana presente na cidade de São Carlos, seja fruto da imigração dos fins do século XIX ou da vinda de italianos que aqui se estabeleceram durante o século XX – além de milhares de descendentes -, ainda provoca benefícios e mostra o quanto as ações de parcerias entre instituições e empresas italianas e brasileiras podem prosperar.

Em meados de 2011, por contatos havidos entre o empresário italiano radicado em São Carlos, há muitos anos, Sr. Sabino Caricola, e o prof. Sergio Perussi Filho, intermediados por outro empresário, Sr.

---

<sup>25</sup> NASCENTE. Briefing enviado a imprensa. Documentos. 31março 1999.

Claudio Luiz de Oliveira, amigo comum de ambos, iniciou-se a aproximação de dois grupos de pesquisas, um da USP de São Carlos e outro, da Universidade de Parma. Assim, os grupos do Prof. Dr. Marcelo Becker, que atua na área de engenharia mecatrônica, com ênfase em automação, robótica, robótica móvel, sistemas de percepção e projeto de sistemas mecatrônicos, e que tem parceria em projetos com o Instituto Nacional de Óptica e Fotonica (INOF/Cepof), coordenado pelo físico Prof. Dr. Vanderlei S. Bagnato, e o grupo do prof. Dr. Alberto Broggi, do VisLab, *The Artificial Vision and Intelligent Systems Lab*, da Universidade de Parma, iniciaram, em 2012, projeto de interesse de ambos os grupos, de pesquisa em tecnologia relacionada com sistemas de navegação autônomos (veículos autônomos).

Estes são dois exemplos de um universo muito maior de cooperação que por certo já ocorre entre grupos de pesquisas e empresas de ambos os países. Aqui não se pretende listar, de forma completa, as ações de cooperação, mas sim enfatizar ações simples que podem ser desenvolvidas em benefício de ambos os países.

Fica patente, portanto, que ações desencadeadas de forma empreendedora, com a participação de italianos e brasileiros, já demonstram que é possível que ambos os países possam tirar proveito de um relacionamento que se evidencia histórico e produtivo para ambos. Destarte, fortalecer as oportunidades para parcerias entre as universidades e as empresas de ambos os países pode ser um caminho eficaz para o progresso recíproco.

## **7. Considerações Finais**

O paradigma da inovação aberta apresenta inúmeras oportunidades para o fortalecimento das cooperações universidade-universidade, universidade-empresa e empresa-empresa. Atento a esse novo paradigma e às oportunidades que a evolução histórica da cidade de São Carlos, cujas raízes industriais tem nos italianos a sua origem, aliada a um sistema de criação de conhecimento tecnológico construído pelos brasileiros, que tem no conhecimento científico tecnológico criado nas universidades e institutos de pesquisa, um potencial enorme para a criação de inovações, o fortalecimento das cooperações entre os agentes

econômicos dos dois países parece ser um caminho saudável para proveito de ambos.

Alguns exemplos mostram que ações simples podem resultar em ações conjuntas concretas. Para tanto, é importante atitudes empreendedoras, de ambos os lados, para que todos se beneficiem de seus resultados. A realização, em novembro de 2012, de um evento em São Carlos, coordenado pelo INOF/Cepof, reunindo representantes de instituições italianas e representantes brasileiros do setor universitário, empresarial e governamental, que inclusive, entre diversas ações desencadeadas, originou o projeto deste livro, mostra que é possível fazer mais do que historicamente tem sido feito. Para tanto é preciso atitude e ousadia, ingredientes fundamentais para a inovação.

## SOBRE O AUTOR

### Sergio Perussi Filho



É doutor e mestre em Engenharia de Produção pela EESCUSP; MBA pela University of Pittsburgh; bacharel em Química pelo IFQSC-USP (Instituto de Física e Química de São Carlos da Universidade de São Paulo); engenheiro de produção pelo DEP - UFSCar (Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos). É professor, pesquisador e coordenador de intercâmbios internacionais do UNICEP. É colaborador para difusão da inovação do INOF, Instituto Nacional de Óptica e Fotônica, do Instituto de Física de São Carlos,

da USP e da Agência USP de Inovação.

## Vanderlei Salvador Bagnato

Físico (USP) e Engenheiro de Materiais (UFSCar). Doutor em Física (Massachusetts Institute of Technology -MIT, EUA). Professor Titular do IFSC-USP, coordenador da Agência USP de Inovação e do Instituto Nacional de Óptica e Fotônica. Publicou 368 artigos científicos e 1062 trabalhos em eventos. Possui 18 capítulos de livros e 6 livros publicados. Orientou 34 dissertações de mestrado e 25 teses de doutorado nas áreas de Física, Odontologia e Medicina.

Atua na área de Física Atômica e de Terapia Fotodinâmica (PDT).  
Eleito para The Academy of Sciences for Developing World em 2009,  
eleito membro da Academia Pontifícia de Ciências em 2012  
e eleito membro da National Academy of Sciences (EUA) em 2013.



## Elson Longo

Assistente Técnico de Gabinete e Professor vinculado a Pós-Graduação do IQ e POSMAT da UNESP. Professor Emérito, Titular e vinculado à pós-graduação do DQ e DEMA UFSCar. Doutor em Físico-Química pelo Instituto de Física da USP-São Carlos, publicou mais de 770 artigos em revistas internacionais e mais de 760 trabalhos em Congresso. Orientou e co-orientou 65 teses e dissertações. Desenvolveu inúmeros projetos com empresas. Recebeu mais de 20 prêmios e menções honrosas. Mantém forte intercâmbio com instituições nacionais e internacionais de pesquisa na Espanha, França, EUA e Itália. Atualmente é Coordenador do Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia de Materiais em Nanotecnologia (CNPq/Fapesp), Diretor do Centro Multidisciplinar de Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (FAPESP). Ex-Presidente da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais. Membro da World Academy of Ceramics.

## Wilma Regina Barrionuevo

Fez 3 pós-doutorados na Universidade de São Paulo - USP, nas áreas de Engenharia, de Química e de Física, além de especialização em Gerenciamento de Projetos de Inovação Empresarial. Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina, mestrado em Ecologia e Recursos Naturais, pela Universidade Federal de São Carlos e doutorado em Ciências, pela UFSCar. Fez doutorado-sanduíche na Universidade de Nevada, nos Estados Unidos. Atualmente desenvolve as seguintes atividades junto ao Grupo de Óptica IFSC-USP: (1) Produz e gerencia projetos de Inovação Empresarial; (2) é coordenadora da Olimpíada Brasileira de Física em Escolas Públicas no Estado de São Paulo; (3) coordena as atividades paralelas da Olimpíada Brasileira de Física em todo Brasil; (4) é responsável pela produção e direção de programas televisivos voltados a ciências e a Inovação Tecnológica empresarial; (5) coordena o Museu Itinerante e o Museu Virtual da USP pelo projeto "A USP vai a sua Escola".



**COMPACTA**  
GRÁFICA E EDITORA

