

Desenvolvimento de Instrumentos Eletrônicos de Medição Via Microcomputador PC

Wilton Ney do Amaral Pereira:

Ulysses Martins Rezende:

Antonio Rodolpho Carneiro Adami:

José Antonio de Azevedo:

wilton.pereira@uol.com.br

urezende@uol.com.br

rodolphoadami@click21.com.br

ja.azevedo@uol.com.br

Depto. Enga. Elétrica, Universidade de Taubaté.

JRW Ind.Com.Eqp. Eletr.Telecom.

Resumo

O artigo apresenta um exemplo de parceria entre dois profissionais do meio acadêmico com dois especialistas do meio produtivo na concepção e instalação de uma empresa de perfil exclusivo e inovador no mercado nacional. Destaca-se, nessa parceria, o elevado potencial sinérgico de iniciativas dessa natureza, uma característica pouco aproveitada no país, onde, salvo raras exceções, os dois segmentos, o acadêmico e o produtivo, cumprem suas tarefas com reduzida interação. Para atuar nos domínios da tecnologia de ponta, em que são necessários recursos humanos de elevada qualificação científica, o meio produtivo usualmente recorre à importação de soluções acabadas, preocupando-se apenas com os processos de fabricação, preferindo pagar os custos do licenciamento da propriedade intelectual externa. O meio acadêmico, por sua vez, dedica-se à pesquisa do conhecimento pouco aderente com a nossa realidade industrial, com nossas limitações de insumos locais ou mesmo mercadológicas. A empresa analisada neste artigo ilustra a associação de quatro engenheiros eletrônicos, todos pós-graduados, dois em exercício da docência superior e dois atuantes no setor comercial-industrial, unindo recursos financeiros e experiência profissional para viabilizar uma pequena empresa exclusivamente nacional.

Palavras-Chave: *empreendedorismo, eletrônica, fabricação, medição, instrumento.*

Designing Electronic Measuring Instruments by PC Microcomputer

Abstract. This paper deals with a partnership example between two professional scholars with two productive field specialists to conceiving and settlement an exclusive profile and innovative enterprise. In this partnership is outstanding the high synergic potential of this kind of initiative, not many turned to account in Brazil, where, regardless occasional exceptions, the academic and the productive society segments accomplish its tasks with reduced interaction. To actuate in the high-tech subjects, where the high scientific qualification human resources are essential, the productive field usually fall back on finished solutions, concerning themselves only with manufacturing process and choosing rather the foreign intellectual property. Otherwise, the academic world deals with knowledge research normally displaced with our industrial reality, local material resources or marketing demands. This paper explains the alliance of the four electronic engineers, half in college teaching and half in action on the industrial and trading field, bringing financial resources and professional skills together to make an exclusively national enterprise.

Key-words: *enterprising, electronic, manufacturing, measurement, instrument.*

I. Introdução

Há muito tempo ocorrem no país intensos debates sobre a necessidade da maior integração entre os meios produtivo e acadêmico. Essas questões tornaram-se relevantes nas décadas sessenta e setenta, na época do memorável esforço que implantou as bases do parque industrial brasileiro, baseado, principalmente, na substituição das importações de produtos industrializados. No mesmo período, houve notável ampliação da rede federal de ensino técnico e superior, quando foram consolidadas as principais universidades federais e a maioria dos centros federais de educação tecnológica, os CEFET. Foi quando este país, com dimensões continentais, predominantemente agropecuário, rural e na periferia da economia mundial, alcançou a notável

marca de oitava economia do mundo livre. Essa privilegiada posição, em parte, ainda se mantém, apesar das periódicas crises da economia mundial e das contradições de nossa sociedade nos últimos vinte anos. Hoje o Brasil ainda é a maior economia latino-americana. É apenas superado pelo México no item exportações anuais, uma decorrência direta do ingresso mexicano no NAFTA.

A Tabela 1 mostra a evolução do PIB (Produto Interno Bruto) nominal brasileiro, calculado a partir do valor de referência em bilhões de dólares americanos, de 2003. Visando apenas a uma primeira comparação, foram tomadas as taxas de crescimento dos anos 2001 a 2006, calculando-se os outros valores do PIB nominal. Cálculos mais exatos exigem considerações sobre as variações cambiais e diferenças do poder de compra de cada nação. A Tabela 1 também apresenta alguns valores do PIB corrente (considerando variações cambiais) e do PIB/PPC (considerando a paridade do poder de compra). Observa-se que, apesar das modestas taxas de crescimento nos últimos anos, a valorização do real em relação ao dólar em 2006 colocou o Brasil na décima posição. Outro aspecto interessante é a mesma posição do Brasil em 2005 e 2006 nas duas formas de cálculo do PIB, tanto nominal como PPC. A Tabela 2 mostra, em ordem decrescente, a lista de 44 países que possuíam, em 2005, PIB corrente igual ou superior a 100 bilhões de dólares americanos.

Tabela 1. Evolução do PIB nominal brasileiro considerando como referência o valor e a taxa de crescimento em 2003. Fonte: IBGE (www.ibge.gov.br/paisesat)

Ano	Posição PIB corrente	PIB referen. ano 2004 (US\$ bilh.)	Variação do PIB (%)	PIB valor corrente (US\$ bilh.)	PIB/PPC CIA WORD (US\$ bilh.)	Posição PIB/PPC
2000	-	482	-	-	1060	-
2001	-	488	1,3	-	1340	-
2002	13°	494	1,9	-	1340	-
2003	14°	493	- 0,2	-	1380	-
2004	15°	518	5,1	644	1490	-
2005	11°	530	2,3	800	1540	11°
2006	10°	550	3,7	1068	1655	10°

Tabela 2. Classificação dos países pelo PIB corrente superior a 100 bilhões de dólares em valor corrente em 2005. Fonte: IBGE (www.ibge.gov.br/paisesat)

Class.	País	PIB (US\$ bi)	Class.	País	PIB (US\$ bi)	Class.	País	PIB (US\$ bi)
1	EUA	11 713	16	Holanda	579	31	Finlândia	193
2	Japão	4 600	17	Bélgica	370	32	Argentina	184
3	Alemanha	2 740	18	Suíça	365	33	Portugal	183
4	Reino Unido	2 124	19	Turquia	363	34	Tailândia	177
5	França	2 046	20	Suécia	358	35	Venezuela	132
6	Itália	1 762	21	Arábia Saudita	314	36	Malásia	131
7	China	1 650	22	Áustria	306	37	Rep. Tcheca	123
8	Canadá	1 131	23	Polônia	291	38	Colômbia	122
9	Espanha	1 124	24	Indonésia	283	39	Nigéria	114
10	Índia	805	25	Noruega	250	40	Chile	111
11	Brasil	800	26	Dinamarca	241	41	Paquistão	110
12	Coréia do Sul	788	27	África do Sul	238	42	Argélia	102
13	México	768	28	Grécia	225	43	Egito	101
14	Rússia	765	29	Irã	216	44	Filipinas	100
15	Austrália	710	30	Irlanda	201			

I.I. Antecedentes históricos

A favorável conjuntura econômica mundial do pós-guerra abriu uma especial janela de oportunidade para a implantação do parque industrial brasileiro. Apesar de uma conjuntura interna adversa, o país soube aproveitá-la, pois não contava com recursos financeiros próprios tampouco com tecnologia industrial nativa para criar, na escala necessária, as suas próprias empresas. A decisão foi acertada, pois com financiamento

externo e processos de produção baseados em tecnologias licenciadas por grupos multinacionais estrangeiros, foi possível viabilizar, em pouco tempo, uma planta industrial competitiva e auto-sustentável sem similar na América Latina. Cabe aqui considerar nossa lamentável situação na década de cinquenta, em que mais de um terço da população brasileira (35%) era analfabeta, o restante era constituído por esmagadora maioria de iletrados, indivíduos incapazes de interpretar textos simples e ínfima parcela com formação superior completa (inferior a 3%). Mais da metade da população tinha idade inferior a 20 anos, atendida parcialmente por um sistema educacional atrasado. O estado da infraestrutura do país seguia padrões africanos. A oferta de energia elétrica, instalações portuárias, rede de transportes e comunicações eram precárias. A poupança interna, em função da pobreza, era quase inexistente. O notável esforço então empreendido pela sociedade brasileira conseguiu, em menos de vinte anos, reverter esse quadro desolador. Hoje são ouvidas críticas severas sobre os caminhos adotados na época para levar o país ao século XX. Uma análise desprovida de vínculos ideológicos, efetivamente neutra e objetiva, indicaria que, naquelas condições, não havia melhor opção para transformar um Brasil agrícola e atrasado na potência industrial da atualidade. Mesmo com declínio das duas últimas décadas, o país sempre se manteve entre as vinte maiores economias mundiais.

Este modelo, entretanto, estabeleceu uma dicotomia entre os meios universitário e produtivo que, de uma certa forma, permanece até hoje. Empresas, inicialmente, foram implantadas e geridas por técnicos e administradores oriundos das matrizes estrangeiras. Esses profissionais foram progressivamente substituídos por brasileiros formados em nossas universidades públicas e privadas. Sob esse aspecto, o meio acadêmico foi eficiente na preparação de recursos humanos destinados à administração e à operação do novo sistema produtivo. Mas é tímido, mesmo hoje, na geração de inovações tecnológicas capazes de elevar ou mesmo sustentar a competitividade industrial do país.

I.II. Investimentos em pesquisas focalizadas na busca de inovações tecnológicas

É interessante estabelecer uma comparação entre países com desenvolvimento semelhante ao Brasil. Eliminando as superpotências econômicas e sociais (EUA, Japão, Alemanha, França, Reino Unido e Canadá), países europeus socialmente muito avançados (nações escandinavas, Bélgica, Holanda) e países com PIB em valor corrente inferior a 100 bilhões de dólares, tem-se a lista apresentada na Tabela 3. Incluiu-se ainda a superfície, população, exportação anual, porcentagem do PIB aplicada em educação, IDH (índice de desenvolvimento humano) e a posição do PIB/PPC destes países. A Itália e a Espanha foram incluídas apenas como referência.

Na Tabela 3, observa-se que a porcentagem do PIB brasileiro aplicado na educação está dentro da média dos países da lista. Considerando nossa extensão territorial, nossa população e o nosso PIB, não é um valor tão pequeno. Aplicamos o mesmo que a Coreia do Sul e o Chile. Mais do que a Rússia, duas vezes mais que a China, a vigorosa economia do século XXI. Recursos existem, mas para onde vão? A Tabela 4 mostra a baixa escolaridade da população brasileira na idade produtiva (faixa etária entre 25/64 anos), em relação às grandes potências econômicas e três vizinhos sul-americanos.

Adicionados aos recursos específicos da educação, existem fundos oferecidos por agências estatais de fomento a P&D (pesquisa e desenvolvimento: CNPq, FAPESP, FAPERJ, FAPEMIG, etc). Foi publicado que, em 2005, no mundo, foram solicitadas 600.000 pedidos de patentes, dos quais 74% ocorreram no Japão, EUA, Coreia do Sul e Europa e 25% das inovações tecnológicas vieram da China, Japão e Coreia do Sul. O Brasil ficou em 13º lugar, com 16.100 pedidos. Foram concedidos direitos para 21.000 empresas estrangeiras e apenas 249 para empresas nacionais.

A dimensão de nosso meio acadêmico (universidades públicas, centros de pesquisa e grupos de pesquisa em instituições privadas) e sua produção em inovações tecnológicas, se comparadas com países em desenvolvimento da mesma classe do Brasil, indicam a modesta contribuição de nossos programas de pesquisa e pós-graduação na conquista de resultados concretos e industrialmente aproveitáveis. Em relação a países recentemente industrializados, como Coreia do Sul, Taiwan, Índia e China, o número de patentes que registramos anualmente é insignificante.

Ainda há pouca interação entre esses dois segmentos: o produtivo e o acadêmico. Há até mesmo franca oposição de influentes grupos de pesquisa na distribuição de recursos públicos na consolidação de qualquer vínculo da atividade acadêmica com a "repugnante ganância" da classe empresarial. Infelizmente essa é a contramão no caminho percorrido por nossos concorrentes, colocando-nos na retaguarda tecnológica dos países mais industrializados. São preciosos recursos retirados de uma sociedade carente como a nossa, em que, muitas vezes, quem decide onde aplicá-los e quem os recebe são oriundos das mesmas corporações acadêmicas.

Tabela 3. Comparação entre países sobre investimento em educação em relação ao PIB nominal, considerando também a superfície, população, IDH e exportação anual. (Fonte: IBGE www.ibge.gov.br/paisesat)

País	Superfície	População	PIB valor nominal	Exportação	Investim.	IDH	Classific. PIB/PPC
------	------------	-----------	-------------------	------------	-----------	-----	--------------------

	1000 km ²	(2006/2007)m ilhões	(2005/2006) US\$ Bilhão	(2003) US\$ Bilhão	Educação % PIB	(2002)	(2006)
Itália	301	58	1760	300	4,75	0,93	6°
China	9600	1300	1650	-	2,08	0,76	7°
Espanha	505	43	1120	155	4,45	0,93	9°
Índia	3288	1100	805	100	4,12	0,6	10°
Brasil	8500	190	800	96	4,22	0,79	11°
Coréia do Sul	99	48	788	194	4,22	0,9	12°
México	1960	107	768	172	5,3	0,81	13°
Rússia	17000	143	765	136	3,75	0,8	14°
Austrália	7700	20	710	72	4,85	0,96	15°
Turquia	800	73	363	47	3,65	0,75	19°
Polônia	323	39	291	54	5,61	0,86	23°
Indonésia	1900	223	281	61	1,23	0,7	24°
África do Sul	1220	47	238	37	5,3	0,66	27°
Grécia	132	11	225	13	3,96	0,91	28°
Irã	1650	71,2	217	34	4,93	0,74	29°
Argentina	2770	39	183	30	4,02	0,86	32°
Tailândia	513	64	177	80	5,23	0,78	34°
Venezuela	912	27	132	24	-	0,77	35°
Malásia	330	27	131	100	8,12	0,8	36°
Rep. Tcheca	79	10	123	49	4,41	0,87	37°
Colômbia	1140	46	122	46	5,2	0,79	38°
Chile	757	16	111	22	4,22	0,85	40°
Paquistão	796	164	110	12	1,79	0,53	41°
Egito	1001	76	101	6	-	0,66	43°
Filipinas	300	83	100	36	3,13	0,76	44°

Tabela 4. População com formação superior (idade entre 25/64 - OCDE 2001)

País	%	País	%	País	%
Canadá	41	Austrália	29	Paraguai	11
EUA	37	França	22	Uruguai	9
Japão	34	Argentina	14	Brasil	8

Muitos dos trabalhos acadêmicos produzidos, de indiscutível valor teórico e amplamente reconhecidos pela comunidade científica internacional, pouco ou nada contribuem ao fortalecimento de nosso segmento industrial, ou seja, justamente o setor que mais contribui para a arrecadação dos impostos, fonte dos recursos que sustentam o meio acadêmico e o segmento universitário público. O meio produtivo industrial é também responsável pela criação e manutenção dos postos de trabalho considerados, pela imensa população brasileira, os melhores e os mais desejados. Nesta equação, qualquer posicionamento corporativista ou ideológico é extremamente prejudicial ao país. A realidade é que poucas indústrias instaladas no país mantêm departamentos de pesquisas e poucos programas de pesquisa e pós-graduação do segmento tecnológico estão efetivamente comprometidos com o fomento de nossa competitividade industrial. Programas e tentativas governamentais para estimular sua elevação aproveitando a competência residente no segmento acadêmico são, muitas vezes, sistematicamente esvaziadas. O empresário ainda é visto com desconfiança, desqualificado sob os "rígidos" critérios acadêmicos e ilegítimo para participar dos colegiados que analisam e decidem sobre a distribuição dos recursos públicos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico. A Tabela 5 apresenta o crescimento das exportações do Brasil, China, Coréia, México e do mundo, entre 1984 e 2004, em bilhões de dólares americanos. Em 1984, com o Brasil já razoavelmente industrializado, todos estavam no mesmo patamar. Vinte anos depois, em 2004, o crescimento das exportações brasileiras foi bastante modesto, multiplicado por 3,4. Destaca-se a China, que multiplicou suas exportações por 23. Esse é um dos principais indicadores da fragilidade de nossa capacidade em agregar valor aos nossos produtos industriais.

Tabela 5. Crescimento das exportações de países emergentes entre 1984 e 2004

País	EXPORTAÇÃO			
	Valor US\$ bilhões		Crescimento (2004/1984)	Variação (%a.a.)
	1984	2004		
Brasil	27	92	3,4	6,3
China	23,9	550	23	16,5
Coréia	29,2	225,8	7,7	10,8
México	29,1	172	5,9	9,3
Mundo	1866	8680	4,6	8,0

A Tabela 6 lista os trinta maiores exportadores do mundo em 2006. O total das mercadorias que circulam pelo mundo atingiu quase 12,5 trilhões de dólares. A Alemanha ultrapassou os EUA enquanto que o Brasil ocupa a 22º posição na lista, representando 1,1% do comércio mundial. É um desempenho medíocre para quem se encontra entre as dez maiores economias do mundo.

Tabela 6. Maiores exportadores do mundo em 2006 (CIA World)

Clas.	País	Export. 2006 (US\$ BI)	Clas.	País	Export. 2006 (US\$ BI)	Clas.	País	Export. 2006 (US\$ BI)
-	Mundo	12 440	11	Bélgica	335	21	Malásia	158
1	Alemanha	1 133	12	Coréia do Sul	326	22	Brasil	138
2	EUA	1 024	13	Rússia	318	23	Emir.Arab.Unidos	137
3	China	974	14	Singapura	284	24	Áustria	133
4	Hong Kong	612	15	México	249	25	Tailândia	124
5	Japão	590	16	Espanha	222	26	Noruega	123
6	França	490	17	Taiwan	215	27	Irlanda	120
7	Reino Unido	469	18	Arábia Saudita	205	28	Austrália	117
8	Itália	450	19	Suécia	174	29	Índia	112
9	Holanda	414	20	Suíça	166	30	Polônia	110
10	Canadá	405						

* Brasil representa apenas 1,1% do comércio mundial

O IBGE, em 2007, introduziu uma nova metodologia para contabilizar a riqueza nacional, melhorando a posição do Brasil na lista dos países classificados pelo PIB/PPC. A Tabela 7 apresenta a nova situação brasileira em 2005 e 2006, segundo o Banco Mundial e o FMI, respectivamente. Retomamos, então, a oitava posição. A lista da CIA World para 2006 não considera os valores recalculados pelo IBGE, mantendo-nos na décima posição.

Tabela 7. Classificação das trinta maiores economias mundiais pelo PIB/PPC dos anos 2005 e 2006, conforme o Banco Mundial e a CIA World

Class.	Lista Banco Mundial 2005 (corr.)		Lista FMI 2006 (corr.)		Lista CIA World 2006	
	País	Bilhões US\$	País	Bilhões US\$	País	Bilhões US\$
-	Mundo	55 938	Mundo	66 229	Mundo	65 950
-	União Européia	12 021	União Européia	13 881	União Européia	13 130
1	EUA	11 651	EUA	13 020	EUA	13 060
2	China	7 542	China	9 984	China	10 170
3	Japão	3 737	Japão	4 170	Japão	4 218
4	Índia	3 390	Índia	4 159	Índia	4 156
5	Alemanha	2 336	Alemanha	2 559	Alemanha	2 630
6	Reino Unido	1 845	Reino Unido	2 122	Reino Unido	1 930
7	França	1 803	França	1 935	França	1 891
8	Brasil	1 769	Brasil	1 803	Itália	1 756
9	Itália	1 622	Itália	1 791	Rússia	1 746
10	Rússia	1 424	Rússia	1 727	Brasil	1 655
11	Espanha	1 069	Espanha	1 214	Coréia do Sul	1 196
12	México	1 018	México	1 172	Canadá	1 178
13	Canadá	1 000	Canadá	1 157	México	1 149
14	Coréia do Sul	986	Coréia do Sul	1 156	Espanha	1 109
15	Indonésia	785	Indonésia	960	Indonésia	948
16	Austrália	610	Taiwan	691	Taiwan	680
17	Turquia	556	Austrália	680	Austrália	675
18	Holanda	517	Turquia	661	Turquia	635
19	Tailândia	515	Argentina	621	Argentina	608
20	Argentina	510	África do Sul	606	Iran	599
21	África do Sul	509	Iran	601	Tailândia	597
22	Iran	514	Tailândia	597	África do Sul	588
23	Polônia	495	Holanda	573	Polônia	552
24	Malásia	255	Polônia	567	Holanda	529
25	Grécia	245	Filipinas	462	Filipinas	450
26	Suíça	244	Grécia	289	Paquistão	438
27	Vietnam	225	Vietnam	284	Colômbia	374
28	Argélia	213	Suíça	272	Arábia Saudita	366
29	Hong Kong	212	Hong Kong	263	Ucrânia	364
30	Portugal	206	Argélia	262	Bélgica	342

* (corr.) : corrigido conforme nova metodologia do IBGE, em março de 2007

II. Considerações sobre Produzir Instrumentos Eletrônicos no País

Considerando o amplo espectro das atividades tecnológicas desenvolvidas no país, é preciso, no entanto, destacar que o cenário nacional da dicotomia entre os meios produtivo e acadêmico não é isotrópico. Há efetiva competência nacional e maior interação entre esses meios em segmentos da construção civil, de grandes estruturas, de materiais convencionais, na agroindústria, etc. O país é auto-suficiente na produção de insumos para atender ao seu parque industrial em materiais de baixo e médio valor agregado, como atuam os setores siderúrgico, petroquímico, metal-mecânico, alimentício, papel e celulose, vestuário, etc.

II.I. O segmento da "alta tecnologia"

Em alta tecnologia, em que o valor agregado representa a maior parte do custo do produto, há expressiva dependência do conhecimento importado. A atuação dos profissionais brasileiros praticamente restringe-se à:

- (a) adaptação de tecnologia importada à produção de bens para consumo interno, cuja concepção do produto, especificações técnicas e processos de produção são originários das matrizes no exterior;
- (b) adaptação de processos de fabricação baseados em tecnologia externa licenciada com insumos nacionais para produzir bens destinados à exportação em nichos onde o país é competente e competitivo;
- (c) integração de dispositivos, subsistemas ou sistemas importados em bens para consumo interno e bens destinados a alguns nichos bem específicos do mercado externo;
- (d) administração da produção e da distribuição ao mercado consumidor, interno e externo.

Conhecido no meio empresarial como o setor das tecnologias "de ponta", esse segmento, entre outros, compreende a microeletrônica, base para os produtos eletroeletrônicos profissionais e de consumo de massa; a informática, tanto *hardware* como *software*; a química fina, base material para todo o setor; a indústria farmacêutica; a mecânica pesada e de precisão; a instrumentação em geral, o setor aeroespacial e de defesa.

A maioria das plantas nacionais atuantes no setor são meras montadoras, onde sub-sistemas ou dispositivos vitais são totalmente importados. Se algum componente é produzido no país, são elementos de baixo valor agregado: embalagem, instruções impressas, caixas e painéis. A tendência, entretanto, face ao elevado "custo Brasil", é importar tudo da China ou de outros países do sudeste asiático via "zonas francas", das quais a mais conhecida é a Zona Franca de Manaus. No Brasil, são feitas apenas a montagem do conjunto e a embalagem para distribuição comercial. Não há, portanto, qualquer atividade considerada como trabalho de engenharia, apenas logística e administração comercial. As etapas de concepção, projeto, prototipagem, engenharia de produto e processo de fabricação já foram implementadas na matriz, localizada no exterior. Modificações significativas no projeto original, especialmente aquelas que comportariam registro de propriedade intelectual, normalmente não são permitidas no "entreposto local".

No segmento industrial eletroeletrônico, salvo algum esforço isolado de nacionalização de produto com mercado cativo local ou externo, a cooperação universidade-indústria é quase inexistente. Se quase tudo vem pronto do exterior e a indústria nacional prefere pagar pelo licenciamento da tecnologia e, em função "do custo Brasil", prefere produzi-la no sudeste asiático, é razoável que não haja mesmo espaço para essa cooperação.

Um grande obstáculo à produção nacional de eletroeletrônicos é a ausência quase total de plantas para a produção local de microcomponentes, principalmente semicondutores discretos e circuitos integrados de alta densidade (LSI e VLSI). Salvo a produção de TRC (em processo de extinção no mercado), montagem de LCD (telas de cristal líquido), telas de plasma e alguns poucos componentes elétricos, mais nada é produzido no Brasil. Qualquer receptor de rádio ou de TV vendido no mercado nacional tem seu projeto, desenvolvimento, fabricação de componentes e processo de fabricação totalmente estrangeiros.

II.II. O polo da eletrônica e das telecomunicações no Sul de Minas

Um dos poucos nichos que ainda permitem a atuação de empresas genuinamente nacionais com possibilidade de sucesso é o segmento da eletrônica profissional. Existem empresas espalhadas pelo país, a maioria na região sudeste. Destaca-se, em particular, a cidade de Santa Rita do Sapucaí, localizada no sul de Minas Gerais, onde existem algumas dezenas de pequenas e médias empresas, todas no segmento da eletrônica.

No Brasil, conhecimento técnico mais avançado e desenvolvimento industrial está tradicionalmente concentrado em grandes áreas urbanas ou em capitais litorâneas. Em Santa Rita, medidas educacionais, implantação de cultura empreendedora e sensibilização da administração pública mostraram que essa tradição pode ser superada.

A origem de tudo foi a iniciativa de Dona Luzia Rennó Moreira, de tradicional família da cidade e também sobrinha do ex-presidente da república Delfim Moreira. Sinhá Moreira, como era conhecida, implantou, em 17 de setembro de 1958, a Escola Técnica de Eletrônica Francisco Moreira da Costa (E.T.E.), baseada em sua visita a um estabelecimento semelhante no Japão e do Decreto Federal nº 44.490, do governo de Juscelino Kubitschek, que criou os cursos técnicos de eletrônica de nível médio no país. A E.T.E. foi a primeira escola do gênero na América Latina e abriu o caminho para que humildes camponeses, sem perspectiva de uma vida melhor, se transformassem nos empreendedores da extraordinária revolução tecnológica oferecida pela eletrônica.

O próximo passo foi a fundação do Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL), em 1965, um estabelecimento de ensino superior e de pesquisa, pioneiro no setor de telecomunicações. Seu tradicional curso de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações, está entre os melhores do país. Recentemente foram criados os cursos de Engenharia da Computação e de Engenharia Biomédica. Na pós-graduação, conta com vários cursos de especialização e um mestrado acadêmico em Engenharia de Telecomunicações. O INATEL destaca-se no meio produtivo pelo seu "Competence Center", onde são oferecidos serviços de telecomunicações, e por sua Incubadora de Empresas, origem de muitas das fábricas e de empresas prestadoras de serviços técnicos instaladas na cidade.

Em 1971, fundou-se a Faculdade de Administração e Informática (FAI), cujo objetivo educacional era formar profissionais do ramo empresarial perfeitamente sintonizados com um mercado de trabalho globalizado e cada vez mais competitivo. Implantou-se o segundo curso superior de informática do estado de

Minas Gerais. Atualmente oferece os cursos superiores de Administração, Sistema de Informação e Normal Superior, além de diversos cursos de pós-graduação em nível aperfeiçoamento e especialização. Possui também a sua própria incubadora de empresas.

A forte integração das três instituições de ensino ofereceu a base intelectual e consolidou a vocação de Santa Rita do Sapucaí para abrigar empresas com densa base tecnológica, constituindo um aglomerado de empresas internacionalmente conhecido como o "Vale da Eletrônica". Ressalvando-se as devidas proporções, o "Vale" é semelhante aos "clusters" implantados pelo governo chinês nas regiões especiais de processamento industrial que hoje assombram as economias ocidentais. A infraestrutura implantada é eficiente e diversificada, suficiente para apoiar as principais fases de produção de equipamentos ou acessórios eletrônicos. Há empresas para confecção de circuitos impressos em várias densidades de integração, montagem automatizada de componentes eletrônicos, processos mecânicos de fabricação (fresagem, usinagem, soldagem, estamparia, moldagem a frio, etc), injeção de plástico, etc.

Santa Rita do Sapucaí é considerada uma das mais promissoras cidades do Estado de Minas Gerais, um de seus maiores polos tecnológicos e reconhecidamente a mais empreendedora (Prêmio Mário Covas). Recentemente, a prefeitura do município implantou sua própria incubadora de empresas. Com isso, existem três incubadoras ativas: INATEL, FAI e Prefeitura.

Os resultados são evidentes: as empresas instaladas em Santa Rita faturaram em 2005 cerca de R\$ 680.000.000,00 (seiscentos e oitenta milhões de reais). Só as empresas graduadas pela incubadora do INATEL tiveram uma participação da ordem de R\$ 20.000.000,00 (vinte milhões de reais).

II.III. Natureza do negócio

Na introdução foi esboçado o cenário que se apresentava, no final de 2006, aos autores do artigo, um grupo de engenheiros interessados em empreender num setor particularmente sensível, buscando implementar uma empresa de pequeno porte no segmento eletroeletrônico, com um perfil exclusivo e inovador no mercado nacional. Estavam conscientes do desafio que um empreendimento desta natureza representava.

A natureza do negócio é a concepção de soluções tecnológicas dirigidas ao desenvolvimento e produção de equipamentos de medidas para o setor eletroeletrônico, o de telecomunicações e o de informática. Busca-se integrar componentes e subsistemas em *hardware* analógico e digital de elevada densidade (circuitos integrados LSI - "Large Scale Integration", ASIC - "Applied Specific Integrated Circuit" e MMIC - "Monolithic Microwave Integrated Circuit"), acessíveis no mercado mundial, por meio de *software* concebido na própria empresa. A meta é atuar em nichos do mercado onde a oferta de instrumentos eletrônicos é limitada pela necessidade de agregar conceitos e materiais de alta tecnologia em produtos em que a escala de produção afasta grandes fabricantes.

Equipamentos com essas características, mesmo em países adiantados, são produzidos por encomenda, não havendo linhas de produção de massa, como ocorre com eletrodomésticos ou materiais da informática popular.

Os instrumentos eletrônicos de medida convencionais podem ser separados em três partes bem distintas:

- (a) sensores ou transdutores que convertem o objeto da medida em grandezas elétricas;
- (b) circuitos eletrônicos de tratamento da informação elétrica para uma forma adequada à apresentação visual;
- (c) painel com controles e elementos de apresentação visual;

A concepção dos instrumentos de medida que serão desenvolvidos pela empresa substitui as partes (b) e (c) por um *hardware* customizado: microcomputadores PC. Em cada aplicação, este *hardware* é reconfigurável essencialmente por *software*, padronizando a "eletrônica" utilizada para implementar o equipamento.

O tratamento analógico é quase totalmente substituído por técnicas de processamento digital de sinais (DSP - "Digital Signal Processing"). Dependendo do tratamento necessário, podem ser empregados desde microcontroladores simples, até complexos subsistemas customizados. Empregam-se FPGA ("Full Programmable Gate Array") para grande densidade de dados ou DSP comerciais (Motorola, Texas Instruments, Analog Devices, etc) em velocidades mais baixas.

As principais funções classicamente implementadas com elementos analógicos discretos, entre elas amplificação, atenuação, filtragem, conversão espectral, modulação e demodulação, podem ser realizadas por meio do processamento digital diretamente via *hardware* ou de forma indireta, via *software* em microcomputadores. Emprega-se *hardware* digital dedicado (microcontroladores, DSP ou FPGA), quando se buscam redução de custo, portabilidade ou grande velocidade de processamento. Se estas condições não forem imperativas, a segunda abordagem é mais interessante. Um pré-tratamento analógico viabiliza a conversão analógico-digital do sinal proveniente do transdutor, produzindo dados compatíveis ao tratamento numérico realizado totalmente via *software* no microcomputador PC. Essas duas soluções caracterizam a filosofia dos instrumentos de medida produzidos pela empresa. É a tecnologia da implementação eletrônica por meio de *hardware customizado*, em que a diferença entre os instrumentos é quase apenas por *software*.

II.IV. Equipamentos de medida na linha profissional

A utilização de microcomputadores PC representa um significativo avanço na instrumentação eletrônica. O desempenho dessas máquinas se eleva exponencialmente, enquanto seu preço se reduz em proporção semelhante. A versão comercial portátil, nas diversas formas: *lap-top*, *palm-top*, etc, há poucos anos com preços acima de US\$ 3.000,00 hoje são acessíveis por US\$ 300,00. Unidades integradas equivalentes a uma CPU completa (placa mãe, microprocessador, RAM, ROM, memória de massa e interfaces), com dimensões reduzidas (pouco maior que um HD convencional) já são disponíveis no mercado com preço da ordem de US\$ 150.00. Para tornarem-se um microcomputador PC completo, basta acrescentar fonte, teclado, *mouse* e terminal de vídeo. Dessa forma, instrumentos de medida concebidos pela empresa serão constituídos por unidades conectáveis a um microcomputador PC ou, se a portabilidade for decisiva, incorporam um PC compacto no interior.

Outra novidade que sinaliza essa tendência é a acentuada queda de preços dos *displays* de uma maneira geral, tanto nas versões LCD (“Liquid Crystal Display”) como em plasma eletroluminescente, uma decorrência da produção automatizada em grande escala que atende ao vasto mercado dos receptores domésticos de TV. *Displays* sensíveis ao toque substituem botões do painel de controle (potenciômetros, chaves seletoras, comutadores) e os elementos de imagem da tela, representam as grandezas medidas (alarmes, pilotos, galvanômetros, indicadores digitais, *bargraphs* e o próprio TRC – tubos de raios catódicos).

Essa nova abordagem na construção de equipamentos de medida permite grande economia nos custos de produção. Uma ampla faixa de instrumentos pode ser implementada a partir de uma matriz comum, pois sua aplicação é determinada pelos elementos transdutores e pelo *software* específico. Há considerável simplificação nos processos de produção, calibração e manutenção, com redução no preço final do instrumento de medida.

Computadores pessoais, na atualidade, fazem parte do cotidiano da sociedade. No lar, na indústria, nos escritórios, no comércio, nas atividades de entretenimento, etc. Já existe uma cultura sedimentada em quase todos níveis sociais sobre a plena utilização das facilidades do PC. Incorporar o computador pessoal como solução de *hardware* e *software* na implementação de instrumentos eletrônicos é a tendência do século XXI.

II.V. Equipamentos de medida em conjuntos didáticos

Nas escolas, desde o nível fundamental ao superior, pela comodidade e pela “cultura do PC”, nota-se claramente a preferência por equipamentos de apoio didático interconectados a computadores pessoais. Esta facilidade oferece interatividade, aquisição automática de dados, comparação confiável das grandezas adquiridas para discussão de resultados obtidos, simulação numérica de modelos matemáticos *on-line* e facilidade para emissão e distribuição de relatórios. Os equipamentos atualmente disponíveis no mercado não atendem a esta característica ou, quando atendem, são inacessíveis à maioria das instituições de ensino em função do preço elevado, tanto do *hardware*, como do *software*. Torná-los atraentes a esse potencial consumidor buscando-se redução de custos é um nicho de mercado ainda a explorar.

Como exemplo, será considerado o conjunto convencional de instrumentos de medida utilizado em qualquer laboratório de ensino de eletricidade e eletrônica em cursos de Engenharia Elétrica. Compõe-se de osciloscópio, gerador de funções, multímetro digital e fonte de corrente contínua simétrica ajustável. Os três primeiros instrumentos são implementáveis com interfaces apropriadas diretamente conectadas em um PC. Um módulo de interconexão apresenta os pontos de acesso das pontas de prova e cabos de injeção de sinais. Deste módulo, há também o ponto de conexão com o PC, via USB (Universal Serial Board) ou porta paralela ou serial. Painéis de controle e elementos de apresentação das medidas (galvanômetros e *displays*) são todos apresentados, via *software*, no monitor do PC, cada instrumento em telas intercambiáveis.

Os procedimentos de cada atividade experimental e eventuais orientações *on-line* seriam gerenciados por um programa tutor. Medidas, armazenadas em planilha eletrônica, ficam disponíveis para comparação com dados obtidos por simulação numérica de modelos teóricos equivalentes e para elaboração de relatórios. Impedidos por *software*, alunos não poderiam transferir arquivos de relatórios para mídias portáteis (disquete, *pen-drive*), impedindo a cópia ilícita entre alunos, uma prática comum nas aulas convencionais nas quais relatórios são extensivamente compartilhados. Só seria permitido enviá-lo ao endereço do professor na rede local.

Outra promissora perspectiva da instrumentação via PC é a viabilização de aulas práticas remotas ou virtuais. Uma das dificuldades do EAD (ensino a distância) na área tecnológica são as atividades de laboratório. A alternativa utilizada é enviar, via postal, conjuntos de treinamentos para cada aluno “distante”. Seguindo instruções impressas ou acompanhado por um tutor via Internet, cada aluno realiza seus experimentos em sua residência ou no local de trabalho. O custo para aquisição dos conjuntos de treinamento em quantidade razoável, instruções e materiais didáticos impressos e, sobretudo, as despesas postais de remessa e devolução de todo o material inviabilizam a oferta de cursos na área tecnológica, em que atividades experimentais são essenciais para que os objetivos pedagógicos dos cursos sejam alcançados.

Uma possível solução para esse impasse seria aproveitar os recursos multimídia oferecidos pela moderna informática. Empregando instrumentos de medida via PC que podem ser operados remotamente, câmeras WEB robotizadas, conjuntos de treinamento com acesso remoto, *softwares* de simulação e gerenciamento, torna-se possível realizar, com eficiência equivalente às aulas presenciais, atividades práticas remotas via Internet. Essa facilidade seria uma revolução no EAD baseada em recursos informáticos hoje, na maioria, restritos à área das ciências humanas.

II.VI. Perfil da empresa, localização e aspectos operacionais

O perfil é, portanto, de uma empresa integradora de *hardware* microeletrônico de elevada densidade, com *software* específico de concepção própria. O resultado dessa combinação é a oferta de equipamentos eletrônicos concebidos com tecnologias de última geração, fabricados e distribuídos, uma linha de instrumentos eletrônicos de medida acoplados a microcomputadores PC.

O *hardware* analógico ou digital emprega microcircuitos e subsistemas de larga utilização no mercado mundial ou é produzido com elementos discretos, por empresas parceiras locais devidamente homologadas. O *software*, entretanto, é desenvolvido exclusivamente pela empresa, única proprietária legal, e é licenciado para uso específico nos equipamentos adquiridos pelos consumidores.

Em função desse perfil, as facilidades oferecidas pelo poder público e características do parque industrial instalado na cidade e adjacências foram elementos decisivos. Sem dúvida, considerando o Sul de Minas, Cone Leste Paulista e a região Sul-Fluminense, a cidade de Santa Rita do Sapucaí foi quem melhor se ajustou às necessidades da empresa. Seu polo tecnológico congrega mais de uma centena de micro e pequenas empresas no setor de eletrônica, telecomunicações e suporte industrial básico. O Arranjo Produtivo Local, termo frequentemente utilizado para designar grupos de empresas de um mesmo setor, localizados em uma região mais ou menos ampla, proporciona a possibilidade de uma maior integração de mercado entre os diversos participantes. Outro importante fator decisivo foi a facilidade representada pelas três incubadoras da cidade com relação ao processo de identificação de parceiros, condição essencial ao desenvolvimento e produção do *hardware* acima descrito.

A presença da ETE, do Inatel e da FAI, tradicionais instituições de ensino muito bem instaladas, oferece recursos humanos nos segmentos essenciais à empresa: técnicos em eletrônica e informática, auxiliares administrativos e engenheiros eletrônicos, com ampla oferta de estagiários, recurso valioso na redução dos custos do projeto e desenvolvimento dos produtos.

O perfil dos sócios proprietários finalmente definiu a área de atuação empresa. São engenheiros eletrônicos especializados em telecomunicações. Para atuar na concepção e projeto de equipamentos que envolvam tecnologia de ponta é necessário possuir sólida formação teórica e substancial experiência prática. Os dois sócios que exercem o magistério oferecem o respaldo acadêmico à experiência dos outros dois sócios do meio produtivo. Em termos da qualificação acadêmica dos sócios proprietários, a empresa conta com um doutor e um mestre em engenharia eletrônica, vetores do acesso aos recursos das agências públicas de fomento. Os outros dois sócios, do meio produtivo, aportam grande experiência gerencial, técnica e articulação com entidades e potenciais clientes da empresa. Essa combinação, de elevada sinergia, espontaneamente reuniu dois segmentos normalmente divorciados na busca de um objetivo comum: implantar uma pequena empresa de alta tecnologia no "Vale da Eletrônica" nacional, algo semelhante o que ocorre desde os anos cinquenta no "Vale do Silício" próximo a São Francisco, nos EUA.

Considerando o perfil profissional dos sócios e a vocação da empresa, um plano de negócios de caráter prospectivo identificou quatro possíveis linhas de atuação:

- a. *Prestação de serviços*: desenvolvimento de produtos para terceiros ou oferta de cursos de treinamento. Esta linha foi prevista para a fase de consolidação financeira da empresa, momento em que qualquer possibilidade de faturamento deve ser explorada. Ela seria abandonada quando a atividade principal da empresa estivesse estabilizada, ou seja, deveria atender ao mercado de instrumentos da linha profissional. A oferta de cursos aproveita a experiência dos sócios oriundos do meio acadêmico. Há razoável demanda por cursos de treinamento objetivos, de curta duração e dedicados a profissionais que buscam aperfeiçoamento ou reciclagem em domínios pouco contemplados por instituições de ensino. A Tabela 8 apresenta algumas possibilidades;
- b. *Produtos de consumo geral*: componentes mais simples, de baixo valor agregado, com demanda constante, buscando cobrir os custos fixos da empresa, apresentados na Tabela 9;
- c. *Produtos para o mercado profissional*: principal atividade da empresa, sua vocação e finalidade. A Tabela 10 apresenta uma lista inicial baseada na possibilidade de plataformas comuns entre vários equipamentos;
- d. *Produtos de apoio ao ensino*: atende a um mercado maior, diversificado, competitivo. É considerada uma atividade alternativa que aproveita as plataformas desenvolvidas para a linha profissional, auxiliando na amortização dos investimentos necessários à consolidação da empresa e complementando seu faturamento bruto. A Tabela 11 lista os seus possíveis produtos.

Os produtos apresentados nas listas não representam as metas efetivas de fabricação da empresa, mesmo em qualquer projeção temporal. São apenas resultado de uma primeira análise do mercado e da capacidade técnica dos sócios. A linha efetiva de produtos que serão lançados dependerá do sucesso na elaboração dos

protótipos, acesso estável aos insumos no mercado local e mundial, viabilidade econômica e das condições do mercado no momento.

Tabela 8. Exemplos de serviços oferecidos pela empresa

nº	Cursos de Treinamento	Público-alvo
1	Projeto de dispositivos passivos em RF e microondas (filtros, acopladores, híbridas, combinadores, etc)	<p><i>Em treinamento:</i> engenheiros e técnicos seniores em eletrônica e telecomunicações, cursos para grupos isolados ou "in company".</p> <p><i>Em serviços técnicos:</i> apoio a grupos de pesquisa ou empresas interessadas em internar ou adaptar tecnologias originárias do exterior.</p>
2	Projeto de dispositivos ativos em RF e microondas (amplificadores, conversores, osciladores, moduladores e demoduladores)	
3	Projeto e técnicas de linearização de amplificadores de potência em RF e microondas.	
4	Comunicação analógica e digital.	
5	Processamento de sinais analógicos e digitais.	
6	Sistemas de TV: CATV e MMDS	
7	Medidas em telecomunicações	
8	Transmissão digital de áudio e vídeo	

Tabela 9. Exemplos de produtos da linha de consumo geral.

nº	Produto	Características e aplicações
1	Protetores de surto multivida	Rede comercial: 0,1 a 1 kVA
2	Dispositivos passivos (filtros, acopladores, híbridas, combinadores, etc)	RF, VHF e UHF Baixa e média potência
3	Fontes de alimentação para conversores de baixo ruído	Fontes lineares e comutadas - MMDS
4	Fontes de alimentação de segurança ("no break") com monitoramento remoto em LAN ou Internet.	Conexão universal na rede comercial Potências de 0,5 a 3 kVA
5	Amplificadores de RF	3 a 3 GHz CATV, MATV e SATV Pequenos e grandes sinais

Tabela 10. Exemplos de produtos da linha profissional.

nº	Produto	Características e aplicações
1	Wattímetro de RF	RF, VHF e UHF (portátil e conexão PC)
2	Medidor de intensidade de campo	CATV e MMDS (portátil e conexão PC)
3	Gerador multiportadoras para alinhamento de redes de dados bidirecionais	CATV e MMDS (portátil e conexão PC)
4	Reforçador de sinal (<i>beam-benders</i>)	MMDS
6	Equipamento para ajuste, monitoração e gerenciamento do ruído em circuitos com retorno	CATV "two-way" padrão DOCSIS
7	Gerador de ruído faixa larga	teste de "cable modem" - padrão DOCSIS
8	Analizador de espectro	0,3 - 2 GHz (analógico e digital - conexão PC)
9	Analizador de redes	0,3 - 2 GHz (escalar e vetorial - conexão PC)

Tabela 11. Exemplos de produtos da linha de apoio ao ensino

n°	Produto	Características e aplicações
1	Bancada convencional de eletrônica com instrumentos de medida de baixo custo, integrados via PC, unidade independente ("stand alone")	Multímetro digital Gerador de funções Osciloscópio Fonte de alimentação CC ajustável
2	Conjuntos didáticos, treinamento nível médio e superior, com supervisão via PC, unidades independentes ("stand alone")	Eletrônica Analógica e Digital, Microprocessadores e Microcontroladores, Controle e Automação, Eletrotécnica, Instalações e Máquinas Elétricas.
3	Conjuntos didáticos avançados, treinamento nível médio e superior, com supervisão via PC, unidades independentes ("stand alone")	Princípios de Comunicações, Comunicação Analógica e Digital, Redes de Dados, DSP, Circuitos de RF, TV Digital, CATV, MMDS.
4	Bancada convencional de eletrônica com instrumentos de medida de baixo custo, integrados via PC, conexão LAN, <i>hardware</i> e <i>software</i> para simulação numérica e gerenciamento remoto adequado para EAD.	Multímetro digital Gerador de funções Osciloscópio Fonte de alimentação CC ajustável
5	Conjuntos didáticos, treinamento nível médio e superior, com supervisão via PC, conexão LAN, <i>hardware</i> e <i>software</i> para simulação numérica e gerenciamento remoto adequado para EAD.	Eletrônica Analógica e Digital, DSP, Circuitos de RF, Microprocessadores e Microcontroladores, Eletrotécnica, Princípios de Comunicações, Comunicação Analógica e Digital, Controle e Automação

A empresa foi instalada em janeiro de 2007 e encontra-se na fase de implantação da infraestrutura mínima operacional (instalações administrativas e laboratório de desenvolvimento). Existem dois protótipos da linha de consumo com aprovação operacional na fase de engenharia do produto. Da linha profissional, há dois protótipos em desenvolvimento.

III. Conclusão

O artigo relatou a experiência de quatro engenheiros eletrônicos na implantação de uma empresa com perfil industrial no Sul de Minas. O destaque foi a associação de profissionais de origens tão diferentes, dois da "academia" e dois da "engenharia de campo", em um empreendimento pouco comum no país: desenvolvimento de instrumentos eletrônicos de alta tecnologia. Na escolha do local para a implantação da empresa, em detrimento das cidades maiores, foram decisivas as características ímpares que compõem a cidade de Santa Rita do Sapucaí, seu bom padrão de renda, sua localização, infraestrutura já consolidada e, sobretudo, a possibilidade do desenvolvimento de parcerias com renomadas instituições de ensino médio e superior em eletrônica e telecomunicações.

Foi um caso de convergência espontânea entre os dois setores, o acadêmico e o produtivo. Há mais de quarenta anos essa prática é uma banalidade no Vale do Silício, onde milhares de pequenas empresas saíram das salas de aula da Universidade da Califórnia, em Berkeley, Stanford e Los Angeles, entre elas a HP, Intel, Microsoft e Apple. Algo semelhante já se iniciou há alguns anos no nosso Vale da Eletrônica. Lá temos a Linear, a Sense, a Leucotron, etc. É preciso, sobretudo, acreditar que também podemos

A empresa, que completará um ano de existência em novembro, tem alguns produtos em desenvolvimento, alguns já na fase de engenharia do produto e outros ainda na fase da definição conceitual. Todos os produtos em desenvolvimento foram previamente submetidos a uma análise prospectiva do mercado latente. A previsão é lançar seus primeiros produtos em 2008.