

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PPGECO**

**FERNANDA SOBREIRA COSSATE VAN DE KOKEN**

**NANOTECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO: UM ESTUDO  
ECONÔMICO DO USO DA “LÍNGUA ELETRÔNICA” NA  
CAFEICULTURA.**

**VITÓRIA  
2006**

**FERNANDA SOBREIRA COSSATE VAN DE KOKEN**

**NANOTECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO: UM ESTUDO  
ECONÔMICO DO USO DA “LÍNGUA ELETRÔNICA” NA  
CAFEICULTURA.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia - PPGECON da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de mestre em Economia.

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sonia Maria Dalcomuni**

**VITÓRIA  
2006**

**FERNANDA SOBREIRA COSSATE VAN DE KOKEN**

**NANOTECNOLOGIA NO AGRONEGÓCIO: UM ESTUDO  
ECONÔMICO DO USO DA “LÍNGUA ELETRÔNICA” NA  
CAFEICULTURA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Mestrado em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisição parcial para obtenção do grau de mestre em Economia.

Aprovada em 22 de agosto de 2006

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sonia Maria Dalcomuni**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Orientadora**

---

**Prof. Dr. Robson Antônio Grassi**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**

---

**Prof. Dr. Paulo Roberto Martins**  
**Instituto de Pesquisas Tecnológicas do**  
**Estado de São Paulo.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

V225n Van de Koken, Fernanda Sobreira Cossate, 1980-  
Nanotecnologia no agronegócio : um estudo econômico do uso da  
"língua eletrônica" na cafeicultura / Fernanda Sobreira Cossate Van de  
Koken. – 2006.  
97 f. : il.

Orientador: Sônia Maria Dalcomuni.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,  
Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Ciência e tecnologia. 2. Agroindústria. 3. Café - Cultivo. I.  
Dalcomuni, Sônia Maria. II. Universidade Federal do Espírito Santo.  
Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 330

---

Aos meus queridos avós Antero Gama  
Sobreira e Rita de Souza Sobreira.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha orientadora Sônia Maria Dalcomuni por ter sido não só profissional, mas também uma pessoa generosa, amiga e companheira neste trabalho. Por ter me indicado os caminhos a seguir de maneira que me faz ter orgulho de ser profissional e mulher. Sem você realmente este trabalho não se teria concluído.

Agradeço ao Dr. Marcos Sampaio Meireles e a Dr<sup>a</sup>. Iolanda Maria Lopardi Leite por tudo que fizeram por mim no ano de 2005.

Agradeço ao meu marido Leandro Figueira Van de Koken por ter sido companheiro e amigo, por ter me dado à segurança necessária para minha caminhada. Por ter me incentivado em todos os momentos de minha vida. Sem você eu jamais conseguiria chegar até onde cheguei.

Aos meus pais que sempre me incentivaram e me amaram de forma incondicional.

À minha cunhada Antônia Figueira Van de Koken pelo apoio.

Ao Gustavo Figueira de Paula, proprietário da empresa BRSensor pelas informações técnicas sobre a "língua eletrônica".

A Deus, por ter me concedido saúde e paz.

“Este mundo é inconcluso;  
Além, há continuação,  
Invisível, como a música,  
Evidente, como o som”.  
(Emily Dickinson)

## RESUMO

Seguindo a tradição técnica schumpeteriana o presente trabalho fundamenta-se na concepção que a história da economia mundial é uma história de revoluções tecnológicas. Revoluções impulsionadas pelo desenvolvimento de novos produtos e novos processos de produção e distribuição, que incessantemente revolucionam o sistema econômico “a partir de dentro”. Nesse contexto argumenta-se que a sociedade contemporânea vivencia a emergência de um novo “paradigma tecnológico” caracterizado pela convergência das inovações nas áreas de nanotecnologia, biotecnologia, tecnologias de informação e cognição (Paradigmas das NBICs).

Essa dissertação resgata conceitos e idéias da economia evolucionista sobre o processo inovativo; descreve e resgata historicamente o desenvolvimento das nanotecnologias; enfoca uma inovação nanotecnológica específica: a “língua eletrônica” e por fim, discute seu papel nos programas e esforços de melhoria da qualidade do café no Brasil.

Palavras-chave: Nanotecnologia, língua eletrônica, cafeicultura.



## **ABSTRACT**

Following the Schumpeterian theoretical approach this work is founded in the conception that the world economic history is a history of technological revolutions. These revolutions are impel by the development of new products and new process of production and distribution that incessantly revolutionize the economic system “from inside”. In this context it is agued that the contemporary society lives the emergency of a new “technological paradigm” characterized for the convergence of innovations in the areas of nanotechnology, biotechnology, information technologies and cognition (the NBIC’s paradigm).

This dissertation ransoms concepts and ideas of evolutionary economics about the innovative processes; describe and ransoms historically the nanotechnologies development; focuses an specific nanotechnological innovation: ‘the cyber tongue’ and finally discuss it’s function in coffees quality improvement program in Brazil.

Key words: Nanotechnology, Cyber Tongue; Coffee Crop

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SUCESSIVOS PARADIGMAS TECNOLÓGICOS.....	29
QUADRO 2 - EXEMPLOS DE PRODUTOS NANOTECNOLÓGICOS .....	45
QUADRO 3 - INVESTIMENTOS GOVERNAMENTAIS DE P&D EM NANOTECNOLOGIA, 1997-2003. (EM MILHÕES DE DÓLARES/ANO) .....	48
QUADRO 4 – PROJETOS APOIADOS PELA AÇÃO APOIO A REDES E LABORATÓRIOS DE NANOTECNOLOGIA .....	58
QUADRO 5 - AS MAIORES INDÚSTRIAS DE CAFÉ .....	70

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - IMAGENS DE NANOPARTÍCULAS GERADAS POR COMPUTADOR.....	62
FIGURA 2 - DIMENSÃO NANOSCÓPIA .....	63
FIGURA 3 - LÍNGUA ELETRÔNICA.....	78

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ORÇAMENTO DE RECURSOS DO TESOUREIRO NACIONAL PREVISTOS PELO PPA 2004-2007 EM R\$.....	52
TABELA 2 - FACILIDADES IMPLANTADAS OU APOIADAS PELO PROGRAMA.....	53
TABELA 3 - FACILIDADES IMPLANTADAS OU APOIADAS PELO PROGRAMA, NÚMEROS DE USUÁRIOS E SETORES ECONÔMICOS ENVOLVIDOS.....	54
TABELA 4 - METAS DO PROGRAMA .....	55
TABELA 5 - DESCRIÇÃO DA QUALIDADE DA BEBIDA, COMPARADOS O PRIMEIRO E O SEGUNDO ANOS NAS FAZENDAS MODELO.....	72
TABELA. 6 - CUSTO DE PRODUÇÃO DAS FAZENDAS MODELO, SAFRA 1998,1999.....	73
TABELA 7 - RESULTADO DAS FAZENDAS MODELO.....	74

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - FUNDOS DESTINADOS A NANOTECNOLOGIA EM TODO MUNDO PELA INICIATIVA PRIVADA EM 2004 .....	51
GRÁFICO 2 - FUNDOS DESTINADOS A NANOTECNOLOGIA EM TODO MUNDO PELA INICIATIVA PÚBLICA EM 2004 .....	51
GRÁFICO 3 - IMPACTO DA LUCRATIVIDADE NAS FAZENDAS MODELO .....	75

## LISTA DE SIGLAS

ABIC – Associação Brasileira de Indústria do Café  
AIDS – Síndrome da Deficiência Imunológica Adquirida  
APL – Arranjos Produtivos Locais  
BEC – Bolsa Eletrônica de Compras  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CETCAF – Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café  
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
CO – Centro Oeste  
CPGGH – *Canadian Program in Genomics and Global Health*  
DNA – Ácido Desoxirribonucléico  
EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPA – *Environmental Protection Agency*  
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
FDA – *Food and Drug Administration*  
GAC – Grupo de Avaliação do Café  
IAO – Indicador de Aproveitamento de Oportunidades  
IBC – Instituto Brasileiro do Café  
IBM – *International Business Machines*  
IQNet – *International Certification Network*  
ITAL – Instituto de tecnologia de alimentos  
INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial  
IP – *Internet protocol*  
LNLS – Laboratório Nacional de Luz Síncrotron  
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia  
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*  
NANOSENSIM – Nanosensores Integrados e Microssistemas  
NASA – *National Aeronautics and Space Administration*  
NBIC's – Nanotecnologia, biotecnologia, tecnologias de informação e cognição  
NBR – Norma Brasileira de Referência  
NE - Nordeste  
Nm – Nanômetro  
NNI – *National Science Initiative*  
NSF – *National Science Foundation*  
N&N – Nanociência & Nanotecnologia  
OIC – Organização Internacional do Café  
PIB – Produto Interno Bruto  
PPA – Plano Plurianual  
PQC – Programa de Qualidade do Café  
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento  
P&D&I – Pesquisa, desenvolvimento e informação  
RENANOSSOMA – Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.  
PUC – Pontifícia Universidade Católica  
S - Sul  
SE - Sudeste  
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  
SNI – Sistema Nacional de Inovação

SSI – Sistema Setorial de Inovação  
STAR – *EPA,s Science to Achieve Results*  
TIC's – Tecnologias da Informação e Comunicação  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco  
UNB – Universidade de Brasília  
UFPR – Universidade Federal do Paraná  
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos  
USP – Universidade de São Paulo  
USPTO - *United States Patent and Trademark Office*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I – ECONOMIA DA INOVAÇÃO – CONCEITOS E IDÉIAS FUNDAMENTAIS. ....</b>	<b>19</b>
I.1 - O PAPEL DA INOVAÇÃO NA DINÂMICA ECONÔMICA.....	19
I.2 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS NA ABORDAGEM EVOLUCIONISTA: TECNOLOGIA, INOVAÇÃO, PARADIGMAS TECNOLÓGICOS.....	22
I.3 - AS TEORIAS DA INOVAÇÃO <i>DEMAND-PULL E TECHNOLOGY-PUSH</i> .....	30
I.4 - O CARÁTER SISTÊMICO DAS INOVAÇÕES - SISTEMAS DE INOVAÇÃO .....	32
<b>CAPÍTULO II – NANOTECNOLOGIA: HISTÓRICO E PANORAMA ATUAL.....</b>	<b>39</b>
II.1 - INOVAÇÕES NANOTECNOLÓGICAS: BREVE HISTÓRICO. ....	39
II.2 - POSSÍVEIS IMPACTOS ECONÔMICOS DA NANOTECNOLOGIA .....	44
II.3 - INVESTIMENTOS RECENTES EM NANOTECNOLOGIA.....	48
<b>II.3.1 - Um Panorama dos Investimentos no Mundo .....</b>	<b>48</b>
<b>II.3.2 - Um Panorama dos Investimentos Brasileiros.....</b>	<b>52</b>
II.4 - AS REDES BRASILEIRAS EM NANOTECNOLOGIA.....	56
II.5 - NANOSENSORES, SUAS POSSIBILIDADES.....	58
II.6 - O NANOSENSOR LÍNGUA ELETRÔNICA .....	66



<b>CAPÍTULO III – A NANOTECNOLOGIA DA “LÍNGUA ELETRÔNICA” E POSSÍVEIS IMPACTOS NA MELHORIA DA QUALIDADE DO CAFÉ.</b>	<b>68</b>
.....	
III.1 - A QUALIDADE DO CAFÉ ENQUANTO UM DESAFIO A SER ALCANÇADO PELO MERCADO BRASILEIRO. ....	68
III.2 - A LÍNGUA ELETRÔNICA COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA QUALIDADE DO CAFÉ .....	76
III.2.1 - A Língua Eletrônica no Contexto <i>Demand pull X Science push</i> .	81
III.3 - O PROGRAMA DE QUALIDADE DO CAFÉ.....	82
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>92</b>

## INTRODUÇÃO

As revoluções tecnológicas vêm ao longo do tempo modificando paradigmas antigos e revolucionando as formas de produção. As nanotecnologias juntamente com as biotecnologias e as tecnologias de informação vêm também revolucionando uma série de setores como as áreas da medicina, da agricultura, a indústria bélica, automobilística entre outras. Esta dissertação busca analisar o efeito da nanotecnologia no agronegócio do café por meio do nanosensor desenvolvido pela EMBRAPA de São Carlos, em São Paulo, a língua eletrônica. Nanotecnologias são tecnologias desenvolvidas em escala nanométrica, na qual um nanômetro é uma unidade um bilionésimo de vezes menor que o metro. Objetos nesta escala podem ter suas propriedades físicas modificadas, o que permite uma infinidade de aplicações em diversas atividades econômicas uma vez que propicia a obtenção de materiais mais resistentes e precisos, com propriedades físicas diversas de suas originais.

Embora o interesse do homem pelo estudo e aplicação das nanotecnologias seja recente, considera-se que suas origens se deram com a palestra proferida pelo físico americano Richard Feynman na Conferência de Física em 1959 e intitulada “Há muito espaço lá embaixo” (tradução nossa).

As nanotecnologias constituem-se em área de fronteira do desenvolvimento tecnológico e em um dos elementos básicos do que se está denominando de novo paradigma tecnológico das NBIC's – DALCOMUNI, 2005 entre outros –, assim multiplicam-se em diversos países os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento de produtos nanotecnológicos, numa escala que, de acordo com projeções do governo dos Estados Unidos, redundará num mercado mundial de produtos nanotecnológicos da ordem de US\$ 1 trilhão em 2015.

Os contatos iniciais de todo leitor à literatura sobre nanotecnologia parece conduzi-lo a textos de ficção científica, aparentemente ainda restritos à liberação da criatividade humana bem como distante de aplicabilidade prática e econômica.

Nesse contexto é que foi suscitado o interesse pelo tema dessa dissertação. Pequenas notas de divulgação sobre o desenvolvimento de uma nanotecnologia

para degustação (de café e vinho), desenvolvida pela EMBRAPA, instigaram à busca de informações e reflexões sobre a mesma, quais foram:

-‘O que é a língua eletrônica?’

-‘Qual a sua utilidade?’

-‘Como se desenvolveu essa tecnologia?’

-‘Trata-se apenas de uma invenção ou há possibilidade de sua comercialização em curto prazo?’

- ‘E por fim, se comercializada, quais tenderão a ser seus principais impactos na cafeicultura?’

Segundo a EMBRAPA, a língua eletrônica é parte do Programa de Qualidade do Café da ABIC, constituindo-se num nanosensor.

O Brasil se destaca há décadas como o maior produtor mundial de café sem, contudo, distinguir-se por qualidade do produto nem também participar do segmento mais valorizado do mercado mundial de café que é o de cafés especiais, torrado e moído, e de varejo.

Afirma-se entre os especialistas em mercado de café que o produto brasileiro ficou estigmatizado no mercado internacional como um produto de baixa qualidade. Não conseguindo obter premiações internacionais, nem mesmo quando o café atinge níveis mais elevados de qualidade, razão pela qual a ABIC lançou o Programa para Melhoria da Qualidade do Café.

Assim, aprofunda-se a última das questões de pesquisa: Como se espera que a língua eletrônica possa funcionar como fator de melhoria do café brasileiro e por consequência propiciar uma melhor *performance* econômica, desse último, no mercado internacional de café?

Para o desenvolvimento do presente estudo a dissertação foi estruturada como segue:

No primeiro capítulo explicita-se a abordagem teórico conceitual adotada, procedendo-se o resgate dos conceitos e idéias fundamentais constitutivos da literatura da Economia da Inovação. Assim, a partir dos autores que fundaram essa tradição teórica, Freeman, C. (1974); Lundvall (1984); Nelson e Winter (1982), dentre outros, trabalha-se com os conceitos de invenção, inovação, paradigmas tecnológicos e Sistemas de Inovação numa abordagem em que a tecnologia é conhecimento e a inovação tem caráter histórico e sistêmico, envolvendo elementos econômicos da esfera pública e privada e elementos institucionais. Além de fundamentalmente, ser fator endógeno ao sistema econômico 'revolucionando-se incessantemente a partir de dentro' (SCHUMPETER, 1943) de forma entrelaçada com a dinâmica e desenvolvimento nas áreas da ciência e tecnologia.

O segundo capítulo resgata o histórico do desenvolvimento das nanotecnologias, ilustra-se suas possibilidades de aplicação em diversas atividades econômicas e os investimentos que estão sendo realizados na área no Brasil e no mundo. As informações acerca dos investimentos mundiais foram, principalmente, buscadas no Instituto Nacional de Nanotecnologia dos Estados Unidos, na Agência de Proteção Ambiental Americana e em vários artigos vinculados a esses órgãos. No Brasil essas informações foram buscadas especialmente no Ministério da Ciência e Tecnologia, no plano plurianual para os anos de 2004 até 2007 do MCT para o desenvolvimento das pesquisas em nanotecnologia, além de vários artigos, principalmente relacionados às redes de nanotecnologia brasileiras. Neste capítulo, ainda, citam-se e analisam-se de forma não exaustiva alguns nanosensores hoje em desenvolvimento no mundo.

O terceiro capítulo destina-se ao estudo da língua eletrônica e de suas possibilidades para a melhoria da qualidade do café. Para tanto o capítulo contará inicialmente com um breve panorama acerca da qualidade do café brasileiro. Em seguida analisa-se o desenvolvimento deste sensor e por fim, foca-se o programa de qualidade do café, no qual se insere a língua eletrônica, e busca-se discutir o papel da língua eletrônica para a melhoria da qualidade do café.

Para finalizar, apresentam-se as principais conclusões do trabalho que apontam para a possibilidade de comercialização da língua eletrônica em curto prazo, a preços relativamente acessíveis para associações de produtores, cooperativas,

torrefadoras ou empresas exportadoras e para o fato que se a tecnologia desse nanosensor for capaz de propiciar a detecção com acuidade dos sabores da bebida do café, mesmo os mais complexos, ao identificar os defeitos, poderá funcionar enquanto ferramenta estratégica para melhoria do café brasileiro. Porém, para resultar em melhoria da *performance* do café brasileiro no mercado internacional, fazem-se também necessário esforços de longo prazo com foco na superação dos defeitos da produção e da comercialização do café brasileiro.

## **CAPÍTULO I – ECONOMIA DA INOVAÇÃO – CONCEITOS E IDÉIAS FUNDAMENTAIS.**

Economia da Inovação é a área teórica em economia, originada a partir do início dos anos 1970, com a publicação do economista inglês Christopher Freeman<sup>1</sup>, ao qual se somaram economistas e acadêmicos das áreas afins, inspirados em trabalhos clássicos dos economistas Joseph Schumpeter, Adam Smith e Alfred Marshall, principalmente, também denominada de economia neo-schumpeteriana ou evolucionária. Sob diversos aspectos, esses trabalhos teóricos enfocam o processo da inovação tecnológica em sua interface com a dinâmica econômica em vários níveis.

Neste capítulo busca-se discorrer acerca da inovação sob o arcabouço teórico da economia evolucionária. Nele são apresentados alguns conceitos importantes para o desenvolvimento da análise da inovação tecnológica como tecnologia, invenção, inovação, difusão e paradigmas tecnológicos. São enfocadas também as teorias da inovação *Demand Pull* e *Technology Push* e trabalhados os conceitos de Sistemas de Inovação delas decorrentes.

### **I.1 - O PAPEL DA INOVAÇÃO NA DINÂMICA ECONÔMICA**

Historicamente a teorização em economia desenvolveu-se, em grande medida, alheia às questões atinentes ao desenvolvimento tecnológico. A economia da inovação caracteriza-se por desenvolver a análise da evolução econômica numa perspectiva segundo a qual o desenvolvimento tecnológico constitui-se em elemento interno ao sistema econômico e que desempenha papel fundamental em seu processo evolutivo. Nesse contexto, provê-se, neste subitem, uma breve síntese das principais limitações da teoria microeconômica tradicional, na discussão do processo inovativo presente na literatura sobre mudança tecnológica.

---

<sup>1</sup> The Economics of Industrial Innovation, 1974

A teoria neoclássica tradicional possuía como foco central à teoria dos preços e de alocação de recursos, com as firmas exercendo um papel passivo. De acordo com Tigre (1998), podem ser verificadas algumas limitações dos princípios da teoria neoclássica, a partir das premissas abaixo relacionadas:

- A firma é vista como uma “caixa preta” que toma decisões acerca de preços, produção e combinação eficiente de fatores na busca da maximização de lucros;
- O mercado, embora possa apresentar situações transitórias de desequilíbrios, estabelece condições de concorrência e informação perfeita;
- A firma apresenta um tamanho “ótimo” de equilíbrio;
- As possibilidades tecnológicas são representadas pela função de produção, que especifica a produção correspondente a cada combinação possível de fatores;
- As tecnologias estão disponíveis no mercado, por meio de bens de capital ou sob a forma de conhecimento incorporado nos trabalhadores;
- Os agentes possuem racionalidade perfeita, diante de objetivos da firma de maximização de lucros.

Em paralelo à teoria neoclássica, desenvolveu-se a teoria da organização industrial, que recorre em grande medida ao modelo de “estrutura-conduta-desempenho”<sup>2</sup> para a realização de suas construções teóricas mais pautadas em pesquisas empíricas. Neste tipo de análise, a diferença existente entre o desempenho que cada firma experimenta se deve à estrutura e ao padrão de competição dos mercados em que elas atuam. Ou seja, o foco dado à determinação dos preços e quantidades de equilíbrio pela teoria neoclássica é, pela organização industrial, deslocado para a análise da estrutura de mercado.

---

<sup>2</sup> Modelo teórico analítico que reúne em um único corpo teórico as principais contribuições da Organização Industrial sintetizado por Scherer em 1970 resgatando diretamente conceitos de Mason (1939) que sugere um encadeamento causal da estrutura de mercado para a conduta das firmas e desta para o desempenho-econômico (SCHERER, 1970).

A estrutura de mercado é caracterizada por elementos tais como o número de participantes, diferenciação de produto, barreiras à entrada e estrutura de custos. Estes elementos em conjunto determinarão a conduta das empresas em relação à fixação de preços, estratégia de produto, investimentos em P&D, que, por sua vez, determinará o seu desempenho representado por produção e alocação de recursos, empregos, produtividade.

Admitindo a existência de uma estrutura de custos diferenciada entre as firmas e ao incorporar de alguma forma a questão da tecnologia (ou progresso técnico), ainda que numa perspectiva exógena, esta teoria poderia ser interpretada como um pouco mais avançada em relação à abordagem neoclássica para o progresso técnico. Embora, não se verifique também aí nenhuma preocupação explícita em explicar o progresso técnico e seu papel na formação e transformação das estruturas econômicas.

Nesta teoria, também são mostrados que os efeitos da introdução de inovações sobre uma dada estrutura de mercado possuem um caráter limitado, uma vez que essas inovações são condicionadas pela própria estrutura que está sendo transformada. Enfim, sua atenção maior é com os ajustes provocados em uma estrutura já consolidada, o que é reforçado pelo papel preponderante da estrutura sobre a direção do progresso técnico, sendo que a relação inversa é de influência bastante limitada (TIGRE, 1998). Em linhas gerais, permanece também nessa abordagem muito do caráter exógeno conotado ao progresso técnico pela teoria neoclássica.

Por sua vez, a estrutura teórica conhecida como neo-schumpeteriana ou evolucionária, constitui uma tentativa de construir um novo corpo teórico para o estudo da mudança tecnológica, enfocando a dinâmica do processo inovativo e seu papel para a evolução e configuração das estruturas econômicas. Enfim, este referencial ressalta o papel das inovações como elemento fundamental para o entendimento da dinâmica capitalista, aprofunda a análise dos determinantes e da dinâmica do processo inovativo em si até, finalmente, a análise das implicações econômicas das inovações na estrutura produtiva e dinâmica competitiva em geral.



Este referencial teórico, desenvolvido inicialmente por economistas ingleses e americanos (Freeman. C, Nelson. R, Winter. S, dentre outros) resgata as idéias desenvolvidas por Schumpeter, com destaque para as obras *Teoria do Desenvolvimento Econômico* (1911) e *Business Cycle* (1939). A inovação, para Schumpeter, é o elemento que possibilita a evolução do capitalismo. Por meio da inovação é possível o entendimento da procura do lucro.

Para Schumpeter (1911) o conceito de inovação tecnológica é bem amplo e pode ser entendido como:

- a) A introdução de um novo produto;
- b) A introdução de um novo método de produção;
- c) A abertura de um novo mercado, não associado previamente a um ramo particular da indústria;
- d) A conquista de uma nova fonte de fornecimento de matéria-prima ou produtos semi-elaborados; e
- e) A criação de uma nova forma de organização da produção.

Para melhor entendimento acerca do papel assumido pela inovação numa perspectiva evolucionária, é importante entender alguns conceitos fundamentais desta abordagem teórica. Neste sentido, o próximo subitem explicará conceitos de tecnologia, inovação, invenção e paradigmas tecnológicos e qual o seu papel para o processo de inovação tecnológica.

## I.2 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS NA ABORDAGEM EVOLUCIONISTA: TECNOLOGIA, INOVAÇÃO, PARADIGMAS TECNOLÓGICOS.

É necessário conceituar tecnologia, invenção, inovação e difusão para fins de uniformidade da linguagem.

- **Tecnologia**

Tecnologia deve ser entendida como “conhecimento” que pode estar materializado em máquinas, instalações, equipamentos, contudo, pode também se constituir em conhecimento abstrato explícito, quando codificado em manuais ou procedimentos diversos, ou intangível, quando são conhecimentos que guiam as ações dos indivíduos e das organizações em um determinado tecido econômico e social.

Ao longo da história, entretanto, o ser humano foi acumulando conhecimento, ou seja, foi substituindo velhas tecnologias por conjuntos de novos conhecimentos e novas tecnologias. Dessa forma, o desenvolvimento da sociedade, de uma forma geral, foi realizado pela substituição de antigas tecnologias por novas, mais condizentes com a realidade, porque foi fruto de um processo de aprendizado e adaptação. Entretanto, a evolução tecnológica é cada vez menos, fruto do acaso, mas ao contrário, está se tornando cada vez mais importante o direcionamento e o enfoque do desenvolvimento de tecnologias para áreas específicas de interesse da sociedade.

- **Invenção, inovação e difusão.**

Invenção, inovação e difusão também são conceitos que merecem atenção, nesse sentido, invenção “é conceituada como toda solução científica ou não para problemas específicos” (DALCOMUNI, 2000, p. 201); inovação é “a primeira introdução mercadológica de uma invenção” (DALCOMUNI, 2000, p. 201), e difusão é a replicação de uma inovação no sistema econômico, ou seja, é com a difusão que acontece verdadeiramente a mudança tecnológica.

Freeman (1974) distingue dois tipos de inovação: a inovação incremental e a inovação radical.

Na inovação incremental são realizadas apenas algumas modificações ou aperfeiçoamentos em aparatos tecnológicos já existentes, entretanto, esse tipo de inovação não se constitui numa mudança institucional relevante capaz de modificar o rumo ou o sistema econômico.

Por outro lado, a inovação radical provoca mudança no modelo tecnológico institucional em funcionamento. Não se consegue obter a inovação radical por meio

de mudanças incrementais em tecnologias já existentes, mas deve-se mudar todo um contexto. É necessário quebrar paradigmas.

- **Paradigmas tecnológicos**

De acordo com Dosi (1988, pág. 1227), um paradigma tecnológico pode ser definido da seguinte forma:

Como um modelo ou padrão de solução para os problemas técnico-econômicos selecionados, baseado em princípios e procedimentos selecionados derivados das ciências naturais, conjuntamente com regras específicas que objetivam adquirir conhecimento novo e resguardá-lo, sempre que seja possível, contra a rápida difusão para os competidores.

Desta forma, pela noção de paradigma, se relacionam problemas e soluções, pois este se constitui em modelo ou padrão de solução para os problemas tecnológicos selecionados, provenientes de princípios científicos e procedimentos tecnológicos previamente escolhidos.

Portanto, o paradigma tecnológico reproduz uma determinada percepção da realidade, trazendo consigo a idéia de progresso técnico em função das possibilidades de aperfeiçoamento das dimensões técnicas e econômicas da tecnologia em uso, que são importantes para a estruturação e desenvolvimento econômico. O conceito de paradigma assume que o desenvolvimento tecnológico possui uma lógica prescritiva, que informa quais as direções que devem ser seguidas e quais as que devem ser evitadas, permitindo a seleção dos problemas relevantes, os procedimentos de pesquisa e os critérios de progresso na solução dos problemas. Assim, o paradigma indica as oportunidades inovativas ao mesmo tempo em que impõe a rejeição de outras, possuindo, deste modo, um caráter altamente excludente.

Com isto, a seleção ou o impacto de um novo paradigma tecnológico dependerá de sua força para superar os paradigmas anteriores, do grau de penetração intra e intersetorial que possui e dos critérios de seleção dos mercados ou propriamente das necessidades dos usuários. As grandes revoluções tecnológicas, que transformam todo o sistema econômico, ocorrem a partir da introdução de novos paradigmas que sejam capazes de juntar um grande número de inovações radicais e incrementais para superar os paradigmas existentes, entrando assim em vários

setores. Contudo, como argumentam Lifschitz e Brito (1992), quando um determinado paradigma já está consolidado, as possibilidades das condições de mercado modificar as trajetórias são limitadas, pois existem fortes limitações técnicas e econômicas para que este fato ocorra.

E, em função disto, é que surgem as trajetórias tecnológicas que se constituem nos possíveis caminhos a serem seguidos pelo progresso técnico no interior de um determinado paradigma. Na verdade, seria o avanço da fronteira tecnológica por meio da existência de inúmeras trajetórias possíveis de serem seguidas para um dado paradigma. Estes possíveis caminhos são obtidos pela maneira ou modo de se realizar a formulação e a solução de problemas específicos no interior do próprio paradigma, onde: “[...] a trajetória tecnológica é a atividade de progresso tecnológico ao longo dos *trade-offs* econômicos e tecnológicos definidos pelo paradigma tecnológico” (DOSI, 1988, p. 1128).

Portanto, a trajetória direcionaria todos os esforços tecnológicos no sentido de resolver os “gargalos tecnológicos”. Sendo possível, por meio deste conceito, identificar as várias direções (trajetórias), ritmos e a abrangência do desenvolvimento tecnológico.

As direções das trajetórias tecnológicas dependerão tanto de fatores externos a firma, como a mudança nos preços relativos, quanto de fatores internos, por exemplo, os rumos de cada paradigma e as condições de cumulatividade, oportunidades e apropriabilidade. Enfim, a partir das características econômicas do processo inovativo, configuram-se assimetrias entre as firmas e dentro das estruturas produtivas, em função da possibilidade de formação de vantagens competitivas para as firmas que melhor aproveitarem estes fatores.

De acordo com Dosi (1988a), estas assimetrias têm como fonte aspectos tecnológicos ou comportamentais, podendo ser identificadas quatro tipos de assimetrias. Primeiramente, verificam-se assimetrias tecnológicas que se originam das diferentes capacitações técnicas das firmas no processo de inovação, expressas pelas diferenças na eficiência produtiva e no desempenho dos produtos. Assim, o grau de assimetria pode ser medido pela diferença tecnológica relativa entre as firmas de pior produtividade e as de melhor produtividade, ou seja, cada base

técnica corresponde a uma ordem hierárquica que possui como parâmetro às técnicas mais avançadas no interior de cada paradigma.

Em segundo lugar, a variedade tecnológica refere-se àquelas diferenças tecnológicas que surgem da forma como as firmas combinam os conhecimentos adquiridos às suas tecnologias e às suas especificidades na produção de seus produtos, mesmo quando existe certa similaridade entre as firmas consideradas. Percebe-se que as diferenças, por sua vez, estão diretamente relacionadas com os diferentes procedimentos de busca e com os diferentes alvos de inovação que as firmas perseguem. O terceiro tipo apresenta as assimetrias sob a forma de diversidade comportamental, referindo-se às diferentes estratégias adotadas pelas firmas, que incluem tanto aspectos tecnológicos como econômicos. E por fim, a diversidade organizativa que está associada à maneira como se organiza a estrutura interna da firma, afetando decisivamente a lógica da tomada de decisões pelos agentes produtivos.

Após a análise das principais características da tecnologia e de paradigmas tecnológicos, depara-se com a importância de entender como ocorre processo de busca, ou seja, o ritmo e a direção do processo inovativo e quais as possibilidades para se transformar uma oportunidade tecnológica em inovação. Segundo Dosi (1988a), o processo de busca por novas tecnologias pode ser caracterizado por “fatos estilizados”. Tais fatos são:

- ✓ Primeiro, há grande dificuldade de se prever o ritmo e a direção das inovações, isto porque o processo de inovação envolve um alto grau de incerteza, não conseguindo, portanto, saber com antecedência quais os problemas que irão surgir e quais soluções poderão ser encontradas. A incerteza é plena, pois não se tem conhecimento a priori em que resultará o processo de busca, tanto no aspecto técnico, isto é, o seu desempenho, quanto no econômico, quer dizer a possibilidade de aceitação pelo mercado.

“A inovação envolve um elemento fundamental de incerteza, que não se limita simplesmente à falta de informações relevantes, mas também, principalmente, da: (a) existência de problemas técnico-econômicos, cujos procedimentos de solução são desconhecidos e (b) impossibilidade de traçar precisamente as conseqüências das ações” (DOSI, 1988a, 222).

- ✓ Segundo, a existência de uma relação positiva entre os avanços científicos e os avanços tecnológicos, o que de acordo com Dantas (1992), permite que o incremento do conhecimento científico transforme-se na base para a geração de oportunidades de progresso técnico e, com isto, garante-se uma maior confiança no produto da busca tecnológica, mesmo frente à incerteza que está inserida no processo.
- ✓ Terceiro, as inovações surgem como resultado de pesquisas e investigações na procura de solução para os problemas, em que o desenvolvimento tecnológico, cada vez mais, localiza-se no interior da firma.
- ✓ O quarto fato estilizado, relata que um grande número de inovações e melhoramentos origina-se através de atividades informais e não apenas das atividades formais de conhecimento, como os laboratórios de pesquisa e desenvolvimento e as universidades. Dentre os principais processos de aprendizagem informal, destacam-se:
  - *Learning-by-doing*, em que a inovação surge por meio de aprendizado via processo produtivo, quer dizer, consiste no desenvolvimento cada vez maior da habilidade nos estágios de produção, gerando novos conhecimentos tecnológicos sobre como fazer melhor o que já se faz.
  - *Learning-by-using*, a inovação resulta do aprendizado obtido via utilização do produto/processo, que se reverte na melhoria das condições de produção e uso do produto. A necessidade de melhoramentos nos produtos pode ser evidenciada a partir de sua utilização, quando podem aparecer defeitos ou possibilidades de aperfeiçoamentos.
  - *Learning-by-interaction*, em que a inovação resulta do aprendizado ocorrido por meio da interação dos agentes do sistema produtivo; ou seja, com a intensificação do relacionamento entre produtores, clientes, fornecedores e universidades, podem-se obter melhoramentos ou inovações nos produtos ou processos produtivos.

Ao fazer uma análise criteriosa acerca destes dados, pode-se perceber que eles estão diretamente relacionados ao processo de aprendizagem, cujo

aperfeiçoamento ocorre através dos processos de difusão. De acordo com Dosi (1988a), tais processos de aprendizagem estão baseados em conhecimentos internos acumulados e em conhecimentos desenvolvidos em outros lugares, ou até mesmo, copiados de concorrentes. O processo de aprendizagem é, então, a maneira pela qual as firmas exploram domínios específicos de oportunidades tecnológicas, aperfeiçoam seus procedimentos de busca e melhoram suas habilidades no desenvolvimento ou manufaturamento de novos e melhores produtos.

- ✓ Quinto fato estilizado, o processo de mudança tecnológica não deve ser visto como uma simples mudança nas condições de mercado, pois a mudança tecnológica ocorre em função das características da própria tecnologia e do estado em que se encontra a tecnologia em uso, permitindo, dessa forma, direcionar o processo de inovação. Isto é, a base de conhecimentos anteriormente adquiridos é fundamental para a determinação e orientação das mudanças que ocorrerão. Assim sendo, os avanços tecnológicos dependem do que foi feito anteriormente — as mudanças tecnológicas e organizacionais em cada firma surgem de processos cumulativos de conhecimento (DOSI, 1988a). Dessa maneira, a firma terá maior capacidade de inovação no futuro dependendo do que foi feito no passado.

A partir dessa conceituação de paradigmas tecnológicos (DOSI, 1988a), desenvolve-se o conceito de paradigma técnico-econômico (FREEMAN E PEREZ, 1988), o qual compreende além do 'modelo tecnológico' já realçado, o modelo institucional que lhe é subjacente.

Freeman e Perez (1988), no contexto analítico de debate sobre os ciclos econômicos desenvolvem uma cronologia e caracterização de cinco paradigmas técnico-econômicos que caracterizam a evolução da economia mundial desde a Revolução Industrial, reproduzida no Quadro 1.

Ondas	Período	Descrição	Principais atividades	Fator chave	Infra-estrutura	Setores crescendo rapidamente
1ª	1770/80 a 1830/40	Mecanização	Têxtil, Corantes, Tecidos, Máquinas têxteis, Manufatura do Ferro, Energia motora - água	Algodão e ferro fundido	Canais, estradas	Máquinas a vapor, maquinaria
2ª	1830/40 a 1880/90	Máquina a Vapor e Ferrovias	Máquinas a vapor, Barco a vapor, Máquinas e ferramentas de ferro. Equipamentos para Ferrovias.	Carvão e transporte	Ferrovias, navegação mundial	Aço, eletricidade, gás, corantes químicos, engenharia pesada.
3ª	1880/90 a 1930/40	Engenharia elétrica e engenharia pesada	Engenharia elétrica e engenharia pesada, máquinas elétricas, cabos e fios, armamentos, navios em aço, química pesada, corantes sintéticos	Aço	Energia elétrica	Automóveis, aviação, rádio, alumínio, bens de consumo durável, petróleo, plásticos.
4ª	1930/40 a 1980/90	Produção em massa (Fordismo)	Automóveis, tratores, tanques, armamentos, aviões, bens de consumo duráveis, materiais sintéticos, petroquímicos, rodovias, aeroportos e linhas aéreas.	Energia (petróleo e derivados)	Auto-estradas, aeroportos, caminhos aéreos.	Eletrônica, telecomunicações, computadores
5ª	1980 a ?	Tecnologias da informação	Computadores eletrônicos, softwares, equipamentos de telecomunicações, fibras óticas, robótica, banco de dados, serviços de informação, cerâmica (novos materiais).	Microeletrônica, tecnologia digital	Redes e sistemas "informations high ways"	Biotecnologia Nanotecnologia atividades espaciais

QUADRO 1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS SUCESSIVOS PARADIGMAS TECNOCONÔMICOS

FONTE: DALCOMUNI (2000, P. 222) E LASTRES E FERRAZ (1999, P. 34).

Para Freeman e Perez (1988), no descompasso entre evolução tecnológica e evolução institucional reside à explicação para os períodos de expansão e crise dos ciclos econômicos. Esse tema, entretanto, foge do escopo de interesse da presente



pesquisa. Uma vez realçados a maior parte dos conceitos-chaves para a abordagem evolucionária do processo de inovação.

A introdução de inovações no sistema econômico é, segundo a abordagem evolucionária, o fator gerador da dinâmica econômica. As inovações revestem-se assim de caráter histórico e representam o resultado de um processo sistêmico de interação entre agentes econômicos – públicos e privados – e elementos institucionais – formais e informais –. Para um melhor entendimento dessas idéias basilares à abordagem evolucionária da Economia da Inovação, prover-se-á nos próximos subitens à explicitação dos conceitos-chaves dessa abordagem e seu entendimento dos fatores explicativos do processo inovativo por meio da reprodução do debate teórico da inovação *Technology Push X Demand Pull*.

### I.3 - AS TEORIAS DA INOVAÇÃO *DEMAND-PULL E TECHNOLOGY-PUSH*

É crescente na literatura de economia e negócios a ênfase que as inovações são elementos fundamentais à competitividade das empresas em nível micro e do crescimento econômico em nível macro. Se inovação é elemento fundamental à economia, como fazer para estimular sua multiplicação e sucesso? Balizados por estas indagações inúmeros autores ao longo dos anos 1970-1980 travaram um ‘clássico debate’ sobre as origens do processo inovativo<sup>3</sup>, conhecido como a contraposição das teorias da inovação: *Demand Pull X Technology Push*.

O século XIX pode ser considerado como um período no qual a combinação entre invenção e empreendedorismo tinha uma relação muito tênue, de modo que se destacaram aí pessoas como Eli Whitney – ferreiro, fabricante de pregos, inventor de máquinas-ferramentas para a indústria têxtil e inovador – , ou seja, pessoas relativamente comuns constavam entre os inventores da época.

Já o século XX, foi marcado como um período em que a profissionalização de equipes e departamentos de P&D e a necessidade de interação entre cientistas em

---

<sup>3</sup> Para uma síntese vide Freeman, 1974, capítulo 11 e Dalcomuni, 2006, p. 60.

universidades ou laboratórios se tornaram fator essencial para o desenvolvimento de tecnologias que requeriam um grau de conhecimento científico e tecnológico mais amplo do que os gerados pela observação casual, habilidade artesanal ou tentativa e erro em adaptação de tecnologias preexistentes. Exemplos de criações da época são a bomba atômica e o radar.

Para Schmookler apud Freeman e Soete (1997), a inovação é em sua essência uma atividade de dois lados, como as lâminas de uma tesoura. Assim, de um lado a inovação envolverá o reconhecimento de uma necessidade expressa por uma demanda por um determinado produto ou processo. Por outro lado, a inovação envolverá o conhecimento tecnológico, que poderá estar disponível de uma maneira mais generalizada, mas também inclui novos conhecimentos científicos e tecnológicos, fruto de uma pesquisa original. Tenta-se, na literatura sobre inovação, criar teorias fundamentadas em uma ou outra situação, ou seja, em uma ou outra “lâmina da tesoura”.

A ênfase na pesquisa original e invenção com a negligência do mercado cria a teoria *Technology Push*. Já a ênfase na demanda, de modo que é a necessidade de mercado que será responsável pelas inovações, cria a teoria *Demand Pull*.

Durante as décadas de 1970 e 1980 desenvolveu-se um debate longo a fim de dar suporte a uma ou outra teoria, cujo resultado foi à conclusão que ambas as teorias de modo algum são excludentes, mas sim complementares.

O sucesso de uma tecnologia desenvolvida sobre um aparato científico moderno e com capacidades técnicas perfeitas não é, por si, sinônimo de sucesso no mercado. Por isso existe a necessidade que o estímulo científico para o desenvolvimento de uma tecnologia esteja em harmonia com as necessidades de mercado. Em grande parte dos casos *Demand Pull* e *Technology Push* coexistem, ou seja, as duas teorias possuem um caráter importante em uma determinada inovação, não sendo, portanto, possível desassociá-las de uma mesma tecnologia. Elas simplesmente possuem um fator importante em determinado ciclo de vida de um determinado produto.

Dessa forma, inovações focadas em apenas um desses lados (ciência ou mercado) têm chances menores de se tornarem bem-sucedidas. Cientistas-inventores que

negligenciarem as necessidades específicas de um mercado ou a estrutura de custos de seus produtos tenderão a falhar, bem como empreendedores que não tiverem a competência científica necessária para desenvolver de forma satisfatória seus produtos ou processos (DALCOMUNI, 2006, p. 59 – 61).

A complexidade da evolução tecnológica, numa perspectiva econômica e das bases do conhecimento numa perspectiva científica, configura o processo inovativo como necessariamente resultante de um complexo processo de interações entre elementos que compõem e atuam nessas duas dimensões: 'sistema econômico' e 'mundo da ciência'. Nesse sentido, o estudo da inovação requer, segundo a abordagem evolucionista, a adoção de modelos teóricos desenvolvidos com vistas a propiciar o entendimento desse seu caráter sistêmico. Assim, são propostos os conceitos de Sistemas de Inovação, originariamente formulados por Lundvall, Freeman e Nelson em sua dimensão nacional e melhor detalhado no subitem a seguir.

#### I.4 - O CARÁTER SISTÊMICO DAS INOVAÇÕES - SISTEMAS DE INOVAÇÃO

O conceito de Sistema Nacional de Inovação foi primeiramente cunhado por Freeman (1988) em estudo desenvolvido sobre o Sistema de Inovação do Japão. Pelas definições do conceito de Sistema Nacional de Inovação, as elaborações de Freeman (1988), Nelson (1993) e Lundvall (1992) sintetizaram um grande número de pesquisas e estudos sobre os fatores determinantes do progresso tecnológico.

Os Sistemas Nacionais de Inovação foram conceituados como segue:

Um sistema de inovação é constituído por elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso de conhecimento novo e economicamente útil [...] um sistema nacional inclui elementos e relações, tanto localizadas ou enraizadas no limite do estado-nação (LUNDVALL, apud DALCOMUNI, 2000. p. 214).

[Num sentido estrito] inclui organizações e instituições envolvidas na busca e exploração (de novas tecnologias) (tais como Departamentos de P e D, institutos tecnológicos e universidades). [Num sentido amplo] inclui todas as partes e aspectos da estrutura econômica e aparato institucional que afetam o aprendizado bem como os processos de busca e exploração

(tecnológicas) – o sistema de produção, o sistema de marketing e o sistema financeiro (*IBIDEM*, 2000, p. 214).

Para Lundvall, um sistema nacional de inovações incluía organizações e instituições envolvidas na pesquisa; faziam parte dessas instituições departamentos de P&D, institutos tecnológicos e universidades. Ou seja, toda a estrutura econômica e institucional de um determinado país estaria envolvida e afetaria o conhecimento e aprendizado gerados (DALCOMUNI, 1997).

Para Freeman (*apud* DALCOMUNI, 2000, p. 214-215),

O conceito de “Sistemas Nacionais de Inovação” pode ser usado em dois sentidos: num sentido amplo engloba todas as instituições que afetam a introdução e difusão de novos produtos, processos e sistemas numa economia nacional; num sentido estrito engloba o conjunto de instituições mais preocupadas com atividades técnicas e científicas.

No entendimento de Nelson (*apud* DALCOMUNI, 2000, p. 215), o conceito de SNI é mais genérico:

O Sistema Nacional de Inovação é o conjunto de atores institucionais que, juntos, desempenham um papel principal em influenciar a *performance* inovativa.

Albuquerque (1996, p. 2) define Sistema Nacional de Inovação como:

[...] uma construção institucional, produto de uma ação planejada e consciente ou de um somatório de decisões não planejadas e desarticuladas, que impulsiona o progresso tecnológico em economias capitalistas complexas. Através da construção desse Sistema de Inovação viabiliza-se a realização de fluxos de informação necessária ao processo de inovação tecnológica.

Todo arranjo institucional envolve as firmas, as redes de interação entre empresas, agências de governo, universidades, institutos de pesquisa, laboratórios de empresas, atividades de cientistas e engenheiros e se articulam com o sistema educacional, com o setor industrial e empresarial, e também com as instituições financeiras, completando, dessa forma, o circuito dos agentes que são responsáveis pela geração, implementação e difusão das tecnologias.

Ocorre que os arranjos que configuram o Sistema de Inovação diferem entre os países; sendo assim, as firmas inovadoras de cada país possuiriam determinadas especificidades que as distingue umas das outras conforme: a) o seu relacionamento com instituições de pesquisa; b) o peso dedicado à ciência básica; c) o papel

exercido pelo governo acerca das articulações das instituições do sistema; d) o papel das pequenas firmas dinâmicas; e) as diferentes condições do sistema financeiro; e f) nível de profissionalização dos trabalhadores (NELSON, LUNDVALL, PATTEL & PAVIT, apud ALBUQUERQUE, 1996).

Devido a essas diversidades percebidas, Pattel & Pavitt (1994) ressaltam a necessidade e importância da comparabilidade, surgindo, dessa forma, uma classificação geral na qual se encontrariam os diferentes países em condições ambíguas. Esta classificação faz emergir três categorias que diferem entre si através de aspectos importantes dos Sistemas de Inovação:

- ✓ Primeira categoria: Envolve Sistemas de Inovação que fazem com que os países se mantenham na liderança do processo tecnológico internacional. Os países que compõem essa categoria são países capitalistas desenvolvidos, que possuem um sistema maduro capaz de manter o país na fronteira tecnológica, ou muito próxima a ela. Dois fatores são capazes de identificá-la:
  1. A capacidade de geração tecnológica.
  2. A participação na liderança da produção científica mundial.

Integram essa primeira categoria países como Estados Unidos, Japão, Alemanha, Inglaterra, França e Itália.

- ✓ Segunda categoria: É composta por países cujo objetivo central é a difusão de inovações. Eles têm elevado dinamismo tecnológico o qual, entretanto, não é formado pela sua capacidade de geração de tecnologia, mas pela elevada capacidade de difusão, proveniente de uma forte atividade tecnológica interna que os capacita à absorção dos avanços gerados nos centros mais avançados. Tais países são subdivididos em dois conjuntos: o primeiro formado por países pequenos de alta renda, a exemplo de Suécia, Dinamarca, Holanda e Suíça; e o segundo formado por países asiáticos de recente desenvolvimento que implementaram especialidades muito claras em determinados nichos de mercado: é o caso de Coreia do Sul e Taiwan.
- ✓ Terceira categoria: Formada por países cujo sistema de inovação ainda não se completou; apesar de terem construído sistemas de ciência e tecnologia,

estes não se constituíram em Sistemas de Inovação. Países como Brasil, Argentina, México e Índia pertencem a essa categoria. Apesar de possuir uma infra-estrutura mínima de ciência e tecnologia, nesses países há uma baixa articulação dessa infra-estrutura com o setor produtivo.

Tendo realizado uma avaliação geral do Sistema de Inovação do Brasil, Albuquerque (2000) relatou alguns dados importantes e que trazem uma bagagem de informações valiosas. Nos países pertencentes ao G-7, a porcentagem do PIB destinado a P&D é de 2,4% em média, ao passo que, no Brasil, esse percentual é de 0,8% do PIB. O setor público tem uma participação nas atividades de P&D de 70%; por outro lado, em países como os Estados Unidos, esse percentual é de 45% e no Japão, 20%.

A partir de estatísticas de patentes (ALBUQUERQUE, 2000), foi possível a identificação de características comuns a países mais avançados:

- Firmas nacionais (privadas e estatais) como líderes na obtenção de patentes;
- Índícios de firmas multitecnológicas;
- Elasticidade intersetorial entre P&D e patentes, compatível com os valores encontrados na literatura.

São características comuns a Sistemas Nacionais de Inovação imaturos:

- Participação elevada das patentes de indivíduos;
- Baixo envolvimento das firmas em atividades inovadoras;
- Falta de continuidade das atividades de patenteamento;
- Baixa sofisticação da divisão de trabalho interfirmas;
- Papel declinante do setor produtor de bens de máquinas e equipamentos;
- Caráter predominantemente adaptativo das atividades tecnológicas das firmas estrangeiras; e

- Diferenças entre o patenteamento no INPI e no USPTO, indicando que alguns setores líderes no patenteamento interno praticamente desaparecem nas estatísticas do escritório americano de patentes.

O desperdício de oportunidades criadas pela infra-estrutura pública de pesquisa é uma característica comum a outros sistemas também imaturos, como o da Índia e do México, e pode ser medido por meio do Indicador de Aproveitamento de Oportunidades, IAO, construído a partir de duas *proxies*. A primeira é a participação relativa do país no total mundial de artigos científicos publicados: uma *proxy* das atividades científicas do país. A segunda é a participação relativa no total de patentes concedidas pelo USPTO: uma *proxy* das atividades tecnológicas executadas pelo país em questão. Para a obtenção do IAO, divide-se a participação relativa no total de patentes concedidas pelo USPTO pela participação relativa no total mundial de artigos científicos. Patentes e artigos científicos devem estabelecer entre si uma relação de interconectividade, ou seja, ambos devem interagir.

A suposição básica, derivada da fundamentação teórica dos Sistemas Nacionais de Inovação, é que firmas, universidades e centros de pesquisa devam ter um grau razoável de interação. Caso não haja interação entre essas instituições constitutivas do Sistema de Inovação, haverá um baixo nível de interconectividade do sistema. Esse indicador pode contribuir para oferecer pistas sobre a qualidade dessas conexões. Para que um IAO seja considerado inferior, ele deve estar abaixo de 0,26. No Brasil, este índice é igual a 0,15, ou seja, está num patamar inferior ao lado de países como o México, a Argentina e a Índia — todos com Sistemas Nacionais de Inovação imaturos (ALBUQUERQUE, 2000). O índice de aproveitamento de oportunidades nos Estados Unidos é de 1,5 e no Reino Unido, que é o mais baixo entre os países desenvolvidos, é de 0,40 (*IBIDEM*, 2000).

Segundo esse autor, quando a participação do setor científico é razoavelmente superior à produção do setor industrial-tecnológico, determinando o IAO baixo, deriva-se o diagnóstico da existência de desperdício de oportunidades, comum em países com sistemas imaturos. Neste caso, o conjunto da infra-estrutura científica parece estar gerando informações e conhecimento não utilizados de forma apropriada pelo setor industrial e tecnológico (*IBIDEM*, 2000).

Em sua tese de doutoramento Dalcomuni (1997) desenvolve o conceito de Sistema Setorial de Inovação, no qual as análises são centradas nas firmas enfocando suas histórias, estrutura, organização e estratégias que integram uma análise integrada ao setor a qual faz parte, identificando a estrutura e a dinâmica tecnológica setorial. Naquele trabalho a ênfase era dada à Inovação Ambiental, porém o mesmo modelo pode ser utilizado para qualquer inovação.

Para Dalcomuni (2000, p. 219):

A ênfase no Sistema Setorial prende-se primordialmente ao fato de que, embora influenciada pelo escopo econômico-institucional do espaço geográfico no qual se insere, o que em última medida tende a definir o escopo geográfico das interações cooperativas para fins de desenvolvimento tecnológico de uma firma é o escopo geográfico de suas atividades econômicas, diretamente influenciado pela estrutura e dinâmica do setor no qual se insere, mais do que as condições econômico-institucionais da localidade na qual encontra-se instalada. Óbvio é, entretanto, que se tais aparatos lhe são favoráveis potencializam-se as condições de uma boa *performance*, porém isso não delimita a constelação de interações de “aprendizado tecnológico” e conseqüentemente *performance* inovativa da firma, nem os seus efeitos macroeconômicos (DALCOMUNI, 2000, p. 219-220).

O núcleo central de análise do Sistema Setorial de Inovação é a firma e, a partir dela o sistema econômico composto por firmas, associações empresariais, competidores, consumidores, clientes, fornecedores de insumos e equipamentos, fornecedores de serviços tecnológicos diversos, instituições financeiras e sistema institucional composto por instituições de ensino, pesquisa e treinamento, de reguladores e legislação diversa, dos hábitos, costumes e valores das políticas públicas que incidem sobre a atividade da firma. Este sistema econômico e institucional do qual a firma participa envolve a forma como a interação entre os agentes se estabelece pelas firmas para fins econômicos e inovativos.

Derivado dessa mesma concepção teórica tem se multiplicado no Brasil trabalhos de pesquisa empírica adotando o conceito de Arranjos Produtivos locais cunhado por Villaschi. A definição elaborada pela RedeSist<sup>4</sup> (2003) e adotada pelo SEBRAE é:

Arranjos produtivos locais são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais, com foco em um conjunto específico de

---

<sup>4</sup> Rede de pesquisa interdisciplinar, estabelecida em 1997. Seus estudos permitiram desenvolver e avançar a discussão sobre arranjos e sistemas produtivos locais. Engloba universidades, institutos de pesquisa e outras organizações em vários estados brasileiros, América Latina, Europa e Ásia.



atividades econômicas e que apresentam vínculos e interdependência. Geralmente, envolvem a interação de empresas – produtoras de bens e serviços finais, fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de consultoria e serviços, comercializadoras, clientes – e suas variadas formas de associação. Incluem instituições públicas e privadas voltadas para: formação e capacitação de recursos humanos, como escolas técnicas e universidades, pesquisa, desenvolvimento e engenharia; política, promoção e financiamento.

Os APL podem ser entendidos, como o modelo dos SNI com recorte geográfico local.

Apesar da distinção em detalhes, o elemento unificador dessas abordagens de Sistemas de Inovação é a ênfase nas interações entre agentes e instituições que propiciam e viabilizam o conhecimento necessário às inovações.

É com essa perspectiva sistêmica que buscar-se-á analisar o desenvolvimento do nanosensor, objeto deste trabalho. Antes, porém, cabe explicitar a conceituação, o histórico e o panorama atual do desenvolvimento das Nanotecnologias, foco do capítulo II, a seguir.

## **CAPÍTULO II – NANOTECNOLOGIA: HISTÓRICO E PANORAMA ATUAL.**

As discussões acerca do desenvolvimento da Nanotecnologia estão em voga atualmente, motivadas principalmente pela infinidade de possibilidades que advêm com o avanço das pesquisas na área. Essas tecnologias são desenvolvidas em nanoescala, ou seja, um bilionésimo de vezes menor que o metro e são obtidas através da manipulação dos átomos que compõem determinada matéria. A Nanotecnologia pode representar não somente um grande avanço na esfera científica, mas principalmente, pode representar profundas mudanças para a sociedade, a partir do momento que é possível à alteração da propriedade física de um objeto com a manipulação de suas nanopartículas. O exemplo mais citado pela literatura na área é o ímã que, em nanoescala, possui propriedade contrária à escala normalmente utilizada. Sendo assim, surge para as diversas indústrias uma variedade de possibilidades que poderão influenciar significativamente a sociedade de uma maneira geral.

### **II.1 - INOVAÇÕES NANOTECNOLÓGICAS: BREVE HISTÓRICO.**

A discussão acerca do tema Nanotecnologia iniciou-se com a conferência de Richard Feynman em 1959, na reunião da Sociedade Americana de Física. Naquela ocasião, esse físico causou perplexidade ao afirmar que “há muito espaço lá embaixo” referindo-se a capacidade que o ser humano poderia ter de manipular objetos em escala atômica. Nessa ocasião, o termo nanotecnologia ainda não havia sido cunhado, fato que aconteceu quinze anos depois com Norio Taniguchi, mas o que Richard Feynman se referia na época era exatamente isso, Nanotecnologia.

Morfologicamente, nano vêm do grego e significa anão, portanto Nanotecnologia se dirige e é aplicável a objetos em escala nanométrica. Um nanômetro mede um bilionésimo de metro (MELO, 2004). Como ilustração do que é um nanômetro, um fio de cabelo possui 50.000 nanômetros, a célula de uma bactéria possui centenas de nanômetros, as coisas que podem ser observadas a olho nu possuem cerca de

10.000 nanômetros (ALVES, 2004). Lidar com o muito pequeno é um desafio, pois não se está acostumado a lidar com objetos em escala atômica. Assim sendo, percebeu-se a necessidade de criação de aparelhos capazes de visualizar o muito pequeno, capazes de mostrar com clareza as estruturas em escala nanométrica, e é nesse sentido que a criação dos microscópios eletrônicos de tunelamento por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer se tornou um grande avanço no estudo da Nanotecnologia à medida que tornou possível a visualização de coisas nessa escala. Depois de desenvolvidos tais aparelhos, possibilitou-se não apenas visualizar o muito pequeno, mas também a manipulação de objetos em escala nanométrica e assim descobrir novas propriedades das matérias. Em escala nanométrica elementos e produtos não apenas são menores, mas mudam suas características. A justificativa para essa mudança de propriedade é dada pela Teoria Quântica que explica, entre muitas coisas, o comportamento dos elétrons dentro da matéria e o seu comportamento em amostras com número muito reduzido de átomos, situação na quais os elétrons se comportam de forma parecida com as vibrações de uma corda de violão.

Esta limitação sobre o movimento dos elétrons, conhecida como confinamento quântico, tem efeito direto sobre diferentes propriedades físicas das amostras nanoscópicas, como, por exemplo, sua cor e sua condutividade elétrica. (MELO, 2004, p.10-11).

Perguntar-se-ia dessa forma, que importância tem a descoberta de novas propriedades que surgem com a diminuição para escala nanométrica de objetos? Pode-se afirmar que:

[...], as nanotecnologias buscam se aproveitar das novas propriedades que surgem nos materiais quando em escala nanométrica para, através do controle do tamanho e da forma dos nano-objetos, conseguir a preparação de novos dispositivos tecnológicos com finalidades específicas. (*IBIDEM*, 2004, p.11).

Há duas maneiras de se obter materiais nanométricos, na primeira forma utiliza-se o procedimento “de baixo para cima” e na segunda, usa-se o procedimento “de cima para baixo”. Na primeira, efetua-se um processo de montagem, átomo a átomo, molécula por molécula até que a estrutura esteja completa. Na segunda, um material é trabalhado reduzindo-se o tamanho por desbaste de suas partes e/ou retiradas de átomos e moléculas até a obtenção da nanomatéria buscada.

As Nanotecnologias têm sido desenvolvidas nas mais diversas áreas, Melo (2004, p. 15) cita algumas áreas, nas quais a nanotecnologia desponta como uma alternativa promissora tais como:

Na mecânica: Desde metais até as cerâmicas são formados pela união de vários grãos em tamanhos microscópios e nanoscópios. Quanto menores forem esses grãos, mais duros e resistentes se tornam esses materiais, nesse sentido o papel da Nanotecnologia é a construção de objetos cada vez mais leves, fortes e resistentes. Pode-se considerar como um exemplo de produto nanotecnologicamente desenvolvido os nanotubos de carbono que são produtos nanotecnológicos mais leves e resistentes do que o aço.

Na medicina: A Nanotecnologia assume um papel importante como, por exemplo, no desenvolvimento do sistema de administração de medicamentos (*drug delivery systems*). Com a construção de macromoléculas nanométricas que funcionarão como uma gaiola química que armazena a molécula da droga ou o princípio ativo de um medicamento. Essas macromoléculas atuarão como um vetor que transportará o medicamento no organismo e assumirá a função de controlar a liberação da droga no organismo. Com a atuação desse mecanismo nanotecnológico, a liberação do medicamento será mais eficiente além de haver uma diminuição dos efeitos colaterais causados pelas drogas.

Os compósitos de polímeros e as nanopartículas cerâmicas e metálicas: Um compósito é formado pela mistura homogênea de duas ou mais espécies de materiais. Essa amálgama faz com que o material resultante dessa mistura possua determinados graus da propriedade de cada um dos materiais, podendo, portanto, reunir um conjunto de propriedades inerentes aos produtos associados. As propriedades mecânicas, elétricas e óticas dos materiais podem também ser alteradas pela incorporação de partículas nanométricas de cerâmicas e metais.

Exemplo disso é a recente tendência de se desenvolver uma eletrônica totalmente polimérica, que tenha por base a integração, em um mesmo compósito, de componentes ativos (como transistores e processadores) fabricados em regiões contendo maior concentração de um polímero conduto em componentes passivos (resistores e capacitores) que se valham das propriedades resistivas da matriz formada por um polímero convencional. (*IBIDEM*, 2004, pág.17)

Propriedades ópticas dos nanomateriais: A cor da luz emitida por um determinado objeto depende de seu nível eletrônico, que por sua vez, está intimamente relacionado com o tamanho característico da nanopartícula do qual é formado. Quanto menor o tamanho de determinado objeto, como o vidro, por exemplo, mais confinados ficarão os seus elétrons de modo a ficar em níveis discretos de energia. Assim é possível controlar a cor dos nano-objetos pela escolha de seu tamanho.

[...] a nanotecnologia busca desenvolver lasers e diodos preparados a partir de materiais semicondutores de tamanho nanométrico, que possam assim emitir luz com frequências bem definidas e apropriadas para diferentes tipos de aplicações (*IBIDEM*, 2004, p. 17).

Propriedades magnéticas nos nanomateriais: As propriedades magnéticas de determinados materiais dependem intimamente do seu tamanho. Materiais como o ferro, por exemplo, que é muito usado na fabricação de ímãs, quando em tamanho menor que 10 nanômetros abandonam tal propriedade. É possível a construção de filmes metálicos com espessura de 1 nanômetro que unidos em multicamadas de materiais magnéticos unidos a filmes metálicos não-magnéticos estão sendo utilizados e aplicados em cabeças de leitura e gravação de discos de computadores.

Nanoeletrônica: É possível a construção de transistores, utilizados na fabricação de computadores, muito menores por meio da Nanotecnologia, com essa diminuição os transistores terão capacidade de processamento muito maior que os atuais. Atualmente os transistores são fabricados baseados no silício, com a nova técnica eles passarão a ser construídos utilizando-se nanotubos de carbono e moléculas orgânicas.

Indústria automotiva e aeronáutica: Com a construção de materiais mais leves, entretanto ao mesmo tempo mais resistentes, a indústria automotiva e aeronáutica poderá perceber de forma direta os efeitos da Nanotecnologia com a fabricação de pneus mais duráveis e ao mesmo tempo recicláveis, tintas que não sofrerão os efeitos da salinidade do mar, plásticos não inflamáveis e menos caros, tecidos e materiais com características de auto-reparação.

Indústria eletrônica e de comunicação: Os dados serão registrados por objetos que irão se compor de nanocamadas e pontos quânticos, as tecnologias sem fio. Segundo Oswaldo Luiz Alves, haverá a criação de novos aparelhos e processos que se encontrarão dentro de todos os aspectos da Tecnologia da Informação e da

Comunicação, os dados serão tratados de forma mais rápida e poderão ser melhores armazenados.

Indústria química e de materiais: Nanocompósitos que combinarão propriedades de materiais diferentes como polímeros e argilas, fluidos magnéticos que possuem inteligência e que atuarão como lubrificantes, ferramentas de corte mais duras e resistentes, catalisadores que aumentarão a eficiência energética na indústria química e que contribuirão com a diminuição da poluição por meio de maior eficiência na combustão de veículos motores.

Indústria farmacêutica, biotecnológica e biomédica: Medicamentos fabricados com nanoestruturas e medicamentos com maior precisão na difusão da droga no organismo. Fabricação de próteses mais compatíveis com os órgãos humanos, materiais que serão responsáveis pela regeneração de ossos e tecidos.

Setor de instrumentação: Construção de novos aparelhos, como microscópios que aumentarão a capacidade de visualização de objetos em escala nanométrica e possibilitarão, com maior precisão, a manipulação da matéria. Materiais criados a partir de nanopós e nanoestruturas que serão capazes de corrigir fraturas e participar da reconstrução de estruturas moleculares.

Setor de energia: Serão fabricados novos tipos de baterias que, juntamente com um processo de fotossíntese artificial, produzirão energia de maneira ecológica; o armazenamento de hidrogênio para o uso como combustível limpo. Como serão utilizados materiais cada vez mais leves e de circuitos menores haverá economia de energia.

Exploração espacial: Os veículos utilizados em exploração espacial terão estruturas cada vez mais leves e ao mesmo tempo mais resistentes. A NASA está desenvolvendo um nanosensor para controle dos níveis da radiação que será explorado no subitem II.5.

Meio ambiente: A Nanotecnologia pode ser empregada para a diminuição dos níveis de poluição, por exemplo, através da fabricação de membranas seletivas para filtragem de contaminantes que, poderão ainda, filtrar o sal da água marinha. Serão fabricados alguns dispositivos capazes de retirar a poluição dos efluentes industriais.

Assim, poderá haver redução nos níveis de poluição a partir do momento em que serão criadas nanoestruturas que reduzirão as fontes responsáveis por elas.

Defesa: Criação de mecanismos de defesa como detectores e remediadores de agentes químicos e biológicos mais eficientes; materiais mais resistentes; fabricação de tecidos mais resistentes, mais leves e que ao mesmo tempo possuam uma característica auto-reparadora. Haverá uma tendência de miniaturização de mecanismos de defesa.

Apesar de a Nanotecnologia despontar como uma possibilidade atual e nova, alguns processos já vêm sendo utilizados há algum tempo. Como exemplo se pode citar a utilização há pelo menos um século que partículas de carvão, do tamanho de alguns nanômetros, que são usadas como aditivo reforçado em pneus automotivos.

Um caso atual reside na utilização de proteínas nanométricas utilizadas em vacinas comuns. Fios nanométricos também existem há um bom tempo e são utilizadas para a integração de nanocircuitos eletrônicos, entretanto tal mecanismo ainda não tomou uma proporção comercial devido ao fato que ninguém conseguiu criar um dispositivo que faça uso do recurso, a não ser em experimentos de laboratório. Há a perspectiva que esse mecanismo ganhe escala comercial dentro de um período de dois a três anos. (REBELO, 2005).

Analisando, portanto, todas as possibilidades potenciais da Nanotecnologia, é inegável a necessidade de investimento em pesquisa e desenvolvimento a fim de garantir a participação na revolução tecnológica que ela significará juntamente com as Biotecnologias e Tecnologias de Informação de 3ª geração.

## II.2 - POSSÍVEIS IMPACTOS ECONÔMICOS DA NANOTECNOLOGIA

Segundo Dalcomuni (2004 e 2005), os desenvolvimentos em Nanotecnologia têm configurado a formação de um novo paradigma. O paradigma das NBIC'S, ou seja, como evolução do paradigma das TIC'S, onde as Nanotecnologias em conjunção com Biotecnologias, Informática e Tecnologias Cognitivas (Inteligência Artificial),

estão configurando um novo paradigma tecnológico com impactos de reestruturação em praticamente todas as áreas do saber hoje conhecidas.

Para Rocco (2003, p. 182) em termos econômicos a previsão do governo americano é que o mercado de produtos com Nanotecnologia ultrapasse US\$ 1 trilhão em 2015 e gere cerca de 2 milhões de trabalhadores na área, em decorrência do crescimento constante dos investimentos em P&D&I em Nanotecnologia e na comercialização de produtos com conteúdo nanotecnológico. Destacando-se entre os produtos hoje comercializados os da indústria de cosméticos. Para o autor, para cada emprego gerado na área, existe a capacidade de criação de mais 2,5 postos de trabalho em áreas correlatas. Neste sentido a Nanotecnologia possui o potencial de criação de mais de 7 milhões de postos de trabalho.

O Quadro nº. 2 mostra alguns exemplos de produtos nanotecnológicos.

Aplicação de uso final	Sistemas terapêuticos	Componentes	software	Equipamento de capital	Imagens
Bolas de tênis e capas para raquetes, Câmeras, Respiradores, Lâmina de navalha, Cosméticos Protetor solar, Garrafas de cerveja	Remédios, Sprays, Roupas para queimaduras, Componentes de equipamentos médicos	Transistores, Funis, Catalisadores, Pára-choque, Espelhos domésticos, Células de combustível, Polarizadores, Pratos de microondas.	Modelagem Controles para microscópios, *Auxílio de computador para design de navegação	Posicionadores, Vigas, Casacos, Manipuladores de sonda, Máscaras de litografia, Resistências	Microscópios, Feixe de elétrons, Raio X

QUADRO 2 - EXEMPLOS DE PRODUTOS NANOTECNOLÓGICOS

Fonte: EPA, 2005, p. 7

De acordo com Rocco (2003, p. 184-185), algumas questões devem ser levadas em consideração para avaliar as implicações sociais da Nanotecnologia.

São elas:

- a) As implicações sociais devem ser julgadas fazendo um balanceamento dos objetivos a serem alcançados previamente determinados e aqueles resultados indesejáveis que possam resultar numa combinação tanto de benefícios



quanto de riscos não determinados previamente. Um exemplo disso é a expectativa de resultados positivos relacionadas às medicações “inteligentes” que levarão de forma precisa o medicamento às células doentes. Por um lado, isso poderá trazer o benefício da cura com minimização dos efeitos colaterais e por outro lado, poderá fazer com que nanopartículas indesejáveis penetrem as células de modo a não se tornarem compatíveis com o organismo da pessoa.

- b) As implicações sociais da Nanotecnologia se aplicam e influenciam uma variedade de áreas do conhecimento humano passando desde a área tecnológica, ambiental, médica, moral até a filosófica.
- c) A natureza já trabalha em nanoescala, sendo, importante a análise de como uma nanopartícula atuará no meio ambiente e quais conseqüências elas poderão trazer.
- d) As implicações sociais da Nanotecnologia não influenciarão somente um país, mas resultarão numa perspectiva internacional no sentido que expandirá o conhecimento fundamental da humanidade e suas conseqüências filosóficas, desenvolverá os mercados, a competição internacional e a produção de competências.
- e) Há uma complexa estruturação dos fatores tais como, a criatividade individual, organizações, a transferência de tecnologia, interações econômicas regionais e interdisciplinares e estrutura internacional. Todos esses fatores estão numa interação dinâmica que deverá ser considerada.
- f) Há um atraso entre as primeiras descobertas científicas e os estudos de suas implicações sociais.
- g) É importante, que o público, de maneira geral, entenda a que riscos está exposto, e se os seus efeitos serão aceitáveis.
- h) É importante aprender com as primeiras revoluções industriais, tanto os seus efeitos negativos quanto os seus efeitos positivos.

A busca por um desenvolvimento que seja sustentável, ou seja, “o desenvolvimento que permite a geração presente satisfazer as suas necessidades sem comprometer que as gerações futuras satisfaçam suas próprias necessidades” (RELATÓRIO DE BRUNDTLAND *apud* DALCOMUNI, 2005, p. 4), é talvez o maior desafio a ser alcançado pela Nanotecnologia. Por isso existe uma preocupação em não somente investir cegamente em pesquisas na área, mas também investir em agências que façam uma pesquisa ambiental e social ampla para minimização dos possíveis efeitos negativos da Nanotecnologia.

Os investimentos em N&N são crescentes em todo o mundo. A preocupação em manter níveis elevados de pesquisa e desenvolvimento de produtos baseados na Nanotecnologia é grande, tanto para o setor público quanto privado. O investimento em Nanotecnologia não só representa a possibilidade de enriquecimento dos países de maior fluxo de renda como também representa a possibilidade de se constituir uma agenda que vise beneficiar os países em desenvolvimento. É claro que nenhuma tecnologia seria capaz de diminuir as diferenças econômicas e sociais existentes entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Entretanto, para Dalcomuni (2005, p. 16), as inovações nanotecnológicas podem ser usadas para a promoção desse desenvolvimento, através da agenda elaborada por Sallamanca-Buentello e outros (2004) que sintetizaram, em uma reportagem, um estudo elaborado pelo *Canadian Program in Genomics and Global Health* do *Joint Center for Bioetics* da Universidade de Toronto. Este visava estudar e propor uma agenda para o uso de Nanotecnologias com o objetivo de solucionar os problemas mais urgentes nos países em desenvolvimento. Pode-se considerar como ponto de partida para uma agenda brasileira:

- a) Pobreza extrema e fome;
- b) Mortalidade infantil;
- c) Degradação Ambiental;
- d) Cura de doenças como malária e AIDS (DALCOMUNI, 2005, p. 17).

Os investimentos que estão sendo realizados em N&N, contudo, envolvem as mais diversas áreas do conhecimento. Neste sentido, o próximo item apresenta os investimentos que estão sendo realizados em Nanotecnologia, no mundo e no Brasil.

## II.3 - INVESTIMENTOS RECENTES EM NANOTECNOLOGIA.

### II.3.1 - Um Panorama dos Investimentos no Mundo

Europa, Estados Unidos e Japão já investem quantias consideráveis em pesquisa e desenvolvimento na área de Nanotecnologia como se pode observar no Quadro nº. 3:

<b>REGIÃO</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
EUROPA	126	151	179	200	~225	~400	~600
JAPÃO	120	135	157	245	~465	~700	~810
EUA	116	190	255	270	422	697	774
OUTROS	70	83	96	110	~380	~550	~800
<b>TOTAL</b>	<b>432</b>	<b>559</b>	<b>687</b>	<b>825</b>	<b>1492</b>	<b>2347</b>	<b>2984</b>
% DE 1997	100%	129%	159%	191%	346%	502%	690%

QUADRO 3 - INVESTIMENTOS GOVERNAMENTAIS DE P&D EM NANOTECNOLOGIA, 1997-2003.  
(EM MILHÕES DE DÓLARES/ANO)

Fonte: ROCCO, 2003, p. 182

Observa-se, pois no Quadro nº. 3 que Europa, Japão e Estados Unidos estão liderando os investimentos na área de Nanotecnologia, investimento que vem aumentando ano a ano. A participação dos outros países está aumentando progressivamente, mas a sua participação em termos de investimentos ainda representa menos que os três maiores países juntos.

Nos Estados Unidos, no ano de 2000, durante a gestão do então presidente Bill Clinton, o governo norte-americano criou um grande programa, reunindo 10 departamentos e agências independentes, chamado *National Nanotechnology Initiative*, Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (tradução nossa), que é composto pelos departamentos de Defesa, de Energia, de Justiça, de Transportes, de Agricultura, a Agência de Proteção Ambiental, a NASA, o Instituto Nacional de Saúde, o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia e a Fundação de Ciências Naturais (NNI, 2006).

A criação da Iniciativa Nacional de Nanotecnologia deste país foi altamente importante para o desenvolvimento de pesquisas na área de nanotecnologia, com ela, o governo americano passou a distribuir investimentos e dar suporte para as pesquisas desenvolvidas em centros interdisciplinares. Um ano após a criação da NNI, ou seja, em 2001 os investimentos públicos e privados somaram US\$ 463 milhões, em 2002 o investimento foi de US\$ 604 milhões, sendo que neste mesmo ano o setor público dos EUA investiu US\$ 434,3 milhões no projeto Genoma Humano, ou seja, foi gasto uma quantia maior em nanotecnologia. (COMCIÊNCIA 2006. Disponível em <[www.comciencia.com.br/nanotecnologia/nano06.htm](http://www.comciencia.com.br/nanotecnologia/nano06.htm)> acessado em junho de 2006). De acordo com a NNI o orçamento federal para 2007 irá destinar cerca de US\$ 1,2 bilhões para suas pesquisas que somados aos valores destinados a esta agência desde 2001 compreende um investimento público na ordem de US\$ 6,5 bilhões (NNI, 2006). Ainda de acordo com esta agência este investimento é utilizado em pesquisas nas áreas da medicina, manufaturamento, materiais de alta performance, tecnologias da informação, energia e meio ambiente.

A *National Science Foundation*, foi o órgão que mais recebeu investimentos nos anos precedentes a 2002. Do total previsto para 2003, US\$ 221 milhões foram exclusivamente para a entidade. Os recursos são divididos nas áreas de Ciências Biológicas, Computação, Engenharia, Geociências, Ciências Sociais, Educação, Matemática e Física. Sendo que as duas últimas receberam a maior parte, cerca de US\$ 103 milhões em 2003 (COMCIÊNCIA 2006. Disponível em <[www.comciencia.com.br/nanotecnologia/nano06.htm](http://www.comciencia.com.br/nanotecnologia/nano06.htm)> acessado em junho de 2006).

O departamento de defesa americano também recebeu um aporte financeiro considerável, principalmente com as ofensivas militares do governo George Bush, em 2003 foram destinados US\$ 201 milhões para o desenvolvimento de novas tecnologias e estratégia militar. Os investimentos em N&N são direcionados à Marinha, aeronáutica e ao Exército dos Estados Unidos. São projetos de desenvolvimento de nanoestruturas, nanocompostos, nanoeletrônica, nanomagnetismo e nanofotônica (*IBIDEM*, 2006).

A Agência de Proteção Ambiental americana fez 65 doações que somam uma quantia de US\$ 22 milhões para universidades através de seu programa para

alcance de resultados (STAR – EPA, *s Science to Achieve Results*), em parceria com NSF, destinados à pesquisa ambiental e implicações dos nanomateriais manufaturados (NNI, 2006).

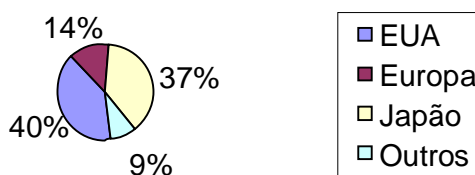
A EPA destinou também cerca de US\$ 2,5 milhões às pesquisas em nanotecnologia das pequenas empresas através de um programa chamado Programa de Pesquisa em inovação das Pequenas Empresas (NNI, 2006).

Em sua apresentação no Fórum Social Brasileiro, em Recife, no dia 21/04/06, Paulo Roberto Martins, coordenador da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (RENANOSSOMA), apresentou os dados do gráfico 1 e 2 relativos aos investimentos públicos e privados no ano de 2004.

O Gráfico nº 1 mostra os investimentos privados. Estados Unidos, Europa e Japão lideram os gastos com pesquisas privadas ao passo que outros países participam com uma parcela de investimento ainda muito pequena.

O gasto privado total em pesquisas em 2004 segundo o pesquisador é de 4,2 bilhões de euros e o gasto total público, também em 2004 é de 3,5 bilhões de euros.

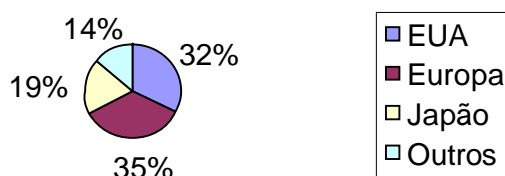
#### **GRÁFICO 1 – FUNDOS DESTINADOS A NANOTECNOLOGIA EM TODO MUNDO PELA INICIATIVA PRIVADA EM 2004.**



Fonte: COMISSÃO EUROPEIA apud MARTINS, 2006

Já o Gráfico nº 2 mostra os investimentos públicos. Nele Estados Unidos, Europa e Japão lideram os gastos públicos.

## GRÁFICO 2 – FUNDOS DESTINADOS A NANOTECNOLOGIA EM TODO MUNDO PELA INICIATIVA PÚBLICA EM 2004.



Fonte: COMISSÃO EUROPEIA apud MARTINS, 2006

Os gastos em pesquisa e desenvolvimento despendidos em 2004 apresentados pelo pesquisador neste fórum são:

Na União Européia: 370 milhões de euros gastos pela comissão européia. 980 milhões de euros gastos pelos Estados Membros e associados. 580 milhões de euros gastos pela iniciativa privada, totalizando gastos de 1 bilhão 930 milhões de euros.

Nos Estados Unidos: 910 milhões de euros gastos pelo governo federal. 333 milhões de euros gastos pelos estados. 1 bilhão e 700 milhões gastos pela iniciativa privada, totalizando gastos de 2 bilhões 943 milhões de euros.

No Japão: 750 milhões de euros gastos pelo setor público e 1 bilhão 540 milhões de euros pelo setor privado. Totalizando gastos de 2 bilhões 290 milhões de euros.

Em outros países: 540 milhões de euros de gastos do setor público e 370 milhões de euros de gastos do setor privado. Totalizando gastos de 910 milhões de euros.

Com esses dados é possível verificar que o total gasto com Nanotecnologia por outros países que não incluem Estados Unidos, Europa e Japão, é o valor gasto somente pelo governo americano em 2004.

Este dado comprova a liderança americana, européia e japonesa nas pesquisas em um dos setores que mais crescem e que formam a quinta grande onda de desenvolvimento tecnológico. É claro que é saudável o avanço da pesquisa,

entretanto, é importante que os outros países também não fiquem de fora do desenvolvimento da Nanotecnologia.

### **II.3.2 - Um Panorama dos Investimentos Brasileiros**

Segundo Silva (2004, p. 5), no Brasil, a Nanotecnologia começou a ganhar visibilidade a partir da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação que se realizou no ano de 2001, tendo-lhe sido dedicada uma seção no Livro Verde da conferência. A partir desse momento, foram lançadas as redes de nanociência e nanotecnologia pelo CNPq e o MCT iniciou o financiamento de um Instituto do Milênio de Nanociências. O MCT continuou seu esforço para criação de um centro de pesquisa e desenvolvimento na área de Nanotecnologia, entretanto, com a entrada do novo governo em 2003, a idéia da criação do centro foi abandonada, vislumbrando para o Brasil como grande desafio o de apresentar relevância social e econômica para a Nanotecnologia.

De acordo com Alaor Chaves, coordenador do Instituto do Milênio de Nanociências, ligado ao MCT, apesar da falta de recursos que se verifica no Brasil, existe um avanço à medida que é um dos países que mais publica trabalhos científicos sobre o tema.

O MCT através do Programa de desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia do PPA 2004-2007 apresentou a demanda orçamentária de recursos do tesouro nacional e/ou de outras fontes, inclusive os fundos setoriais como se segue através da Tabela nº. 1.

**TABELA 1 - ORÇAMENTO DE RECURSOS DO TESOIRO NACIONAL  
PREVISTOS PELO PPA 2004-2007 EM R\$.**

<b>Item</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>Total</b>
Implantação de Laboratórios e	71.130.000	71.130.000	71.130.000	71.130.000	284.520.000

redes de nanotecnologia					
Apoio às redes e laboratórios de nanotecnologia	3.720.000	5.990.000	9.012.000	11.278.000	30.000.000
Gestão do programa	350.000	350.000	350.000	350.000	1.400.000
Pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia	21.500.000	21.500.000	21.500.000	21.500.000	86.000.000
<b>Total</b>	<b>96.700.000</b>	<b>98.970.000</b>	<b>101.992.000</b>	<b>104.258.000</b>	<b>401.920.000</b>

Fonte: MCT, 2003, p. 15

Com esse orçamento objetiva-se alcançar as metas mostradas através das tabelas 2 e 3:

**TABELA 2 - FACILIDADES IMPLANTADAS OU APOIADAS PELO PROGRAMA.**

Tipos de Facilidade ou Rede	Nº. de Unidades	Nº. estimado de pesquisadores		Área construída (m <sup>2</sup> )	
	2007	2004	2007	2004	2007
<b>Redes</b>					
Rede de Nanobiotecnologia	1	100	170	500	1500
Rede de Nanoanálise e Diagnóstico	1	40	100	500	1000
Rede de Materiais Nanoestruturados e Filmes Finos	1	100	170	500	1500
Rede de Nanometrologia e Instrumentação	1	35	75	500	1000
Rede de Nanodispositivos e Materiais semicondutores	1	85	170	500	1500
Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces	1	65	130	500	1500
<b>Laboratórios</b>					
Laboratório de síntese (úmida)	5	20	45	0	300x5 unid.
Laboratório de síntese (vácuo)	5	20	45	500	300x5 unid.
Laboratório de Nanopós	3	20	40	0	200x3 unid.



Laboratório de Produção de Nanoestruturas (poliméricas, metálicas, cerâmicas, funcionais)	5	20	50	0	400x5 unid.
Laboratórios de Nanodispositivos Fotônicos	2	20	40	-	300x2 unid.
Laboratório de Microscopia Eletrônica	4	30	60	500	500x4 unid.
Laboratório de Espectroscopia	4	30	60	300	500x4 unid.
Laboratório de Microanálise	4	30	60	300	500x4 unid.
Laboratório de Caracterização e Tratamento de Superfícies	4	20	40	500	500x4 unid.
Laboratório de Caracterização Magnética	3	20	30	0	500x3 unid.
Laboratório de Caracterização Elétrica	1	20	40	0	500x1 unid.
Laboratório de Tecnologia e Nanofabricação de Silício	1	50	100	750	1500
Laboratório de Nanobiotecnologia	3	50	100	0	500x3 unid.

Fonte: MCT, 2003, p. 13

**TABELA 3 - FACILIDADES IMPLANTADAS OU APOIADAS PELO PROGRAMA, NÚMEROS DE USUÁRIOS E SETORES ECONÔMICOS ENVOLVIDOS.**

Tipo de Facilidade ou Rede	Nº. de Pesquisadores usuários (doutores)	Nº. estimando de empresas usuárias	Setores econômicos das empresas usuárias, tipos de produtos, metodologias envolvidas
	2007		
<b>Redes</b>			
Rede de Nanobiotecnologia	150	10	Fármacos, diagnósticos, biomateriais, vacinas, meio ambiente, terapia gênica, drug-delivery, biorreceptores, cosmética, regeneração de tecidos, agroindústria, ambiental.
Rede de Nanoanálise e Diagnóstico	100	5-6	Saúde, análises químicas, fármacos, produtos geneticamente modificados.
Rede de Materiais Nanoestruturados e Filmes Finos	150	15	Nanopartículas (viscosidade, drug-delivery, colóides, pigmentos, dispersões, coatings, ferro-fluidos, partículas magnéticas); filmes (guias de onda, filmes nanoestruturados); agroindústria.
Rede de Nanometrologia e Instrumentação	70	5-6	Processos, procedimentos e instrumentação, normas e padrões, eletrônica.
Rede de Nanodispositivos e	90	3-4	Sensores, sistemas químicos integrados,

Materiais semicondutores			dispositivos a base de nanotubos, start-ups, eletrônica.
Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces	80	3-5	Nanotecnologia molecular, membranas, reconhecimento molecular, absorvedores de luz, eletrônica.
<b>Laboratórios</b>			
Laboratório de síntese (úmida)	50	10	Indústria química (nanoemulsões, lubrificantes, cosmética, sol-gel, tecnologia de cerâmicas, colóides, pigmentos, dispersões, emulsões)
Laboratório de síntese (vácuo)	40	5	Eletrônica, revestimentos, ferramentas de corte especiais, química.
Laboratório de Nanopós	40	15	Indústria química (cosmética, sol-gel, tecnologia de cerâmicas, colóides, dispersões).
Laboratório de Produção de Nanoestruturas (poliméricas, metálicas, cerâmicas, funcionais).	40	15	Dispositivos eletrônicos, sistemas químicos integrados.
Laboratórios de Nanodispositivos Fotônicos	30	10	Fotônica, optoeletrônica. Sensores ópticos.
Laboratório de Microscopia Eletrônica	130	10	Caracterização de nanomateriais, geral.
Laboratório de Espectroscopia	80	5	Caracterização de nanomateriais (necessidade de resolução espectroscópica especial em nm). Agroindústria.
Laboratório de Microanálise	130	20	Caracterização química, nanoanálise (elementos traços), agroindústria.
Laboratório de Caracterização e Tratamento de Superfícies	50	5-10	Caracterização de superfícies (nano). Adesão, corrosão, catálise, química.
Laboratório de Caracterização Magnética	50	5-10	Nanopartículas magnéticas, sistemas spintrônicos.
Laboratório de Caracterização Elétrica	50	2-3	Start-ups, eletrônica.
Laboratório de Tecnologia e Nanofabricação de Silício	100	4	Métodos de microeletrônica visando a nanoeletrônica (nanolitografia). MeMS, NEMS, MOEMS, circuitos à base de nanotubos, caracterização de nanocircuitos.
Laboratório de Nanobiotecnologia	150	20	Biossensores, biorreceptores, farmácia, ambiental, alimentos.

Fonte: MCT, 2003, p. 14

As metas a que o Plano Plurianual elaborado pelo MCT se propõe são as listadas na tabela 4.

**TABELA 4 - METAS DO PROGRAMA**

META	Valor de referência ano base (08/2003)	Ano			
		2004	2005	2006	2007

1. Formação de recursos humanos.	600	690	790	950	1140
2. Ampliação do depósito de patentes envolvendo nanotecnologia.	17	22	28	35	43
3. Evolução das exportações de materiais, produtos e processos baseados em nanotecnologia.	1	4	8	13	21
4. Taxa de participação das patentes envolvendo nanotecnologia em relação ao total de patentes.	600	3%	4%	6%	8%
5. Taxa de crescimento do número de produtos científicos e tecnológicos em nanotecnologia.	1200	20%	44%	73%	107%
6. Taxa de crescimento do número de empresas que incorporaram produtos e processos nanotecnológicos.	10	50%	100%	150%	200%

1. Número de alunos de pós-graduação na área. Valores absolutos.
2. Foram consideradas 17 patentes como valor de referência e foi feita uma projeção de 5, 6, 7 e 8 patentes adicionais para 2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente.
3. Foi feita uma projeção de 3, 4, 5 e 8 novos materiais, produtos ou processos exportados em 2004, 2005, 2006 e 2007 respectivamente. O valor de referência foi tomado como sendo igual a 1, para evitar divisão por zero no cálculo das taxas.
4. Estima-se um crescimento de 3, 4, 6 e 8% em relação ao valor base (600) em 2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente.
5. A previsão é um acréscimo de 20% ao ano em relação ao ano base.
6. A previsão é o surgimento de 5 empresas por ano.

Fonte: MCT, 2003, p. 12

Conforme se analisa as Tabelas 1, 2, 3 e 4, é possível verificar que existe um programa governamental voltado ao desenvolvimento das pesquisas para a Nanotecnologia, mesmo que o investimento ainda seja muito inferior ao dos países que lideram os investimentos na área. Não obstante, o programa não inclui somente a aplicação indiscriminada de um determinado montante de investimentos, mas também a formação de redes voltadas ao estudo na área e que já apresentam um resultado significativo. A análise das redes formadas através do CNPq será o objeto de análise do próximo item.

## II.4 - AS REDES BRASILEIRAS EM NANOTECNOLOGIA

No Brasil, apesar do pouco investimento ainda realizado nas pesquisas em Nanotecnologias foram criadas redes de pesquisa em Nanotecnologia. As primeiras redes criadas foram constituídas através do CNPq que realizou em 2001 uma chamada com esse objetivo:

[...] fomentar a constituição e consolidação de redes cooperativas integradas de pesquisa básica e aplicadas em nanociência e nanotecnologia, organizadas como centros virtuais de caráter multidisciplinar e abrangência nacional (NANOREDES, 2004, p. 100).

Dessa forma, compuseram as 4 primeiras Nanoredes brasileiras:

- ✓ Rede de materiais Nanoestruturado, localizada no Rio Grande do Sul;
- ✓ Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces, localizada em Pernambuco;
- ✓ Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia, localizada em São Paulo; e
- ✓ Rede cooperativa para Pesquisa em Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados, localizada em Pernambuco;

De acordo com o documento Nanoredes (2004, p. 101) cada um das redes criadas recebeu, inicialmente, em torno de R\$ 750 mil, para cada ano de atividades, o que pode ser considerada uma quantia muito baixa se for levado em consideração a quantidade de pesquisadores envolvidos em cada uma delas e os custos com equipamentos indispensáveis para as pesquisas na área.

Se o dinheiro fosse dividido igualmente para cada participante, o dinheiro bastaria apenas para comprar um computador por pesquisador! Ou seja, os recursos financeiros das redes não foram destinados para a compra de grandes equipamentos, mas de um modo geral esses recursos serviriam para realizar alguns consertos de emergência, para comprar pequenos equipamentos, para permitir o intercâmbio de pesquisadores e estudantes e, principalmente, para a realização de reuniões, congressos e oficinas de trabalho que têm servido para integrar de uma maneira mais efetiva os pesquisadores dessa rede, e estimular colaborações e projetos comuns para as diversas áreas para o futuro (NANOREDES, 2004, p.101).

Apesar do escasso investimento público, as primeiras redes de pesquisa em nanotecnologia alcançam resultados importantes. Em 2005, por meio do edital MCT/CNPq 29/2005 as primeiras 4 redes deram lugar a dez redes em nanotecnologia como segue no quadro 4:

<b>Título do Processo</b>	<b>Sigla de ORIGEM</b>	<b>Região</b>
Rede de Nanofotônica	UFPE	NE
Rede Nacional de NanoBiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados (NanoBiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados (NanoBioEstruturas)	UFRN	NE
Rede e Nanotecnologia molecular e de Interfaces – Estágio III	UFPE	NE
Rede de Nanobiomagnetismo	UNB	CO
Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados	PUC - RJ	SE
Microscopias de Varredura de Sondas – Software e hardware abertos	LNLS	SE
Nanotubos de Carbono: Ciência e Aplicações	UFMG	SE
Simulação e Modelagem de Nanoestruturas	USP/IF	SE
NANOGLICOBIOLOGIA	UFPR	S
Nanocosméticos: do conceito as aplicações tecnológicas	UFRGS	S

QUADRO 4 – PROJETOS APOIADOS PELA AÇÃO APOIO A REDES E LABORATÓRIOS DE NANOTECNOLOGIA  
 Fonte: MCT, 2005, p. 6

Conforme pode ser constatado através do quadro 4 as diversas áreas do conhecimento vêm sendo contempladas pelo apoio governamental e em diversas regiões do país.

Apesar de não fazer parte das redes apoiadas pelo MCT, também compõe as redes brasileiras a Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, Renanosoma, a qual este trabalho acadêmico está vinculado e é produto da linha de pesquisa em nanotecnologia e agricultura. Esta rede é vinculada a Fapesp em São Paulo.

## II.5 - NANOSENSORES, SUAS POSSIBILIDADES.

Nanosensores são sensores com níveis de acuidade e precisão extremamente elevados. O nível de precisão de suas análises é tão acurado que tais dispositivos poderiam com toda facilidade fazer a análise de uma determinada região inteira como, em aeroportos e correios com a finalidade de encontrar armas químicas e biológicas como o gás sarin e o antraz. São capazes também de deslanchar novas memórias de computador, compostas de nanopartículas para o armazenamento de

uma biblioteca inteira em um dispositivo do tamanho de um chaveiro (REBELO, 2005).

As pesquisas para desenvolvimento de nanosensores vêm tomando cada vez mais uma proporção significativa em diversas sociedades e trazendo resultados concretos que facilitam e revolucionam as próprias ações cotidianas das pessoas.

Alguns exemplos práticos que serão usados em nosso dia-a-dia podem ser citados, como:

- Um vidro que não precise de limpeza pode ser obtido através da aplicação de nanopartículas de dióxido de titânio com posteriores reações fotoquímicas, a partir de então há modificações na superfície do vidro de modo que as partículas de sujeira se decomponham e desapareçam.
- Processo similar à fabricação de vidros autolimpantes ocorre com as roupas que utilizam Nanotecnologia na fabricação e que permitem que os tecidos também não sujem.
- Nanopartículas fluorescentes que auxiliam no diagnóstico clínico e tratamento de doenças mais complexas. Através das nanopartículas os médicos são capazes de “visualizar” o medicamento dentro do organismo humano. No ano de 2005, o órgão regulador americano de alimentos e remédios, o *Food and Drug Administration*, liberou a comercialização do Abraxane, um medicamento à base de proteína em nanoescala para o tratamento de metástase de câncer nos seios.
- No campo da Informática, a IBM já dispõe de uma tecnologia que armazena 25 milhões de páginas em um dispositivo do tamanho de um selo postal. O sistema registra os dados em filmes de plástico com furos de dimensões nanométricas. Em termos comparativos, os furos que a tecnologia usa de gravar CDs, armazenando 700 Mb em um disco ou 4.7 Gb em um DVD, podem ser considerados buracos enormes quando comparados às dimensões do dispositivo, batizado de milipede e que para os mais entusiastas estará disponível para comercialização o quanto antes.

Na agricultura, a Nanotecnologia surge como uma alternativa, mudando algumas rotinas no campo, principalmente no que diz respeito ao uso de fertilizantes, fármacos, inseticidas, fungicidas, praguicidas, herbicidas. O USDA em dezembro de 2002 publicou uma primeira aproximação sobre a Nanotecnologia na área agrícola, fazendo com que a agricultura se tornasse mais industrializada e automatizada. As corporações que dominam o negócio mundial dos transgênicos investem na nanotecnologia como uma grande possibilidade para os próximos anos. Através, por exemplo, da fabricação do herbicida Roundup (glisofato) em uma nova formulação em nanocápsulas pela Monsanto em acordo com a empresa nanotecnológica Flamel. A empresa Pharmacia, que compõe o laboratório Pfizer possui patentes para a fabricação de liberação lenta usadas em "agentes biológicos como fármacos, inseticidas, fungicidas, praguicidas, herbicidas e fertilizantes".

A Syngenta patenteou a tecnologia Zeon, que são microcápsulas de 250 nanômetros que liberam os praguicidas em contato com as folhas. A Syngenta também possui uma patente sobre uma nanocápsula que libera seu conteúdo ao contato com o estômago de certos insetos como as lagartas. De acordo com esta empresa apud Ribeiro (2005), as nanocápsulas tornariam o manejo com praguicidas perigosos mais seguro.

Grandes empresas alimentícias como a Kraft, Nestlé e Unilever usam a Nanotecnologia para a modificação na estrutura dos alimentos. A Nestlé e Unilever desenvolveram emulsões em nanopartículas para mudar a textura de sorvetes e de outros alimentos. E a Kraft está desenvolvendo bebidas "interativas" que mudam de cor e sabor, um líquido com átomos suspensos, por exemplo, se converteria na bebida requerida (café, suco de laranja, uísque, leite e outros) ao submetê-lo a certas frequências de onda (RIBEIRO, 2005).

Nas áreas relacionadas à Ecologia surgem também os nanoímãs que absorvem petróleo ou qualquer outra substância tóxica despejada acidentalmente na água e que poderão ser muito úteis no combate à poluição provocada pelos acidentes de navios petrolíferos. Os nanoímãs são envoltos por uma microcápsula vazada, feita de um tipo de plástico – o polímero – que são modificados quimicamente para repelir a água. Assim, no caso de um derramamento de óleo no mar, os nanoímãs seriam espalhados pela mancha e atrairiam o óleo que é sugado por filtros que purificam a

água (ISTOÉ, 2006. Disponível em <[www.terra.com.br/istoe/1797/ciencia/1797abacadabra\\_02.htm](http://www.terra.com.br/istoe/1797/ciencia/1797abacadabra_02.htm)> acessado em abril de 2006).

A Indústria Bélica encontra na Nanotecnologia uma possível grande aliada por meio da criação de uniforme à prova de balas com sensores eletrônicos capazes de detectarem explosivos ou gases tóxicos. A roupa monitora o contato do soldado com agentes biológicos e possui um sistema de primeiros socorros para estancar hemorragias e iniciar a cicatrização de ferimentos. Um dos protótipos transforma o tecido numa espécie de tala para engessar o soldado que sofrer uma fratura. O pitoresco é que o uniforme se recobre de miniespelhos que refletem o seu redor, dando a ilusão ótica de invisibilidade o MIT está investindo US\$ 50 milhões no desenvolvimento desses uniformes. (MING, 2004).

Localizada nos Estados Unidos, a NASA encontrou na Nanotecnologia um poderoso aliado às suas viagens espaciais com o desenvolvimento de nanosensores do tamanho de moléculas dentro das células dos astronautas que podem avisar sobre os impactos da radiação na saúde. Ou seja, com esse dispositivo torna-se capaz que as células do organismo de um ser humano mande mensagens assim que as células comecem a adoecer, bem antes do aparecimento de qualquer sintoma.

Esse processo aconteceria da seguinte forma:

Seriam inseridas nanopartículas dentro das células que funcionariam como sensores do tamanho molecular, toda vez que esses sensores constatassem algum tipo de problema, por exemplo, a incidência de um fragmento de um vírus invasor as nanopartículas começariam a brilhar, avisando o exterior de que algo de errado se passa dentro do organismo (NASA, 2006).

A figura 1 mostra imagens de nanopartículas geradas por computador.



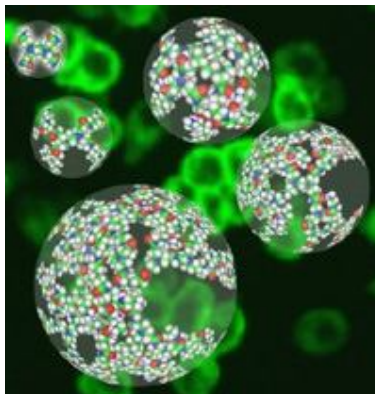


Figura 1 - Imagens de nanopartículas geradas por computador  
Fonte: NASA, 2006

É uma tecnologia elegante e, uma vez que está previsto ter como alvo vários tipos de células e problemas específicos, é também muito promissora. A investigação em nanopartículas desenvolveu-se muito nos últimos anos, com os cientistas a explorar a sua utilidade nas mais variadas doenças, desde o câncer às doenças genéticas como a fibrose cística (CIÊNCIAVIVA, 2006. Disponível em <[www.cienciaviva.com.pt/rese/space/home/sugestao24.asp](http://www.cienciaviva.com.pt/rese/space/home/sugestao24.asp)> acessado em março de 2006).

A preocupação da NASA, entretanto, no desenvolvimento deste nanosensor reside a preocupação acerca dos problemas advindos do excesso de exposição à radiação com a qual os astronautas irão se deparar, principalmente, na futura exploração ao planeta Marte. Até mesmo os melhores escudos de proteção à radiação poderão mostrar-se ineficientes e fazer com que os astronautas tenham algum tipo de exposição à radiação. Nesse sentido, as nanopartículas que seriam inseridas no organismo do tripulante poderão ser um poderoso aliado ao diagnóstico e tratamento de quaisquer tipos de enfermidades advindos da exposição à radiação, porque avisariam com muita antecedência a presença da radiação no corpo humano. Hoje, os problemas de radiação são um dos maiores obstáculos para a viagem ao planeta vermelho.

O nanosensor funcionaria da seguinte forma: um astronauta, com o auxílio de uma agulha, injetaria um fluido contendo milhões de nanopartículas em sua corrente sanguínea que fariam o monitoramento das atividades biológicas das células do indivíduo. Durante o vôo, um pequeno aparelho seria inserido na orelha do astronauta, como um aparelho de audição normal, que utiliza um pequeno laser para contar as células brilhantes à medida que elas passam pelo tímpano através dos

capilares sanguíneos. Uma ligação sem fios permite, então, que esses dados sejam processados pelo computador principal da nave.

Para James Baker, diretor do Centro para Biologia Nanotecnológica (*Center for biological nanotechnology*), da Universidade de *Michigan*, a solução para resolução do obstáculo proveniente da radiação para a viagem a Marte encontra-se justamente nas nanopartículas, haja vista que as nanopartículas permitiriam um monitoramento dos impactos biológicos reais causados pela exposição à radiação e não simplesmente uma medição dos níveis de radiação. Com isso, torna-se possível que haja além do monitoramento também a prevenção e cura dos efeitos radioativos; tal feito seria um grande avanço para as viagens interplanetárias devido ao fato que os astronautas devem cuidar uns dos outros e contam também com pouco espaço para equipamentos médicos volumosos. O grande desafio que despontaria nesse sentido seria fazer com que esse nanosensor funcione eficientemente no espaço.

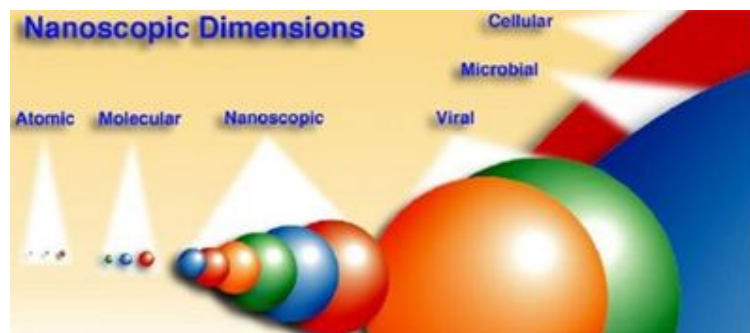


Figura 2 - Dimensão nanoscópica  
Fonte: (NASA, 2006)

Conforme se pode analisar pela Figura 2, as nanopartículas são maiores que as moléculas típicas, mas menores que os vírus. Tem o tamanho aproximado de várias proteínas, o que ajuda a atuarem bem dentro das células.

A *Intel Corporation* e o *Fred Hutchinson Cancer Research Center*, uma instituição de pesquisa independente, sem fins lucrativos, dedicada ao desenvolvimento e ao avanço da pesquisa biomédica para a cura do câncer e outras doenças potencialmente fatais, desenvolvem desde o ano de 2003 uma pesquisa voltada ao estudo, diagnóstico e prevenção dessa doença. Para a conquista de tal intento, a Intel conta com a criação de um *Intel Raman Bioanalyzer System* no *Fred Hutchinson Cancer Research Center*, em Seattle. O instrumento emite lasers sobre

pequenas amostras médicas, como linfa, para criar imagens que revelam a estrutura química de moléculas. O objetivo é determinar se esta tecnologia, antes usada para detectar imperfeições microscópicas em chips de silício, também pode detectar traços sutis de doenças.

O Intel Raman *Bioanalyzer System* faz uso de uma técnica conhecida por espectroscopia raman, a utilização desta técnica permite a análise de composições químicas sutis durante o processo de fabricação dos *chips*. Assim que acontece a irradiação de um feixe de laser sobre um objeto, moléculas dentro da substância são estimuladas de modo a formar um espectro que pode ser detectado por sensores em um espectrômetro Raman. Levando-se em consideração que cada substância possui uma composição química exclusiva, cada substância produz um espectro Raman exclusivo – o equivalente a uma barra de código química.

No *Fred Hutchinson Cancer Research Center*, existe a esperança por parte dos pesquisadores médicos que o instrumento especificamente projetado, o mais sensível deste tipo no mundo, possa ajudá-los a identificar proteínas na linfa que predizem a suscetibilidade, a presença ou o prognóstico de doenças como o câncer. Ao mesmo tempo, a *Intel* irá aprender com eles sobre as aplicações e os benefícios potenciais da tecnologia.

Ao considerar que os usuários de *notebooks* precisam de modelos leves e compactos, com baixo consumo de energia, para que as baterias durem mais, e haja a conexão por banda larga sem fio à Internet, a *Intel* desenvolveu a plataforma Centrino e já a apresentou no mercado brasileiro. Projetada especificamente para a computação móvel, que reúne essas funcionalidades e garante a compatibilidade de seus componentes. A tecnologia utilizada para a fabricação da plataforma Centrino foi baseada no silício e auxilia os empresários a diminuir o tempo de resposta e aumentar a produtividade, como resultado de um desempenho multitarefa e capacidades de interação, incluindo transmissão de áudio e vídeo por IP e uma maior duração da bateria.

Devido ao tamanho reduzido dos componentes das plataformas com a tecnologia móvel Centrino Duo possibilita grandes inovações no design e no tamanho dos

notebooks. Os componentes são mais eficientes no consumo de energia. Promovem uma redução média de 1,2 watts em relação às plataformas de gerações anteriores.

A plataforma com tecnologia móvel Centrino Duo é integrada pelo processador Intel Core Duo com processamento dual-core e da família de chipsets móveis da Intel® 945 Express, além da conexão Intel PRO/Wireless 3945ABG, a mais nova geração da Intel para conexão às redes sem fio com desempenho avançado, WLAN e redes padrão Wi-Fi, que tornam os aplicativos mais seguros, conectados e com respostas mais rápidas, o que representa uma melhor experiência móvel (INTEL, 2006. Disponível em <[www.intel.com.br](http://www.intel.com.br)> acessado em abril de 2006).

Quinze fabricantes lançaram produtos com essa nova Nanotecnologia: Accept, Amazon PC, Dell, Gigabyte, Epcom, HP, Itautec, Leader Tech, Lenovo, LG, Novadata, Positivo, RBC Indústria, Semp Toshiba e Techsul.

As evidências apresentadas apontam para desenvolvimentos rápidos e generalizados das Nanotecnologias, propiciando especulações e investimentos sobre inúmeros benefícios econômicos e sociais que poderão ser derivados dessa evolução tecnológica.

Entretanto, cabe ressaltar que nenhuma tecnologia é boa ou má de per si, tudo depende da forma como foi desenvolvida e de sua aplicação. Em outras palavras: toda tecnologia é socialmente dada.

Assim muitas são as preocupações quanto aos possíveis riscos resultantes das evoluções das Nanotecnologias<sup>5</sup>, alguns dos quais sintetizados por Dalcomuni em sua apresentação ao *International Council on Nanotechnology (ICON)* em janeiro de 2006, como segue:

- a) Armas de destruição em massa e outros usos militares;
- b) Riscos para a saúde humana devido à exposição de equipamentos feitos de nanomateriais – condições de trabalho dos laboratórios de pesquisa, uso de cosméticos, pinturas, roupas e outros diferentes produtos.
- c) Danos ambientais: solo, água, contaminação do ar.

---

<sup>5</sup> Para maiores detalhes veja o debate compilado no livro *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*, trabalhos apresentados no segundo seminário internacional (MARTINS, 2006).

- d) Contaminação dos alimentos – toxicidade dos nano materiais na agricultura e nos insumos do processo de fabricação dos alimentos.
- e) Exclusão social devido à carência de informação e treinamento.

O desenvolvimento dos nanosensores promete promover significativas mudanças tecnológicas nas mais diversas áreas das atividades econômicas. É nesse contexto que se pretende detalhar os estudos de um nanosensor específico e sua utilização em uma atividade como a agricultura qual seja, a língua eletrônica na cafeicultura.

## II.6 - O NANOSENSOR LÍNGUA ELETRÔNICA

Desenvolvida nos laboratórios da EMBRAPA e objeto desta dissertação a língua eletrônica é um nanosensor com sensibilidade mil vezes maior que o paladar humano.

A língua eletrônica é composta por sensores que são micro-eletrodos feitos de ouro, recobertos por plásticos, sendo necessária a presença de oito mil plásticos para chegar à espessura de um fio de cabelo (GAZZONI, 2004). Este aparelho funciona da seguinte forma: o sensor mede a condutividade elétrica no meio em que se encontra mergulhado, a variação na condutividade é medida pelo aparelho que envia as informações a um computador que possui um banco de dados e dessa forma realiza as comparações. Os cientistas desenvolveram uma rede neural, baseada nos neurônios e dessa maneira é possível para o aparelho se tornar mais preciso quanto mais utilizado.

Como os polímeros inteligentes conduzem eletricidade, Mattoso esclarece, eles transformam a interação entre as unidades sensoriais e a bebida em sinais elétricos que são captados por um software apropriado, treinado para fazer a conversão para os paladares conhecidos por meio da inteligência artificial. (EMBRAPA, 2005. Disponível em <[www.cnpdia.embrapa.br/informativo/nov\\_dez/info04.htm](http://www.cnpdia.embrapa.br/informativo/nov_dez/info04.htm)> acessado em abril de 2006).

É um aparelho portátil com um sensor gustativo, mil vezes mais sensível que o paladar humano, e que permite, com rapidez, precisão e simplicidade, verificar, por exemplo, a qualidade de líquidos como sucos, vinhos, água e café. Pode também diferenciar, sem dificuldades, os padrões básicos de paladar - doce, salgado, azedo,

amargo - em concentrações abaixo do limite de detecção do ser humano. O sistema também apresenta excelentes resultados na diferenciação de bebidas com o mesmo paladar.

Tudo isso é possível porque o aparelho dispõe de um conjunto de polímeros inteligentes (plásticos que conduzem eletricidade e são sensíveis a diferentes substâncias presentes no líquido) conectados a um medidor de respostas e a um computador. Para se ter uma idéia da capacidade do equipamento, vale dizer que ele é capaz de diagnosticar substâncias doces e salgadas a partir de 5 milimolar (partes por milhão), enquanto a língua humana só identifica o salgado a partir de 30 milimolar e, o doce, a partir de 10 milimolar (TOTUM, 2006).

## **CAPÍTULO III – A NANOTECNOLOGIA DA “LÍNGUA ELETRÔNICA” E POSSÍVEIS IMPACTOS NA MELHORIA DA QUALIDADE DO CAFÉ.**

O Brasil se destacou ao longo de séculos como o maior produtor cafeeiro mundial, entretanto, nunca se destacou em relação à qualidade, ou seja, o nível de exigência dos produtores nacionais nunca foi tão acurado, contudo, existe um movimento na indústria do café a fim de alterar o estigma de café com qualidade inferior e conseguir ganhos financeiros consideráveis através do aumento do preço do produto. Para tanto, o Brasil conta com o Programa de Qualidade do Café, desenvolvido pela ABIC em parceria com o GAC e com a EMBRAPA que desenvolveu, para tal, a língua eletrônica, aparelho portátil desenvolvido através da Nanotecnologia e com um nível de precisão muito elevado, que ajudará na apuração, dentre várias características, também na questão do nível de pureza e qualidade da bebida.

### **III.1 - A QUALIDADE DO CAFÉ ENQUANTO UM DESAFIO A SER ALCANÇADO PELO MERCADO BRASILEIRO.**

O café é considerado a segunda *commodity* mundial depois do Petróleo. Historicamente, o fruto representou uma importância singular no desenvolvimento da economia brasileira. No fim do século XVIII chegou a figurar como o principal produto brasileiro comercializável. Várias políticas econômicas foram destinadas ao sucesso da comercialização deste produto, em especial quando foi queimada grande quantidade de sacas de café pelo governo de Getúlio Vargas com a finalidade de evitar a desvalorização do fruto e o conseqüente prejuízo dos produtores nacionais.

Atualmente, o café possui grande importância ainda para a economia brasileira, sendo o país o maior produtor de café verde <sup>6</sup>do mundo.

---

<sup>6</sup> Café verde é o nome que se dá ao café pronto para ser enviado ao torrefador.

De acordo com Marques (2006), em 2003, as sacas de café de 60 Kg exportadas no 2º semestre de 2003 foram mais de 13 milhões, incluindo os cafés verde e solúvel. De todo o café brasileiro, aproximadamente de 1 a 2% é considerado especial e desse café especial, 99% são exportados.

A qualidade do café é influenciada por uma série de fatores tais como, o clima, altitude, tipos de solo, genética do grão e técnicas de cultivo. Estes elementos são responsáveis pela definição do aroma e do sabor da bebida. Entretanto os produtores brasileiros nunca deram importância necessária a estes fatores.

Apesar do Brasil se destacar como o maior produtor mundial de café, a conquista de qualidade superior ainda é um desafio a ser alcançado. Uma vez que, historicamente a produção de café no Brasil parece ter focado muito mais na busca de aumento da quantidade do que na melhoria da qualidade do produto. Enquanto o país agia dessa forma, países como a Colômbia fizeram investimentos em qualidade e marketing conseguindo, portanto, maior valorização de seu produto em relação ao brasileiro nos mercados internacionais, fato que parcialmente explica a pouca expressão do Brasil, maior produtor mundial de café, nos mercados de cafés especiais e de varejo no hemisfério norte.

O café brasileiro é considerado de uma qualidade única e baixa, e seu padrão de comercialização é o chamado “Duro para melhor”, que na opinião de Carvalho (1999, p. 354) possui uma tabela mais extensa de defeitos que qualidade, fato que faz com que os produtores brasileiros dificilmente consigam ser premiados, mesmo que possuam um café de qualidade superior. Ou seja, o histórico de baixa qualidade do café brasileiro estigmatizou o produto no mercado exterior como um café de qualidade inferior.

Verifica-se porém que esse cenário já está sendo modificado, com o aumento do consumo nacional da bebida e com a sistemática valorização dos cafés gourmets e especiais em todo mundo, que são produzidos com grãos selecionados. As vendas internas das empresas torrefadoras cresceram 12% entre maio de 2004 e abril de 2005 em relação ao período anterior, ao passo que, a média mundial de crescimento foi de 1,4%. Dessa maneira, o Brasil já se destaca no mundo como o maior mercado para a bebida, atrás somente dos Estados Unidos (EXAME, 2005).



Há 278 anos o Brasil comercializa o grão verde do produto, entretanto, existe um mercado enorme que deve ser explorado de café torrado e moído pelo país.

A receita com as exportações dos cafés diferenciados, orgânicos e de alta qualidade teve um aumento de 65% nos cinco primeiros meses do ano de 2005 em relação ao mesmo período de 2004. A saca de 60 quilos que em 2002 estava sendo vendida a US\$ 38 em 2005 valia, em média, US\$ 130 (*IBIDEM*, 2005).

A participação do Brasil no mercado internacional do café, principalmente no mercado do hemisfério norte, vem crescendo com base na melhoria da qualidade. Dessa maneira o país vem confirmando sua liderança mundial e é responsável por um terço do café comercializado no mundo. Com a melhoria da participação brasileira no mercado internacional, algumas multinacionais estrangeiras são atraídas, como é o caso da gigante norte-americana Sara Lee que sozinha detem 20% de participação na produção nacional de café torrado e moído. As empresas estrangeiras são responsáveis por 28,9% da produção brasileira de cafés torrado e moído conforme se pode visualizar no Quadro n.º 4 (*IBIDEM*, 2005).

<b>AS MAIORES INDÚSTRIAS DE CAFÉ</b>			
Participação na produção nacional de café torrado e moído (junho de 2005)			
Posição Empresa	Controle acionário	Sede	Participação
1 Sara Lee	Americano	São Paulo (SP)	20%
2 Santa Clara	Brasileiro	Fortaleza (CE)	10%
3 Melitta	Alemão	São Paulo (SP)	5%
4 Café Damasco	Brasileiro	Curitiba (PR)	5%
5 Cacique	Brasileiro	Londrina (PR)	4%
6 Mitsui Alimentos	Japonês	Santos (SP)	2,6%
7 Café Bom Dia	Brasileiro	Varginha (MG)	1,3%
8 Café Três Corações	Israelense	Santa Luiza (MG)	1,3%
9 Moka	Brasileiro	Osasco (SP)	1,3%
10 São Braz	Brasileiro	Cabedelo (PB)	1,3%

QUADRO 5 - AS MAIORES INDÚSTRIAS DE CAFÉ

Fonte: EXAME, 2005, p. 52

Carvalho (1999, p. 355), compilou em seu artigo dados de uma pesquisa realizada com dez fazendas modelo inseridas no Projeto Café Gourmet da OIC, no qual as fazendas distribuíam-se em diferentes localidades no Brasil:

- Cinco no Sul de Minas Gerais: Areado; Santo Ant. Amparo; Monte Belo e 2 em Cabo Verde.
- Duas no Cerrado Mineiro: Serra do Salitre e Patos de Minas.
- Duas na Mogiana Paulista: Pedregulho e Itatiba.
- Uma no Oeste Baiano: Barreiras.

Esse projeto visava avaliar o comportamento econômico em algumas fazendas que se adaptaram para a produção de cafés especiais, com sugestões para o aperfeiçoamento no preparo, seguido de avaliação do impacto das transformações na qualidade, nos custos e na rentabilidade que nortearam o trabalho. As ações realizadas abrangiam:

- O investimento em estruturas de preparo;
- A adaptação de metodologia;
- O treinamento de pessoal; e
- As parcerias com exportadores especializados no mercado Gourmet de cafés de alta qualidade.

As fazendas pesquisadas tinham uma área destinada ao café que variava de 3 a 175 Ha. Como critério de escolha das propriedades que participariam da pesquisa, levou-se em consideração a disposição em investimento para melhoria da qualidade do café. Tendo as fazendas arcado com os custos para implementar as medidas de melhorias necessárias, coube ao Projeto Café Gourmet o acompanhamento financeiro das atividades e as orientações de preparo. Dentre as dez propriedades rurais, duas não conseguiram promover as transformações necessárias, tendo sido, portanto, descartadas da análise.

Em relação à qualidade da bebida verificou-se um resultado positivo em todas as fazendas conforme se pode analisar na Tabela nº. 5.

**TABELA 5 - DESCRIÇÃO DA QUALIDADE DA BEBIDA, COMPARADOS O PRIMEIRO E O SEGUNDO ANOS NAS FAZENDAS MODELO.**

	Ano 01			Ano 02		
	Mole	Duro	Abaixo	Mole	Duro	Abaixo
Faz. Modelo 01	15,7%	68,3%	16%	44,8%	40,7%	14,5%
Faz. Modelo 02	0,00%	96%	4,0%	16,5%	73,6%	9,9%
Faz. Modelo 04	0,00%	76,4%	23,6%	28%	60,0%	12,0%
Faz. Modelo 05	0,00%	96,7%	3,3%	37,7%	50,3%	12,0%
Faz. Modelo 06	0,00%	0,00%	100%	50%	43,0%	7,0%
Faz. Modelo 08	27,3%	54,5%	18,2%	56,8%	36,0%	7,2%
Faz. Modelo 09	29,5%	51,7%	18,8%	38,1%	57,2%	4,7%
Faz. Modelo 10	0,00%	0,00%	100%	58,0%	0,00%	42,0%

Fonte: CARVALHO, 1999, p. 355.

Em relação aos custos, se pode verificar com a pesquisa que o custo de produção aumentou em todas as propriedades, chama-se de custeio todas as despesas envolvendo desde a produção até as despesas financeiras, tais quais, juros e depreciações. O item preparo se refere somente às despesas referentes à pós-colheita. O valor adicionado aparece em alguns casos, no segundo ano, como consequência dos investimentos.

Quatro fazendas, que investiram em estrutura, verificaram um aumento em seus custos que variaram de 0,4% até 11,25%. Verificando-se o resultado final do custo de produção tem-se que o custo de produção aumentou em todos os casos, o aumento dos custos variou de 0,1% a 9,1% em relação à forma de preparo anterior.

Apesar de verificar-se um aumento nos custos, conforme se pode constatar pela Tabela nº. 6, todas as fazendas experimentaram um aumento no valor adicional no segundo ano em comparação com o valor antes da diferenciação, como se pode verificar pela Tabela nº. 7.

**TABELA. 6 - CUSTO DE PRODUÇÃO DAS FAZENDAS MODELO, SAFRA 1998,1999.**

	Unid.	Produtividade Sc/Ha.	Custeio R\$/Ha.	Valor adicional R\$/Ha.	Preparo R\$/Ha.	Valor adicional R\$/Ha.	Total R\$/Ha.	Total por saca Sc/Ha.
Faz. 01	Ano 02	24,9	3.601,51	0,00	148,44	0,00	3.749,95	150,60
	Ano 01	49,2	5.090,20	0,00	323,15	0,00	5.413,35	110,03
Faz. 02	Ano 02	55	3.545,83	15,78	335,09	0,00	3.880,92	70,56
	Ano 01	33	2.922,87	0,00	171,95	0,00	3.094,82	93,78
Faz. 04	Ano 02	30	4.494,19	114,20	247,00	(39,67)	4.741,19	158,04
	Ano 01	58,3	4.764,54	0,00	557,33	0,00	5.321,87	91,28
Faz. 05	Ano 02	70,2	5.351,54	45,60	290,37	(42,62)	5.641,91	80,37
	Ano 01	45,2	4.867,54	0,00	302,02	0,00	5.169,56	114,37
Faz. 06	Ano 02	43,3	4.671,31	0,00	415,00	0,00	5.086,31	117,47
	Ano 01	34	4.342,60	0,00	438,33	0,00	4.780,93	140,62
Faz. 08	Ano 02	67,8	7.805,05	0,00	598,08	0,00	8.403,13	123,94
	Ano 01	22	4.464,34	0,00	193,38	0,00	4.657,72	211,71
Faz. 09	Ano 02	31,8	4.145,17	0,00	309,89	0,00	4.455,66	140,10
	Ano 01	36,9	2.961,07	0,00	311,69	0,00	3.272,76	88,69
Faz. 10	Ano 02	17,10	3.783,42	379,62	334,62	(37,04)	4.118,04	240,82
	Ano 01	21,3	3.598,31	0,00	157,66	0,00	3.755,97	176,34

Fonte: CARVALHO, 1999, p. 355.

**TABELA 7 - RESULTADO DAS FAZENDAS MODELO**

	Unid.	Produtividade Sc/Ha.	Receita R\$/Ha.	Valor adicional R\$/Ha.	Lucro ou Prejuízo R\$/Ha.
Faz. 01	Ano 02	24,9	5.363,40	478,48	1.613,45
	Ano 01	49,2	7.512,91	0,00	2.099,56
Faz. 02	Ano 02	55	11.812,42	727,27	7.931,50
	Ano 01	33	4.045,14	0,00	950,32
Faz. 04	Ano 02	30	5.736,15	381,36	994,96
	Ano 01	58,3	8.685,83	0,00	3.363,96
Faz. 05	Ano 02	70,2	14.520,40	943,25	8.878,50
	Ano 01	45,2	5.880,44	0,00	710,88
Faz. 06	Ano 02	43,3	10.990,00	770,00	5.903,69
	Ano 01	34	5.235,25	0,00	454,32
Faz. 08	Ano 02	67,8	12.384,54	1.188,91	3.981,41
	Ano 01	22	2.883,33	0,00	(1.774,39)
Faz. 09	Ano 02	31,8	5.748,02	277,89	1.292,96
	Ano 01	36,9	5.244,66	0,00	1.971,90
Faz. 10	Ano 02	17,10	4.200,00	314,29	81,96
	Ano 01	21,3	2.346,00	0,00	(1.409,97)

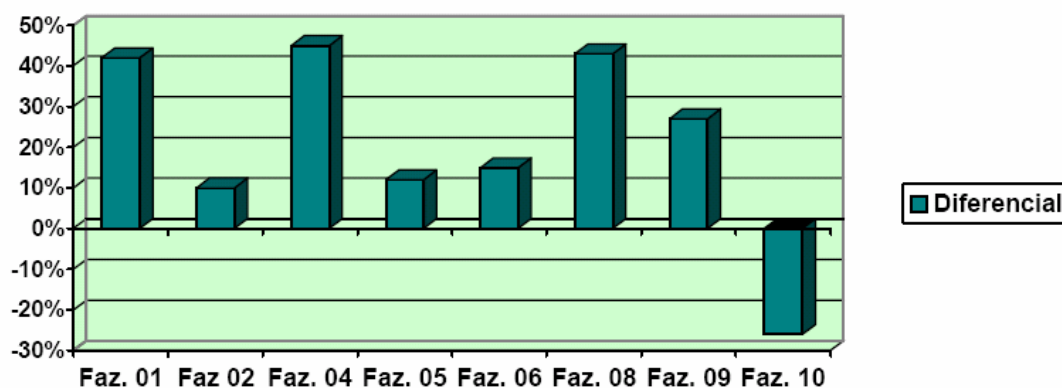
FONTE: CARVALHO, 1999, p. 355

Assim sendo, mesmo com valores diferenciados dos custos, todas as Fazendas Modelo apresentaram aumentos na receita, como resultado da melhoria da qualidade de café e diferenciação do produto.

Mesmo com valores diferenciados, todas as Fazendas Modelo apresentaram aumentos na receita, como prêmio alcançado pela melhoria de qualidade e diferenciação do produto. Quando analisado o impacto na lucratividade, observa-se que, mesmo com aumento no custo final, as Fazendas Modelo que diferenciaram seu produto e conseguiram agregar valor na venda, alcançaram aumento na lucratividade, comparando-se com o sistema anterior, à exceção da Fazenda 10, que possui uma pequena área em produção e fez o investimento em ano de baixa produtividade (CARVALHO, 1999, p. 355).

O Gráfico nº. 3 mostra o impacto na lucratividade nas fazendas modelo, corroborando a importância da realização de investimentos na melhoria do produto, a fim de que se possa obter melhor resultado econômico no agronegócio cafeeiro, além é claro, de melhorar a reputação do produto nacional no mercado estrangeiro e terminando de uma vez por todas com o estigma do Brasil de possuir café de baixa qualidade.

**GRÁFICO 3 – IMPACTO DA LUCRATIVIDADE NAS FAZENDAS MODELO**



FONTE: CARVALHO, 1999, p. 356.

Os resultados da pesquisa de Carvalho confirmam que a introdução de métodos destinados ao alcance de uma qualidade mais alta é recompensada com o aumento significativo dos rendimentos para os produtores. Assim, para que o país possa se destacar, não apenas como o maior produtor mundial, mas acima de tudo como um país eficiente na produção de café além de obter destaque principalmente nos mercados do hemisfério norte, é imprescindível à aplicação de procedimentos de programas de melhoria do café com a finalidade de alcançar um nível de qualidade compatível com o nível de exigência nacional e internacional. A busca pela qualidade não é apenas uma questão de aumento da receita através de um preço mais atraente para os produtores, é acima de tudo uma questão de sobrevivência empresarial, a partir do momento em que o nível de exigência dos consumidores também aumentou.

O BNDES realizou uma pesquisa, em 2003, divulgada pelo boletim informativo de nº. 355 da ABIC, com o objetivo de verificar a capacidade de geração de empregos em

41 setores da economia. O BNDES considerou a hipótese de cada setor receber R\$ 10 milhões a mais na produção, sendo que a conclusão obtida foi que a indústria do café é a sexta indústria com maior capacidade de geração de emprego, com a geração de 858 empregos adicionais. Para fazer o ranking dos setores mais e menos empregadores, o estudo considerou o emprego direto, o indireto e o criado a partir do efeito renda (aumento do consumo em outros setores como resultado da elevação da renda). Setores mais intensivos em mão-de-obra e no qual predominam as pequenas empresas foram capazes de elevar grandemente o número de vagas de postos de trabalho.

Conforme constatado pelo estudo realizado pelo Projeto Café Gourmet e pela pesquisa do BNDES, a melhoria da qualidade do café é um objetivo que precisa ser alcançado, tanto para a geração de mais postos de trabalho, haja vista o fato de a indústria cafeeira ter uma das melhores capacidades de geração de emprego, quanto para o aumento do rendimento das empresas nacionais. Nesse sentido, a língua eletrônica, desponta como um importante instrumento de controle da qualidade e um poderoso aliado nos programas que visem à melhoria da qualidade do café, tão importante para a manutenção da competitividade mundial do produto brasileiro quanto para a agregação de seu valor em termos de qualidade e aceitabilidade.

### III.2 - A LÍNGUA ELETRÔNICA COMO INSTRUMENTO DE MELHORIA DA QUALIDADE DO CAFÉ

A tecnologia de língua eletrônica foi desenvolvida pelos cientistas e pesquisadores Luiz Henrique Capparelli Mattoso e Antonio Riul Jr. da EMBRAPA Instrumentação Agropecuária vinculada ao Ministério da Agricultura em São Carlos, São Paulo, em parceria com a USP.

A idéia de criar a língua eletrônica é do pesquisador Luiz Henrique Capparelli Mattoso e foi fruto de suas pesquisas de pós-doutorado nos Estados Unidos. Durante o curso, o pesquisador auxiliava o físico norte americano Alan Hegger que

descobriu os polímeros condutores. Essa descoberta rendeu ao físico o Prêmio Nobel de Química em 2000.

De volta ao Brasil, Mattoso pensou a língua eletrônica que tem como base os mesmos polímeros. A língua eletrônica surgiu a partir do conceito de Nariz Eletrônico, de concepção anterior, e consiste de sistemas eletrônicos que são capazes de discriminar odores a partir de análises de interações químicas de gases com sensores. A idéia então era expandir a análise sensorial de gases para a análise sensorial de líquidos, o que dá uma analogia à língua e não ao nariz.

Na EMBRAPA eram (e são) realizadas pesquisas visando aplicação de polímeros condutores de eletricidade na agricultura, e como estes polímeros encontram aplicação, entre muitas outras possíveis, como materiais para sensores, idealizou-se então o uso de um dispositivo similar a um nariz eletrônico só que para líquidos, utilizando sensores baseados em polímeros condutores. (PAULA, 2006)

Dessa maneira surge a Língua Eletrônica que é testada em diversos líquidos importantes dentro do escopo de atuação da EMBRAPA como água, vinho, leite, café, chá, sucos de frutas e substâncias que representam os tipos básicos de paladar reconhecidos pelos humanos. Para exemplificar e identificar estas substâncias testa-se o salgado, através do sal de cozinha, o doce, por meio do açúcar de cana e sacarose, o amargo através do quinino, utilizado na água tônica, e o azedo por meio do ácido clorídrico que é um dos componentes do suco gástrico.

Durante a realização das pesquisas e devido à divulgação do resultado positivo do desempenho obtido pelo sensor, foi despertado o interesse da ABIC em utilizar o equipamento em seu programa de qualidade do café o aparelho já estava planejado e pronto para ser lançado. O desenvolvimento de um equipamento comercial para a avaliação do café foi impulsionado pelo acordo entre a ABIC e a EMBRAPA, o que culminou na transferência da tecnologia para a iniciativa privada através da empresa BRSensor Indústria Brasileira de Sensores LTDA em dezembro de 2005.

A pesquisa durou 6 anos e contou com o envolvimento de 18 pesquisadores de universidades brasileiras, norte-americanas e britânicas, além da equipe de 8 cientistas da EMBRAPA Instrumentação Agropecuária (TIMASTER, 2006. Disponível em <[www.timaster.com.br/revista/materias/main\\_materia.asp?codigo=1076&pag=2](http://www.timaster.com.br/revista/materias/main_materia.asp?codigo=1076&pag=2)> acessado em junho de 2006).



A língua eletrônica é um aparelho mil vezes mais sensível que a língua humana (GAZZONI, 2004), sua aplicação se dá a produtos como a água, o vinho, o leite e o café, ou seja, utiliza-se no setor agrícola, que hoje é responsável pelo emprego de cerca de 32 milhões de trabalhadores (SILVA, 2004), uma participação significativa da população economicamente ativa do Brasil.

De acordo com a Embrapa (2006), o uso da língua eletrônica é interessante para o produtor rural de café a partir do momento em que viabiliza a avaliação e monitoramento da consistência do paladar e qualidade do produto produzido. Atualmente, estes testes são realizados por meio de análises químicas em laboratórios e costumam ser bastante demorados. Com a Língua Eletrônica torna-se possível à realização de testes contínuos na linha de produção em tempo real e em segundos. Assim a língua eletrônica é uma ferramenta para auxiliar o degustador e permite medidas contínuas de processos de melhoria para a qualidade do produto através de maior precisão de suas análises.

A utilização da “língua eletrônica” se torna um avanço em termos de análise da qualidade a partir do momento em que pode melhorar os controles voltados para a indústria alimentícia, vinícolas e estações de tratamento de água além de reduzir os custos. A língua eletrônica permite que com agilidade seja possível verificar a qualidade da água, detectando a presença de contaminantes, pesticidas, substâncias húmicas e metais pesados.

A Figura nº. 3 ilustra o aparelho.

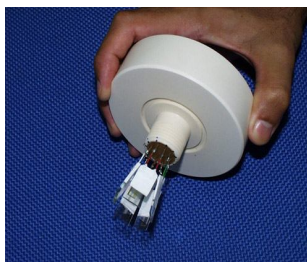


Figura 3 - Língua Eletrônica  
Fonte: EMBRAPA, 2005

Para o desenvolvimento deste sensor foram investidos cerca de 2 milhões de reais e 6 anos de pesquisas. Os recursos utilizados para o desenvolvimento da Língua

Eletrônica são provenientes de agências de fomento tais quais a FAPESP, CNPq, ABIC e EMBRAPA Instrumentação Agropecuária. (EMBRAPA, 2005).

De acordo com Décio Luiz Gazzoni, engenheiro agrônomo, pesquisador da EMBRAPA, a língua eletrônica tenderá a não substituir os degustadores de bebidas tais como o vinho e o café, somando-se ao trabalho destes e aumentando-lhes a acuidade. O aparelho é projetado para realizar mensurações quantitativas e qualitativas dos líquidos nos quais é imerso, não sendo capaz, entretanto, de mostrar o quão agradável será a bebida para o ser humano.

Segundo Osvaldo Novais de Oliveira Junior do Instituto de Física da USP de São Carlos, em testes o aparelho foi capaz de identificar com exatidão tipos de vinhos de seis amostras diferentes. A “língua eletrônica” foi capaz de distinguir até mesmo vinhos de um mesmo tipo, mas de safras diferentes, ou vinhos do mesmo tipo e da mesma safra, mas de produtores distintos.

Como é por meio da interação elétrica entre polímeros e o meio que se torna possível a identificação de características específicas da condutividade do material, a língua eletrônica possibilita a identificação de cada tipo de líquido, mesmo com uma baixíssima diferença de concentração de um componente.

Para Osvaldo Novais de Oliveira, a grande vantagem da utilização da língua eletrônica brasileira é o emprego de filmes condutores de espessura oito mil vezes menor que um fio de cabelo que permite a obtenção de dados de condutividade mais acurados. Ainda para o pesquisador, o aparelho também pode ser utilizado para monitorar a qualidade da água e de alimentos, além de exames de sangue e urina. Seus criadores receberam o Prêmio Governador do Estado, na categoria invento brasileiro, em 2001, em São Paulo.

O equipamento foi repassado à iniciativa privada, para produção em série, através da empresa BRsensor, em São Paulo, de propriedade de Gustavo Figueira de Paula, que assinou o contrato de transferência da tecnologia com a EMBRAPA em dezembro de 2005 e estará em escala comercial a partir do segundo semestre de 2006 (INVENTABRASILNET, 2006, disponível em <<http://inventabrasilnet.t5.com.br/lingua.htm>> acessado em fevereiro de 2006).

De acordo com Gustavo Figueira de Paula a previsão para o início da comercialização da “língua eletrônica” deverá acontecer no segundo semestre de 2006, entretanto, sem data definida pelo fato de, por se tratar de uma tecnologia extremamente nova e inovadora, primeiramente ser necessário que os clientes tomem conhecimento dela antes de se fazer o lançamento.

Por conta do contrato com a EMBRAPA, inicialmente o mercado que a nova tecnologia visa atender é a do café, num primeiro momento trabalhando-se com o café torrado e moído e depois para o café verde. Haverá a negociação para expansão para outros setores. Num momento inicial, a língua eletrônica será comercializada no Brasil, estimando que dentro de um período de 1 a 2 anos sua comercialização estenda-se também ao mercado externo.

O preço de cada aparelho ainda não está definido, segundo a empresa BRsensor, responsável pela produção e comercialização da língua eletrônica, esse preço deverá situar-se entre vinte e trinta mil reais.

A língua eletrônica é uma inovação importante e representa uma evolução nas análises relativas à qualidade cafeeira, tornando difícil prever o que virá após uma reação inicial. Mas segundo o empresário Gustavo Figueira, haverá certa resistência inicialmente por parte dos degustadores especializados, devido ao medo de a língua eletrônica substituí-los em seus empregos, entretanto, o aparelho virá para ajudar o degustador e não prejudicá-lo. Pretende-se que cada vez mais o instrumento seja utilizado para o controle de qualidade permitindo aos degustadores trabalhos como a formulação de novos *blends*. Sendo assim, com controles mais efetivos e profissionais cada vez mais alocados na inovação de produtos o empresário acredita que isso se traduzirá em maiores margens de lucro para as firmas de café que fizerem uso desse aparelho. A imagem de a qualidade ser controlada eletronicamente também se torna uma aposta junto ao consumidor final. Socialmente a melhoria se daria de forma indireta, a partir do momento em que se traduz em maiores ganhos de mercado das empresas e melhoria na qualidade dos produtos junto ao consumidor.

A utilização do instrumento é, por si só, não poluente; seu processo de industrialização é todo realizado dentro de todas as normas ambientais vigentes,

gerando pouquíssimos subprodutos. Para o café não existe ainda um impacto positivo ou negativo ambiental. Entretanto, a partir do momento em que a análise se expandir com outras matrizes, poderá se verificar um impacto ambiental significativo, uma vez que haverá a análise de contaminação de águas, agroquímicos em alimentos, solos, dentre outras, já que de acordo com o empresário da BRsensor as possibilidades são inimagináveis.

Sendo a língua eletrônica fruto de uma pesquisa de pós-doutorado e ao mesmo tempo um instrumento que visa atender a uma necessidade de mercado de melhoria da qualidade do café, surge a seguinte indagação: “Este nanosensor seria uma tecnologia formada com base na teoria *Demand Pull* ou *Technology Push*?” Neste sentido, o próximo subitem busca inserir a língua eletrônica no contexto destas teorias.

### III.2.1 - A Língua Eletrônica no Contexto *Demand pull* X *Science push*.

A questão que surge, principalmente, para os economistas a respeito da língua eletrônica é sua inserção no contexto *Demand Pull* e *Technology Push*, ou seja, o nanosensor foi fruto de uma exigência de mercado, neste caso *Demand Pull*, ou foi resultado do desenvolvimento tecnológico fruto de uma pesquisa em Laboratório – *Technology Push*?

O nanosensor em questão foi resultado de uma pesquisa acadêmica realizada em laboratórios, motivada pela descoberta dos polímeros condutores, portanto sua criação poderia ser classificada como *technology push*. Entretanto, sua aplicação em um importante setor produtivo da economia como o café, se tornou possível pelo apoio de órgãos como a ABIC, que necessita dar o suporte necessário à adequação da qualidade do café brasileiro às exigências do mercado nacional e internacional, garantindo uma posição brasileira privilegiada no mercado mundial do café, o que poderia ser classificado como *demand pull*. Logo, analisando a língua eletrônica no contexto dessas teorias chega-se à conclusão que as teorias *Demand-Pull* e *Technology Push* são complementares. Ou seja, tanto a perspectiva de mercado

quanto a pesquisa científica foram primordiais para o desenvolvimento desse nanosensor.

A língua eletrônica vem sendo utilizada pela Associação Brasileira da Indústria de Café como um instrumento de análise do Programa de Qualidade do Café que será trabalhado no próximo subitem.

### III.3 - O PROGRAMA DE QUALIDADE DO CAFÉ

A língua eletrônica está inserida no Programa de Qualidade do Café realizado pela ABIC. O grande desafio vislumbrado pelos governos, organizações e empresas líderes do setor do café é solucionar os gargalos que inibem o consumo do café, sendo que o produto concorre com outras categorias de bebidas que investem mais em Marketing, disputando, portanto, a preferência dos consumidores. Dessa forma, a grande questão é buscar alternativas que agreguem valor ao produto e que beneficie os agentes da cadeia produtiva do café, sendo-lhes garantido certo volume de negócios, rentabilidade e sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Sendo assim, a ABIC entendeu que a grande alternativa seria o aumento do consumo do café por meio da oferta de produtos de melhor qualidade para os consumidores, ou seja, a qualidade seria a ferramenta essencial para a ampliação do consumo do produto.

A primeira medida no sentido de impulsionar o consumo pela melhoria da qualidade que a ABIC tomou foi o Programa do Selo de Pureza, criado em 1989, que permanece em funcionamento e possui reconhecimento mundial. A partir de 2004 foi então lançado o PQC, sendo uma segunda medida a ser tomada no sentido do reconhecimento da qualidade do produto no Brasil.

De acordo com a ABIC (2006), o PQC foi desenvolvido ao longo de 2003 e 2004, mas só foi lançado oficialmente em novembro de 2004. Para que as empresas possam receber o Selo de Pureza ABIC, que está inserido dentro das diretrizes da ABIC para o aumento do consumo interno do café, as marcas terão que satisfazer 3 condições básicas:

- Produto com qualidade mínima aceitável;
- Manutenção do padrão de sabor ao longo do tempo;
- Condições mínimas do processo de fabricação de acordo com boas práticas de fabricação.

As partes envolvidas no PQC são a ABIC, com a organização e controle do mesmo, e as empresas, certificadora, coletora de amostras, laboratórios e gerenciadoras, responsáveis pela operação do programa.

Faz parte dos objetivos do PQC:

- Demonstração de qualidade para o mercado através das ferramentas do selo de qualidade, a rotulagem e a divulgação; e
- A melhoria da qualidade e produtividade através de normas, auditoria e dados de *benchmarking*.

Os dados de *benchmarking* envolvem a garantia de qualidade do produto, garantia de manutenção do perfil de sabor, a garantia de boas práticas no processo e sua finalidade é a melhoria da qualidade do produto e crescimento das empresas (*IBIDEM*, 2006).

O PQC entende que o grande desafio para a indústria cafeeira não reside somente no fato de produzir um produto melhor, mas estimular a indústria a assegurar a consistência desta qualidade ao longo do tempo, comprovando que há adequação suficiente no processo produtivo e no ambiente industrial para assegurar a repetição do padrão de qualidade em todos os lotes produzidos. “A ABIC pretende tornar o PQC uma ferramenta de aperfeiçoamento para as indústrias do setor, com ganhos também para os demais parceiros do agronegócio” (ABIC, 2005).

O sucesso do PQC poderá desencadear a potencialização de:

- Fidelização dos fornecedores do grão verde;
- O aperfeiçoamento dos serviços prestados pelos corretores;
- Acesso a tecnologias de produção mais modernas;

- Desenvolvimento do uso de embalagens avançadas;
- Investimento na educação dos consumidores e em Marketing;
- Agregação de valor entre todos os agentes da cadeia produtiva.

Para que o PQC obtenha sucesso está sendo articulada a participação dos principais canais de distribuição dos produtos aos consumidores, como os supermercadistas e os varejistas, para que também eles possam gozar do benefício da oferta de melhores produtos ao público.

Além disso, para que o sucesso do programa de qualidade do café seja fato, a ABIC o está moldando sobre três pilares básicos, a saber:

- Certificação;
- Degustação; e
- Tecnologia.

Para atuar sobre estas três vertentes a ABIC fará parcerias com as seguintes empresas: Fundação Carlos Alberto Vanzolini, GAC e EMBRAPA Instrumentação Agropecuária.

A área de **CERTIFICAÇÃO** contará com parceria entre a ABIC e a Fundação Carlos Alberto Vanzolini/Instituto Totum, que é considerada um centro de referência em setores como engenharia de produção, assessoria, certificação, qualidade e produtividade, criada há 36 anos por um grupo de professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Inicialmente, apenas ministrava cursos de especialização para capacitação de profissionais. Entretanto, ao longo desses anos, ampliando sua área de ação, passou também a dar cursos e treinamentos na área de Gestão da Qualidade, concedendo certificados no âmbito de normas como NBR ISO 90001/2/3, AVSQ'94 e QS-9000 para Sistemas da Qualidade. Foi assim que se tornou a única entidade brasileira integrada a *The International Certification Network (IQNet)* - rede composta pelas mais importantes certificadoras de 28 países - o que outorga validade internacional às suas certificações.

Na área da **DEGUSTAÇÃO**, a ABIC contará com o apoio do GAC que é integrado por técnicos, engenheiros de alimentos, pesquisadores e especialistas em degustação de café e foi criado há quase três anos pelo Sindicafé-SP, no momento em que começava a crescer, no Brasil, a demanda por cafés de alta qualidade. O objetivo era oferecer ao *trade* um serviço que a entidade já disponibilizava as torrefadoras, no seu Programa de Monitoramento de Qualidade, desenvolvido em parceria com o Itai: a avaliação da qualidade dos cafés torrado e moído.

Atualmente, o GAC recebe amostras de café para análise de um público variado, que quer tanto conhecer e saber distinguir as diferenças entre as várias marcas quanto garantir um nível mínimo de qualidade. São empresas de catering, restaurantes, hotéis, cafeterias, varejo, supermercadista, grandes empresas consumidoras e até organismos públicos - a exemplo da BEC da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, que desde agosto de 2001, adota nas suas concorrências, o critério de Nível Mínimo de Qualidade.

A análise dos cafés é sensorial - os polímeros inteligentes da língua eletrônica conduzem eletricidade que faz com que eles transformem a interação entre as unidades sensoriais e a bebida em sinais elétricos captados por um software específico e que fará a conversão para paladares já conhecidos por meio da inteligência artificial. Este procedimento será realizado nos laboratórios do Centro de Preparação de Café de São Paulo. Após a avaliação, o GAC emite um laudo indicando a categoria do produto, suas principais características e seus atributos de qualidade. Trata-se de um procedimento que pode e deve ser repetido periodicamente, tanto para atestar a consistência do fornecimento quanto à manutenção dos padrões de qualidade inicialmente estabelecidos.

Atualmente, o GAC, que acaba de receber da Fundação Vanzolini o certificado de ISO 9001, também tem como meta o treinamento e a capacitação de outras empresas e grupos de técnicos no uso da metodologia de avaliação da bebida, e desde junho do ano passado oferece também cursos e conhecimentos sobre a correta degustação de café para os consumidores e apreciadores da bebida.



No Espírito Santo, iniciativas para a melhoria da qualidade do café circunscrevem a: Criação do CETCAF, criação de centros de degustação de café, programas de ações de melhoria da qualidade.

Na área da **TECNOLOGIA**, a parceira da ABIC é com a EMBRAPA Instrumentação Agropecuária através da tecnologia da língua eletrônica, sensor eletrônico desenvolvido pela empresa em sua unidade de São Carlos, e atuará no PQC como um complemento ao trabalho dos grupos de provadores que estarão estabelecidos em diversos estados do país.

As análises do café vêm sendo realizadas em laboratórios da EMBRAPA. Inúmeras amostras de café torrado e moído estão sendo enviadas pelas torrefadoras para a sede da ABIC, no Rio de Janeiro. De lá, iniciam um grande roteiro de análise e avaliação por peritos no setor e retornam na forma de informações detalhadas sobre matéria-prima, padrão de qualidade, *blends*, tipos de grãos, torra, etc. É a partir de todas essas informações que a ABIC está montando um inédito Banco de Dados do Café Industrializado no País, que pode ser considerada a mais completa radiografia ou mapeamento de todas as características do produto já realizado no setor.

As amostras são inicialmente enviadas para o Escritório Carvalhaes Corretores de Café, responsável pela classificação física e da torra do café. Em seguida, são remetidas para o GAC que determinará a Qualidade Global da bebida e seus atributos de qualitativos. E, finalmente, todos os laudos seguem para a EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, na unidade de São Carlos, à qual caberá a inserção das inúmeras informações no software do sensor gustativo língua eletrônica, registrando os dados eletronicamente para posterior leitura e comparação entre bebidas de padrões tanto semelhantes quanto diferentes entre si (TOTUM, 2006). Ou seja, trata-se de um amplo banco de dados que está sendo criado pela ABIC com informações sobre o café industrializado de todo o país e que fornece total embasamento técnico e credibilidade ao PQC.

## 4. CONCLUSÃO

Atualmente, os países vêm se defrontando com uma tecnologia de ponta que em conjunto com as Biotecnologias e com as Tecnologias de Informação estão revolucionando o mundo da ciência e também os mercados e indústrias de um modo geral, as Nanotecnologias. Com essas tecnologias associadas os cientistas puderam estabelecer novos procedimentos de trabalhos que lhes permite o descobrimento de novas possibilidades nas diversas áreas do conhecimento, tais quais química, física, biologia, mecatrônica, dentre tantas outras áreas através da manipulação de DNA's, átomos e do desenvolvimento de tecnologias cognitivas, ou seja, àquelas responsáveis pela inteligência artificial. As Nanotecnologias, ou seja, tecnologias desenvolvidas em escala um bilionésimo de vezes menor que o metro, vêm ganhando notável importância, a partir do momento em que vêm criando novos produtos. Esse novo paradigma que nasce com o advento das nano, biotecnologias e tecnologias de informação, remetem o mundo para um futuro sonhado por vários cientistas. Na atualidade, o que antes parecia ilusão, fruto de uma mente criativa, desponta como tecnologias capazes de gerar trilhões de dólares no mundo, a previsão é que só as Nanotecnologias gerem cerca de 1 trilhão de dólares no mundo nos anos de 2010 a 2015 e tragam consigo uma série de possibilidades para o ser humano dentre tantas, médicas, bélicas, mecânicas e até mesmo, ambientais.

Essas possibilidades na área da Nanociência vêm principalmente relacionadas ao desenvolvimento de nanosensores, que são sensores com apuração e precisão extremamente elevados, tão acurados que podem facilmente fazer análises seguras até mesmo de uma região grande como um aeroporto em busca de armas químicas.

A indústria bélica ganha possibilidades incríveis com a criação do uniforme à prova de balas com sensores eletrônicos capazes de detectarem explosivos ou gases tóxicos, e que podem, inclusive, criar a impressão de invisibilidade devido à combinação de espelhos nanoscópios.

A medicina também ganha a possibilidade de um importante aliado na prevenção, detecção e tratamento de doenças de forma muito mais simples, rápida, eficiente e com a diminuição dos efeitos colaterais através das nanopartículas criadas pela

NASA com a finalidade de preservar os seus astronautas numa possível e futura viagem tripulada a Marte.

Na área ambiental, os nanoímãs poderão auxiliar na despoluição marítima quando houver derramamento de óleo ou substâncias químicas poluentes com a sua capacidade de atração a esses produtos.

Vários países vêm se destacando em relação às pesquisas em Nanotecnologia, dentre eles Estados Unidos, Japão e Inglaterra que investem quantias consideráveis e, é claro, como consequência natural do processo de investimento em pesquisa e desenvolvimento de produtos nanotecnológicos estão saindo na frente em relação ao restante dos outros países que investem pouco na área.

No Brasil, ainda investe-se pouco no setor. Entretanto, mesmo com os poucos recursos investidos em pesquisa básica, o país vêm obtendo ganhos consideráveis em termos acadêmicos através do desenvolvimento de uma produção científica considerável e também através do desenvolvimento do nanosensor Língua Eletrônica, com capacidade gustativa mil vezes mais sensível que a língua humana. Formada por sensores que são micro-eletrodos feitos de ouro e recobertos por plástico, cuja presença necessita de oito mil plásticos para o alcance da espessura de um fio de cabelo. A invenção tem ganhado destaque, principalmente, no agronegócio do café.

O aparelho, cuja previsão de comercialização é para o segundo semestre do ano de 2006, irá representar um importante aliado no PQC desenvolvido pela ABIC em parceria com a EMBRAPA e com o GAC, pois irá auxiliar na obtenção de um padrão de excelência ótimo para o café brasileiro, que nunca se destacou em relação à qualidade. O aparelho auxiliará no processo em que vise, principalmente, construir uma reputação de qualidade para o produto nacional e acabar com o seu estigma de café de qualidade inferior. Atualmente, mesmo quando o produto possui um nível de qualidade bom não é reconhecido pelo mercado internacional e também não é premiado. Com a análise auxiliada por um sensor preciso e eficaz, torna-se possível à construção de um padrão excelente de qualidade, sem a necessidade de se descartar o trabalho do degustador tradicional, haja vista que a Língua Eletrônica é capaz de analisar o produto em suas propriedades químicas, entretanto, somente o

ser humano poderá ditar suas preferências em relação ao gosto da bebida. O degustador, a partir da aplicação da língua eletrônica na degustação poderá ter mais tempo para o desenvolvimento de novos *blends*. A análise sensorial realizada pela língua eletrônica também será importante para o produtor rural de café, pois este poderá realizar os testes de análise da qualidade de seu produto em tempo real e nas suas propriedades. Atualmente, este tipo de análise é realizada em laboratórios, feita principalmente pelos comerciantes industriais, o que torna difícil a contestação dos resultados por parte dos produtores, o que gera conflito entre produtores e comerciantes. Com a utilização da língua eletrônica os produtores terão como contestar as análises e obter melhor preço para os seus produtos.

A melhoria da qualidade do café traria como consequência a priori uma valorização do produto no mercado internacional, gerando conseqüentemente maior lucratividade para o setor, entretanto, para resultar em melhoria da *performance* do café brasileiro no mercado internacional, a inserção de uma verificação sensorial altamente eficiente não é por si só suficiente. Fazem-se necessários também esforços de longo prazo com foco na superação dos defeitos da produção e da comercialização do produto nacional. Outras conseqüências econômicas da língua eletrônica ainda não foram definidas, já que o aparelho ainda não foi comercializado.

Entendendo-se tecnologia como “conhecimento” que pode estar materializado em máquinas, instalações e equipamentos, é de suma importância analisar como aconteceu o desenvolvimento da idéia para criação deste nanosensor.

Fruto de pesquisas de pós-doutorado do cientista Luiz Henrique Capparelli Mattoso nos Estados Unidos, à luz da descoberta do físico Alan Heeger dos polímeros condutores e baseada no Nariz Eletrônico, que são sistemas eletrônicos capazes de distinguir odores, a língua eletrônica foi criada sob a égide do conhecimento gerado na área da Nanotecnologia e das descobertas dos polímeros condutores e das pesquisas do aparelho Nariz Eletrônico de concepção anterior.

Caso este nanosensor ficasse confinado aos laboratórios da EMBRAPA, onde foi desenvolvido, poderia ser classificado simplesmente como uma invenção. Mas, a partir do momento em que uma invenção encontra uma aplicação comercial e é inserida num contexto de mercado ela se torna uma inovação. Esta inserção no

mercado está acontecendo por meio do PQC da ABIC que nota, na língua eletrônica, um importante aliado em sua finalidade que é a melhoria da qualidade do café para elevar o Brasil numa posição de destaque no mercado internacional, principalmente, no mercado de café torrado e moído requisito tão essencial para a garantia da competitividade em países do hemisfério norte.

No contexto das teorias *Demand Pull* e *Science Push* pode-se verificar que a língua eletrônica é claramente a prova de que ambas as teorias são complementares, pois apesar da idéia da língua eletrônica ter se dado através da pesquisa com polímeros condutores, as pesquisas para seu desenvolvimento foram possíveis graças à parceria entre a ABIC, Fapesp, CNPq e EMBRAPA, parceria esta que foi crucial para a satisfação de uma demanda gerada pelo mercado que cresce com base na melhoria da qualidade e do desenvolvimento tecnológico realizado em laboratórios.

Para o Sistema Nacional de Inovação é essencial que as instituições num país interajam. Apesar do estágio em que o país se encontra neste sentido ser ainda incipiente e imaturo, o desenvolvimento da língua eletrônica da forma como se deu, aliando uma amálgama de instituições com um objetivo claro de atender ao PQC para satisfazer a uma demanda que está sendo gerada em nível nacional e internacional através de uma maior exigência em relação à qualidade do produto, prova que é capaz o desenvolvimento de tecnologias avançadas e modernas com a finalidade de satisfazer as necessidades geradas pela sociedade e desta forma, estimular a geração de emprego e renda, imprescindíveis para o desenvolvimento de qualquer país.

A língua eletrônica não só representa grandes possibilidades para o mercado cafeeiro, mas também para o mercado de vinho, leite e outros líquidos.

Outras conseqüências econômicas da língua eletrônica ainda não foram definidas, ou determinadas, pois o aparelho ainda não foi efetivamente posto em comercialização; por isso mesmo, qualquer conseqüência torna-se conjecturas acerca daquilo que pode acontecer. Entretanto, a valorização do produto é uma conseqüência natural do processo de melhoria da qualidade do café como foi comprovado em estudos relacionados à melhoria da qualidade, como o apresentado

nesta dissertação, o que não torna a valorização do produto mera especulação, mas um fato.

A língua eletrônica foi uma tecnologia desenvolvida pelo esforço de alguns cientistas da EMBRAPA em conjunto com a iniciativa de implantação de um programa que vise à melhoria da qualidade, o que prova a qualidade e capacidade dos profissionais de ciência no Brasil. Contudo, é necessário que se invista em pesquisa básica e num programa que vise a maior interação entre as diversas instituições que trabalham com a pesquisa acadêmica e o desenvolvimento de novas tecnologias para que o país possa avançar nisto que é denominado de 5ª Revolução Industrial e para acontecer a aproximação do país na primeira categoria do Sistema Nacional de Inovação, referente aos países que possuem capacidade de geração tecnológica e participação na liderança da produção científica mundial. Só assim o país conseguirá que novos nanosensores sejam criados e que novas formas de trabalho sejam desenvolvidas para que não fique defasado nesta corrida tecnológica. Portanto, é primordial o investimento governamental de forma responsável e que solidifique o país numa posição de respeito junto à comunidade científica mundial. Pois, enquanto o Ministério da Ciência e Tecnologia disponibilizar recursos insuficientes para pesquisas de ponta como às relacionadas à nanotecnologia, o país terá que se contentar com a posição de mero espectador de um dos mais importantes desenvolvimentos tecnológicos experimentados pela humanidade, salvo pelo heroísmo de alguns poucos dedicados cientistas nacionais.

## REFERÊNCIAS

ABIC. **Boletim informativo**, Rio de Janeiro, nº. 355, setembro de 2003.

ABIC. **Programa de Qualidade do Café ABIC**, passo a passo. Revisão 5. Disponível em <[www.abic.com.br](http://www.abic.com.br)> Acessado em 15 junho de 2006.

ABIC. **Programa de qualidade do café**. Disponível em <[http://www.abic.com.br/gar\\_qualidade.html](http://www.abic.com.br/gar_qualidade.html)> Acessado em 15 de abril de 2005.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre ciência e a tecnologia. **Revista de Economia Política**. Vol. 16, nº. 3, p.63, Julho-setembro de 1996.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e Sicsu, João. **Inovação institucional e estímulo ao investimento privado**. *São Paulo Perspec.*, July/Sept. 2000, v.14, n. 3, p.108-114. ISSN 0102-8839.

ALVES, Oswaldo Luiz. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Parcerias Estratégicas**, número 18, Brasília, DF, agosto 2004.

ANDRADE, Margareth Spangler. Parcerias estratégicas em nanotecnologia: a experiência da Fundação Centro tecnológico de Minas Gerais. **Parcerias Estratégicas**, n. 18, Brasília, DF, agosto 2004.

AZEVEDO, P. F. Organização industrial. In: Pinho, D. B & Sandoval de Vasconcelos, M. A. (Org.) **Manual de economia**. 3ª ed. São Paulo, Ed. Saraiva, 1998.

BINSWANGER, H. C. (1997). **Fazendo a sustentabilidade funcionar**. Cap. 2 in Cavalcanti, C. (Org.). Meio ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas 4 Edição. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002.

CARVALHO, Guy. **A qualidade como fator de competitividade para a cafeicultura** in Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil. Viçosa, 1999.

CASTELSS. M. **A sociedade em rede: a era da informação: Economia, Sociedade e Cultura**, v. I, São Paulo, Paz e Terra, 1999.

CAVALCANTI, C (Org). **Meio ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**. São Paulo: Cortez Editora, Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002.

CETCAF. Breve histórico do café arábica no Espírito Santo. Disponível em <<http://www.cetcaf.com.br/Links/cafeicultura%20capixaba.htm>> acessado em 05 de abril de 2005.

CHANDLER, Jr. and Hagstrom (1998). **Perspectives on firm dynamics** in Chandler Jr., A. D., Hagstrom, P e Sovell, O. The dynamic firm: **The role of technology**,

**Strategy, Organization and Regions.** Oxford University Press. Oxford and New York, 1998.

COMCIÊNCIA, **Nos Estados Unidos investimentos podem alcançar os do Genoma,** em 10 de novembro de 2002. Disponível em <[www.comciencia.com.br/nanotecnologia/nano06.htm](http://www.comciencia.com.br/nanotecnologia/nano06.htm)> acessado em 13 de junho de 2006.

COMISSÃO Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum.** Ed. da FGV: Rio de Janeiro Cap. 2 1987.

CORIAT, B. and Dosi, G. **Learning how to govern and learning how to solve problems: On the Co-Evolution of competences, conflicts and Organizational Routines,** in Chandler Jr. A., Hagstrom P. and Solvell, O., 1998.

DALCOMUNI, S. M. **Dynamic capabilities for cleaner production innovation: the case of the market export pulp in Brazil.** Dphil Thesis. SPRU . Brighton, England. 1997

DALCOMUNI, S. M. **Sistemas setoriais de inovação: abordagem tecnológica da firma numa perspectiva evolucionista.** Revista Perspectiva Econômica, ano II, v. I, n. I.

DALCOMUNI, S. M. (Org.) **Textos selecionados em Tecnologia e Teoria da Firma.** Cadernos de Economia. Série textos didáticos N. 1. Mestrado em Economia. UFES, Vitória, 1999.

DALCOMUNI, S. M. **Nanotecnologia, Inovação e Economia: Inter-relações fundamentais para o desenvolvimento sustentável.** in Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente, trabalhos apresentados no segundo seminário internacional, Ed. Xamã, São Paulo, 2005.

DOSI, G. **Sources, procedures and microeconomic effect of innovation".** Journal of Economic Literature, Nashville, vol. 26, nº 3, September, 1988.

DOSI, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, O. and Soete, L. (eds). **Technical Change and Economic Theory.** Pinter Publishers. London and New York, 1988.

DOSI, G., Teece, D. J. and Chytry, J. **Technology, Organization and Competiveness: Perspectives on industrial and corporate change.** Oxford. London, 1998.

EMBRAPA, **Tecnologias repassadas recentemente para a iniciativa privada estarão na Agrishow.** Disponível em <[www.cnpdia.embrapa.br/menuleft\\_evento\\_11052006.html](http://www.cnpdia.embrapa.br/menuleft_evento_11052006.html)> acessado em 20 de setembro de 2006.

EPA (Environmental Protection Agency). **External Review Draft Nanotechnology White Paper.** Washington Dc, USA, 2005.

EPA (Environmental Protection Agency). Disponível em <<http://www.epa.gov>> acessado em 07 de maio de 2006.



FREEMAN, C. and SOETE, L. **The Economics of Industrial Innovation**. Third Edition. First Edited by Penguin Books, 1974. Pinter London. Introduction and Chapter 8 to 18., 1997

FREEMAN, C & PEREZ, C. **Business crises of adjustment: business cycle and investment adjustment** in Dosi, G. et al (eds.) *Technical change and economic theory*. Printer Publisher. London and New York. 1988

PARECE vinho, mas é café. **EXAME**, São Paulo, 2005. Parte integrante da edição 849.

HAMEL, G. and Prahalad, C. K. **Competing for the future**. Paperback ed. Harvard Business School Press. Cambridge Ma, 1996.

INTEL. Disponível em <<http://www.intel.com.br>> acessado em 08 de abril de 2006.

ISTOÉ. **Ciência, Tecnologia & e Meio Ambiente**, em 13 de março de 2004. Disponível em <[http://www.terra.com.br/istoe/1797/ciencia/1797abacadabra\\_02.htm](http://www.terra.com.br/istoe/1797/ciencia/1797abacadabra_02.htm)> acessado em 03 de abril 2006.

GALEMBECK, Fernando; Rippel, Márcia Maria. **Nanocompósitos poliméricos e nanofármacos: fatos, oportunidades e estratégias**. Parcerias Estratégicas, n. 18, Brasília, DF, agosto 2004.

GAZONI, Décio Luiz. **Língua Eletrônica**. 20 de dezembro de 2004. Disponível em <[http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg\\_detalhe\\_coluna.asp?Cod=871](http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg_detalhe_coluna.asp?Cod=871)> Acessado em 24 de fevereiro de 2005.

GLUBER, A., **Technology and Global Change**. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria, (forthcoming).

GRASSI, R. A. **Concorrência Schumpeteriana e Capacitações Dinâmicas: Explicitando os Elos Teóricos**. "Revista Brasileira de Economia de Empresas", v. 5, n. 1, Jan/Jun., Brasília, DF, 2005.

LAÇAVA, Zulmira Guerrero Marques; Morais, Paulo César de. **Aplicações biomédicas de nanopartículas magnéticas**. Parcerias Estratégicas, n. 18, Brasília, DF, agosto 2004.

LASTRES, H & Albagli, S.(Orgs.). **Informação e Globalização na Era do Conhecimento**. 2 tiragem. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1999.

LIFSCHITZ, J. A. ; Brito J. **Inovação Tecnológica, Padrões de difusão e Diversificação: Uma resenha da Literatura**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia Industrial, 1992.

LÍNGUA Eletrônica. Disponível em <<http://inventabrasilnet.t5.com.br/lingua.htm>> Acessado em 24 de fevereiro de 2006.

LÍNGUA Eletrônica estará no mercado em 2006 – A primeira versão a ser explorada é para avaliação do café. In 02 de dezembro de 2005. Disponível em

<<http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=1948>> Acessado em 10 de abril de 2006.

LÍNGUA Eletrônica estará no mercado em 2006 in Informativo da Embrapa instrumentação agropecuária – Novembro/Dezembro de 2005. Disponível em <[http://www.cnpdia.embrapa.br/informativo/nov\\_dez/info04.html](http://www.cnpdia.embrapa.br/informativo/nov_dez/info04.html)> Acessado em 10 de abril de 2006.

LUNDVALL, B. A (ed.). **Innovation as an interactive process: user-producer relations**, in Dosi, G. et ali. (eds), 1988

LUNDVALL, B. A (Ed.). **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Pinter. London and New York, 1992

MALERBA, F. **Sectoral Systems of Innovation and Production**. ESSY Project Paper. CESPRI. Bocconi, Milão, 1999.

MARQUES, B. **Bom café à mesa: brasileiro começa a exigir cafés de qualidade para o consumo diário**. Publicado em 29/07/2004. Disponível em <[www.basilico.uol.com.br/beber/especial\\_cafe\\_002.shtml](http://www.basilico.uol.com.br/beber/especial_cafe_002.shtml)> acessado em 06 de julho 2006.

MARTINS P. (Coordenador). **Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente**. 1º Seminário internacional, Associação Editorial Humanitas, São Paulo, 2005.

MARTINS, P. Engajamento Público em Nanotecnologia. In Fórum Social Brasileiro, 2006. Disponível em <[www.nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal/IIFSB/EnGAJAMENTO%20EM%20NANOTECNOLOGIAFSBABIL2006.ppt](http://www.nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal/IIFSB/EnGAJAMENTO%20EM%20NANOTECNOLOGIAFSBABIL2006.ppt)> Acessado em 05 de junho de 2006.

MARTINS P. (Organizador). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**. Trabalhos apresentados no segundo seminário internacional, Ed. Xamã, São Paulo, 2006.

MCT. **Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia**. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela portaria MCT nº. 252 como subsídio ao programa de desenvolvimento da nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007, Brasília, 2003.

MELO, Celso Pinto; Pimenta, Marcos. **Nanociências e nanotecnologia** in Parcerias Estratégicas, n. 18, Brasília, DF, agosto 2004.

MING, Celso. **Nanicolândia**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 30/05/2004.

NANOSSENSORES na corrente sanguínea. **Sensores do tamanho de moléculas dentro das células dos astronautas podem avisar sobre os impactos da radiação na saúde**. Em 28 de Outubro de 2004. Disponível em <[www.cienciaviva.com.pt/rese/space/home/sugestao24.asp](http://www.cienciaviva.com.pt/rese/space/home/sugestao24.asp)> acessado em março de 2006.

NANOTECNOLOGIA: que bicho é esse? **Timaster**. Em 19 de dezembro de 2005, disponível em

<[http://www.timaster.com.br/revista/materias/main\\_materia.asp?codigo=1076&pag=2](http://www.timaster.com.br/revista/materias/main_materia.asp?codigo=1076&pag=2)> acessado em 13 de junho de 2006.

NASA. **Tumbleweeds in the bloodstream.** Molecule-size sensors inside astronauts' cells could warn health impacts from space radiation. Disponível em <[http://science.nasa.gov/headlines/y2004/28oct\\_nanosensors.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2004/28oct_nanosensors.htm)> acessado em 03 de abril de 2006.

NATIONAL Science Foundation; **Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology**, Arlington, Virginia, 2001.

NNI, **NNI funding in the President's 2007 budget.** Disponível em <[www.nano.gov](http://www.nano.gov)> acessado em 16 junho de 2006.

NELSON, R. R. e WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change.** Estados Unidos: Harvard U. P, 1982.

NELSON, R. R. **Why do firms differ and how does it matter** in strategic Management Journal. v. 12, 1991.

NELSON, R. R. (ed). **National innovation systems: a comparative analysis.** Oxford University Press, New York, 1993.

PATTEL, P. & PAVITT, K. **National Innovation Systems: Why they are important, and how they might be measure and compared.** Economics of innovation and new technology. Basel, v. 3, n. 1, 1994.

PAULA, G. F. **Re: criação língua eletrônica (urgente).** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[vandekoken@terra.com.br](mailto:vandekoken@terra.com.br)> em 07 de julho de 2006.

PENROSE, E. **The theory of the growth of the firm.** Oxford University Press. New York. Third Edition. First published in 1959, 1995.

REBELO, Paulo. **Nanotecnologia recebe reforço de R\$ 71 milhões** in Folha de Pernambuco, Pernambuco, 24 de agosto de 2005. Disponível em <<http://www.rebelo.org/archives/date/2005/08/>> acessado em 25 de abril de 2006.

REVOLUÇÃO. **Ciência, Tecnologia & Meio Ambiente.** 17/03/2004. Disponível em <[http://www.terra.com.br/istoe/1797/ciencia/1797\\_abracadabra\\_02.htm](http://www.terra.com.br/istoe/1797/ciencia/1797_abracadabra_02.htm)> acessado em 16 de abril de 2006.

RIBEIRO, Silvia. **Do campo ao seu estômago.** 11 de abril de 2005. Disponível em <<http://www.mpabrasil.org.br>> acessado em 25 de abril de 2006.

ROCCO, M. C. **Broader societal issues of nanotechnology**, Journal of Nanoparticle Research 5, Arlington, USA, 2003.

ROSENBERG, N. **Perspectives on technology.** Cambridge , Cambridge University, 1976.

SCHUMPETER, J. A., **Capitalism, Socialism and Democracy**, London, 1943.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Originalmente publicado na Alemanha em 1911. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHERER, F.M. **Industrial market structure and economic performance**. Chicago, Rand McNally College, 1970.

SILVA, Cylon Gonçalves da. **Nanotecnologia: O desafio Nacional**. Parcerias Estratégicas, n. 18, Brasília, DF, agosto 2004.

SILVA, Joanir. Disponível em <[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)>, acessado em 21 de fevereiro de 2005. EMBRAPA, Instrumentação Agropecuária.

SOUZA, Nali de Jesus. **Desenvolvimento Econômico**. Ed. Atlas, 4ª edição, São Paulo, 1999.

TEECE, D. J. & PISANO, G. **The dynamic capabilities of firms**: an introduction in Dosi, Teece, D. J. and Chytry, *op. cit.*, 1998.

TIGRE, P. **Inovação e teoria da firma em três paradigmas**. Revista de Economia Contemporânea, n. 3. Rio de Janeiro. IE/UFRJ, janeiro-junho de 1998.

TOMA, Henrique Eisi. **Ética e humanismo em nanotecnologia**. Parcerias Estratégicas, n. 18, Brasília, DF, agosto 2004.

TOTUM, Instituto. **Qualidade**, Padrão mínimo será certificado e monitorado. Disponível em <[http://www.institutototum.com.br/noticias\\_01-09-2003.php](http://www.institutototum.com.br/noticias_01-09-2003.php)> acessado em 10 de abril de 2006.