



# **Relatório de Investigação Tecnológica**

Diligência da Inovação®

“Projetos de Circuitos Integrados com ênfase na Aplicação  
em um Sistema de Monitoramento para Cavitação em  
Turbinas Hidrelétricas”

“Antônio Petraglia”

**Setembro/2008**



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>1. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA</b> .....	4
1.1. Função da Tecnologia .....	4
1.2. Aplicações .....	4
1.3. Tecnologias Similares .....	7
Tabela1: Tecnologias similares .....	7
1.4. Diferencial da Tecnologia .....	8
1.5. Conclusões .....	8
<b>2. PROVA DE CONCEITO</b> .....	10
2.1. Estágio de Desenvolvimento .....	10
2.2. Próximos Passos .....	11
2.3. Conclusões .....	11
<b>3. ESTUDO DE MERCADO</b> .....	12
3.1. Cadeia de Valor .....	12
3.2. Dados do Setor de Circuitos Integrados .....	13
3.3. Segmento de geração de energia .....	14
3.4. Outras Aplicações .....	16
3.5. Modelo de negócios .....	17
3.6. Barreiras de Entrada .....	18
3.7. Conclusões .....	18
<b>4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA</b> .....	19
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	21
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	22

---

<b>Tecnologia:</b>	<i>“Projetos de Circuitos Integrados com Ênfase na Aplicação em um Sistema de Monitoramento para Cavitação em Turbinas Hidrelétricas”</i>
<b>Pesquisador:</b>	<i>Antônio Petraglia (Laboratório de processamento analógico e digital de sinais – COPPE - UFRJ)</i>

---

## INTRODUÇÃO

Circuitos integrados, ou chips, são componentes essenciais de equipamentos eletrônicos, sendo responsáveis por funções como o processamento, transmissão, e armazenamento de dados. Sua aplicação abrange os mais diversos setores, incluindo os de informática, eletrônica de consumo, automobilístico e telecomunicações, dentre outros.

O laboratório de Processamento Analógico e Digital de Sinais da COPPE – UFRJ domina a tecnologia para projetar estes circuitos, ocupando um elo importante de sua cadeia produtiva.

Atualmente, o grupo de pesquisas está envolvido no desenvolvimento de um sistema de monitoramento para a cavitação, fenômeno que causa desgaste em pás de turbinas hidrelétricas. O trabalho, realizado em parceria com Furnas Centrais Elétricas, inclui o projeto dos circuitos integrados que compõe o equipamento. O objetivo é que o aparelho detecte a velocidade do desgaste nas turbinas e indique o momento ideal para realização de paradas para manutenção, de forma que a empresa evite interrupções desnecessárias no funcionamento de seu maquinário.

O presente estudo focou na tecnologia de monitoramento para cavitação, revelando oportunidades para utilização da mesma por diferentes empresas do setor elétrico. Além disso, analisou-se a competência do grupo em projetar circuitos integrados, resultando na identificação de duas possibilidades de modelos de negócio para que a equipe empreenda.

## **1. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA**

Esta diligência possui características especiais, pois a análise mercadológica aqui realizada se baseará em dois pontos:

- i) Competência interna do grupo de pesquisa (plataforma tecnológica), que é a habilidade em projetar circuitos integrados
- ii) Projeto específico desenvolvido com base neste conhecimento.

### **1.1. Função da Tecnologia**

Os circuitos integrados (CIs), também conhecidos como chips, são formados por uma placa semicondutora, geralmente de silício, sobre a qual são construídos transistores, diodos e outros elementos em escala miniaturizada. Os CIs exercem diversos papéis nos aparelhos dos quais fazem parte, incluindo amplificação de sinais e transmissão, processamento e armazenamento de dados. Para que estas funções sejam corretamente desempenhadas, é essencial que todos os seus componentes estejam arrançados de uma maneira adequada e específica. Definir a disposição apropriada destes elementos e desenvolver a topografia única que permite que cada chip satisfaça as necessidades para as quais foi construído são ações que compõem a fase de projeto de um circuito, etapa em que os pesquisadores concentram sua atuação.

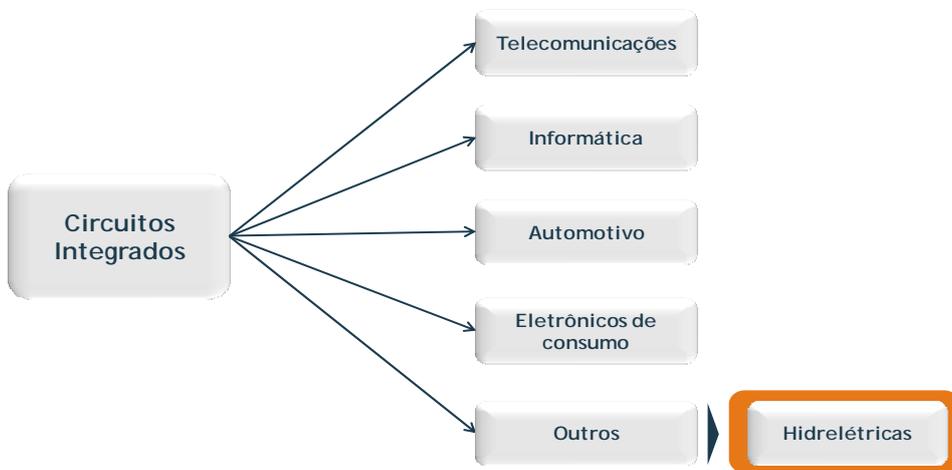
Atualmente, a equipe está iniciando, em parceria com Furnas Centrais Elétricas, o projeto de um chip para atender a uma demanda relacionada ao monitoramento de turbinas em empresas geradoras de energia hidrelétrica.

### **1.2. Aplicações**

Circuitos integrados são amplamente utilizados em todos os tipos de equipamentos eletrônicos, de forma que a habilidade de projetá-los pode ser direcionada aos mais diversos setores, como se vê na figura 1.

Embora a grande gama de aplicações represente uma maior flexibilidade para o grupo, é importante que se identifique áreas prioritárias de atuação que possam servir como pontos de entrada no mercado. Assim, em um primeiro momento, decidiu-se pela análise do potencial de comercialização de soluções que, a exemplo do atual trabalho do pesquisador, atendam a empresas do setor hidroenergético (FIGURA 1).

**Figura 1: Exemplos de áreas de aplicação de circuitos integrados**



Fonte: BNDES, 2003; adaptado por Instituto Inovação, 2008

O projeto em questão visa o desenvolvimento de um sistema de monitoramento para cavitação em turbinas, incluindo o desenho dos circuitos integrados que o compõem. Para auxiliar no entendimento tecnologia, encontra-se a seguir uma breve descrição do problema que as hidrelétricas desejam solucionar.

A cavitação e suas conseqüências:

A cavitação consiste na formação de pequenas bolhas de vapor em um líquido causadas por variações de pressão em seu interior. Tal fenômeno pode ser prejudicial para as usinas hidrelétricas pois a implosão contínua destas bolhas junto às pás das turbinas às vezes resulta, ao longo dos anos, em danos estruturais para os equipamentos (FIGURA 2).

**Figura 2: Esquema do processo de cavitação**



Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

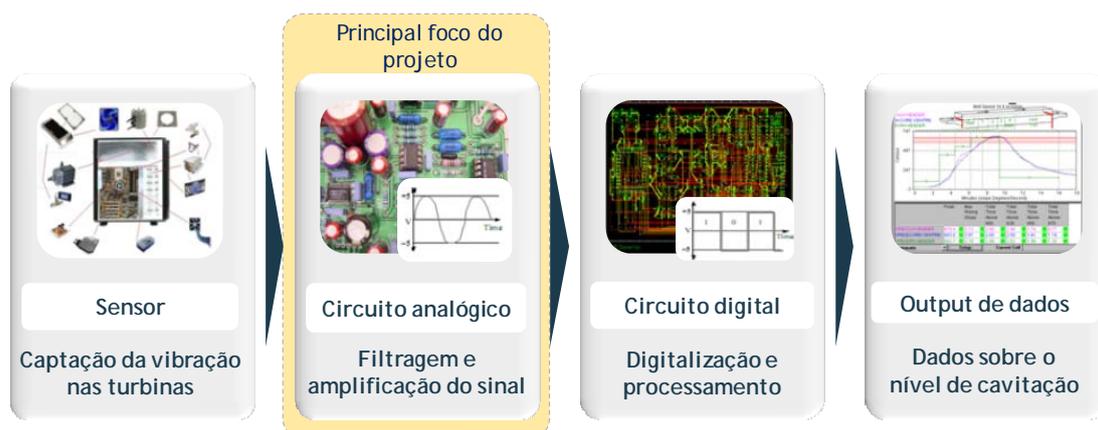
Uma pesquisa qualitativa<sup>1</sup> identificou empresas de geração de energia que possuem danos relacionados à cavitação, o que as força a fazer reparos periódicos em suas máquinas (vide tabela 2). Tais procedimentos de manutenção exigem que as turbinas sejam paradas por períodos de até 30 dias (Fonte: Labsolda). Assim, uma das preocupações destas empresas é a definição do momento ideal para se realizar tais consertos de forma que as interrupções sejam as mais curtas possíveis e os prejuízos sejam minimizados.

### Aplicação da tecnologia

Para solucionar este problema, as empresas de geração de energia podem se valer de sua própria experiência em lidar com as turbinas, utilizar modelos e previsões matemáticas ou ainda recorrer a mecanismos eletrônicos de monitoramento.

A tecnologia do pesquisador consiste justamente no projeto de um sistema eletrônico de monitoramento. Seu funcionamento está esquematizado na figura abaixo (FIGURA 3):

**Figura 3: Funcionamento de um sistema de monitoramento para cavitação em turbinas**



Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

Os sensores instalados nas turbinas detectam a vibração das máquinas e passam este dado para circuitos analógicos e digitais. É feito, então, um processamento do sinal e uma identificação de quanto da trepidação é causada pelos danos relacionados à cavitação. A partir daí o sistema consegue quantificar o fenômeno e dá aos operadores informações relativas à intensidade do desgaste e à necessidade de manutenção.

O principal foco do grupo está no projeto do circuito analógico responsável pelo processamento inicial do sinal. No entanto, este trabalho envolve o desenvolvimento do sistema como um todo, incluindo a criação de algum software que venha a ser necessário e a formação de parcerias para manufatura do circuito.

<sup>1</sup> O Instituto Inovação entrevistou nove empresas operadoras de usinas hidrelétricas de diferentes regiões do país. Maiores detalhes podem ser encontrados no Estudo de Mercado, na seção "Seleção de Foco".

### 1.3. Tecnologias Similares

O mapeamento de soluções similares foi feito a partir de conversas com empresas geradoras de energia e de pesquisas do Instituto Inovação. Os resultados encontram-se na tabela abaixo (TABELA 1):

**Tabela1: Tecnologias similares**

Empresa	Produto	Informações do Fabricante	Comentários	Mais informações
Korto Cavitation Systems	Sistema multidimensional de diagnóstico e monitoramento da cavitação	A empresa coleta dados a partir de sensores instalados em diversos pontos a turbina. Nesta etapa são utilizados acelerômetros, transdutores de pressão, de ruídos e hidrofones. Os dados obtidos são processados para obtenção de informações como: identificação das áreas em que ocorre maior cavitação, sua intensidade, distribuição e causas.	Duas empresas geradoras de energia elétrica entrevistadas (Gerasul e AES) relataram ter recebido recentemente, por email, ofertas de produtos da Korto. O site da empresa indica que ela já realizou projetos no Brasil em empresas como COPEL e CEMIG.	<a href="http://www.korto.com/index_PT.htm">http://www.korto.com/index_PT.htm</a>
Accusonic Technologies	Accusonic Model 7915 Cavitation Monitoring System (CMS)	O sistema mede continuamente o nível de cavitação e exibe o resultado através de um sistema de cores vermelho, amarelo e verde, de acordo com a severidade do problema. Também é calculado um valor que representa a erosão acumulada desde a última manutenção, o que permite a definição de cronogramas mais precisos para manutenção.	Um engenheiro de uma empresa entrevistada (COPEL) já utilizou o produto e não ficou satisfeito com os resultados. Ele comentou que acredita que a Accusonic não atua mais na área de monitoramento da cavitação. O site da empresa não apresenta informações sobre o produto. O link ao lado não parece estar diretamente relacionado ao site da empresa.	<a href="http://www.watersonline.com/product.mvc/Model-7915-Cavitation-Monitoring-System-0001">http://www.watersonline.com/product.mvc/Model-7915-Cavitation-Monitoring-System-0001</a>
Jonas Inc.	Online Corrosion Model	Sistema de monitoração de corrosão baseado em sensores de resistência elétrica que permitem mensuração de taxas de corrosão e cavitação. Os dados são exibidos em um monitor e correlacionados com parâmetros como vazão de água, características físico químicas da água e umidade relativa do ar.	Não está claro se este sistema é aplicável a turbinas hidráulicas. Não foram identificadas empresas que utilizam este sistema no Brasil	<a href="http://www.steamcycle.com/corrosion_monitor.htm">http://www.steamcycle.com/corrosion_monitor.htm</a>

Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

O sistema da Korto Cavitation Systems é o similar com maior potencial para concorrer com o produto dos pesquisadores. Um dos motivos para esta afirmação é o fato de que o mesmo utiliza uma maior diversidade de sensores em relação ao sistema em desenvolvimento, que utiliza apenas acelerômetros. Em teoria, isto o possibilita realizar um número superior de medições e análises. Além disso, o mesmo já se encontra disponível no Brasil e vem sendo divulgado para prováveis clientes, como relatado na tabela acima.

O sistema Accusonic também apresenta em sua descrição diversas funções que o colocariam como um potencial concorrente. Entretanto, informações obtidas com empresas já utilizaram o produto revelaram que o mesmo não atendeu às suas

expectativas. Além disso, um dos entrevistados disse acreditar que sua comercialização tenha sido descontinuada.

Observa-se que a existência de atores internacionais no mercado ajuda a caracterizar a cavitação como um problema real para hidrelétricas, não só no Brasil como no exterior.

#### 1.4. Diferencial da Tecnologia

A figura abaixo destaca o diferencial da tecnologia em relação a outros sistemas de monitoramento disponíveis no mercado (FIGURA 4).



Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

Observa-se que o diferencial se encontra principalmente no funcionamento do circuito integrado analógico. O sistema proposto pelo pesquisador filtra o sinal ainda no domínio analógico para identificar quanto da vibração é causada pela cavitação. O processo de digitalização ocorreria em uma etapa posterior, com o sinal já filtrado e amplificado. Assim, espera-se que os dados finais tenham maior precisão e atendam às necessidades das empresas consumidoras, superando o desempenho dos produtos similares.

É importante ressaltar, no entanto, que a tecnologia encontra-se em estágio embrionário, de forma que o diferencial e os benefícios descritos acima não foram ainda confirmados na prática.

#### 1.5. Conclusões

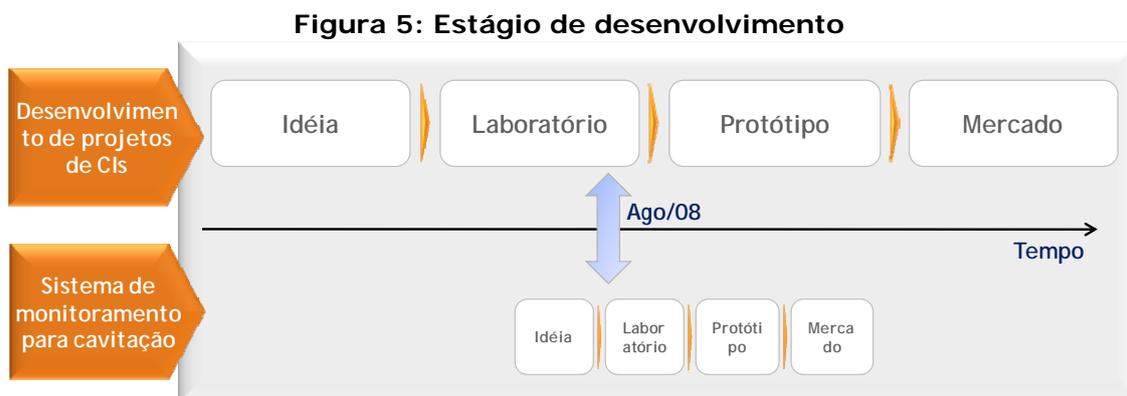
O grupo domina uma plataforma tecnológica com aplicações em diferentes setores, incluindo o de geração de energia. Diversas empresas dessa área enfrentam problemas relacionados à cavitação e buscam soluções para os mesmos. Embora o mercado já conte com algumas alternativas neste sentido, companhias entrevistadas alegaram

que os produtos testados por elas não atenderam de forma satisfatória às suas demandas. Assim, o pesquisador está trabalhando no desenvolvimento de sistema que apresente resultados superiores.

## 2. PROVA DE CONCEITO

### 2.1. Estágio de Desenvolvimento

A figura abaixo mostra o estágio de desenvolvimento das tecnologias (FIGURA 5). Nota-se que aqui se considera a competência interna do grupo de pesquisa (plataforma tecnológica para o desenvolvimento de projetos de Circuitos Integrados: CIs) e o projeto específico desenvolvido em parceria com Furnas (sistema de monitoramento para cavitação).



Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

É importante ressaltar que a “distância” de cada tecnologia até o mercado pode variar ao longo do tempo devido a fatores como aportes de recursos financeiro, alocação de pesquisas, entre outros fatores, que tenderiam a agilizar processo.

#### Desenvolvimento de projetos de CIs

O grupo já projetou 12 circuitos integrados para uso do próprio laboratório, o que comprova a habilidade da equipe em desenvolver trabalhos deste tipo. Entretanto, é importante notar que, como nenhum destes produtos foi feito para clientes externos, ainda não existe uma validação do mercado a respeito do serviço.

#### Sistema para monitoramento de cavitação

Até o momento foram realizados apenas testes preliminares simulando o funcionamento de um circuito analógico. Os resultados prévios foram promissores, de forma que a equipe partirá agora para o desenvolvimento laboratorial do equipamento. Furnas designou uma hidrelétrica para ser utilizada pelo grupo na condução de testes. O projeto tem prazo de **duração de dois anos e dois meses**.

A priori, não seria exagero afirmar que a competência para projetar circuitos integrados está em um estágio de desenvolvimento mais avançado do que o trabalho relacionado à cavitação. Entretanto, observa-se que o tempo estimado até o mercado é superior no primeiro caso. Isto pode ser justificado pelo fato de que, enquanto o trabalho para um cliente específico como Furnas segue uma seqüência de etapas pré-

definidas, a entrada efetiva em um novo mercado como o de projetos de CIs é mais incerta. A inexistência de um case de sucesso que auxilie nas negociações também pode alongar o processo. Neste aspecto, o próprio trabalho para Furnas, quando concluído, poderá constituir um importante marco para o grupo.

## **2.2. Próximos Passos**

Em relação ao desenvolvimento de projetos de circuitos integrados:

- Validação com clientes externos do portfólio de serviços e produtos já desenvolvidos.
- Levantamento da necessidade de recursos para criação da empresa de acordo com o modelo de negócios escolhido (vide item 3.5 'modelo de negócios', na seção 'Estudo de Mercado')

O projeto atual abre a possibilidade de que os primeiros clientes a serem abordados sejam empresas geradoras de energia, por exemplo aquelas entrevistadas na pesquisa qualitativa.

Em relação ao sistema para monitoramento de cavitação

- Início do desenvolvimento laboratorial do circuito integrado analógico.
- Levantamento das competências necessárias para desenvolvimento do sistema como um todo, levando em conta todas as etapas que vão além do projeto de circuitos integrados.
- Mapeamento e formação de parcerias para suprir eventuais necessidades que estejam fora da atuação do laboratório.

No que se refere à equipe, o laboratório conta com cinco docentes que dominam a tecnologia de projetar circuitos integrados. É importante observar, no entanto, que a criação de uma spin-off voltada para a realização de projetos de CIs, exigiria a contratação de projetistas que pudessem se dedicar integralmente à atividade.

## **2.3. Conclusões**

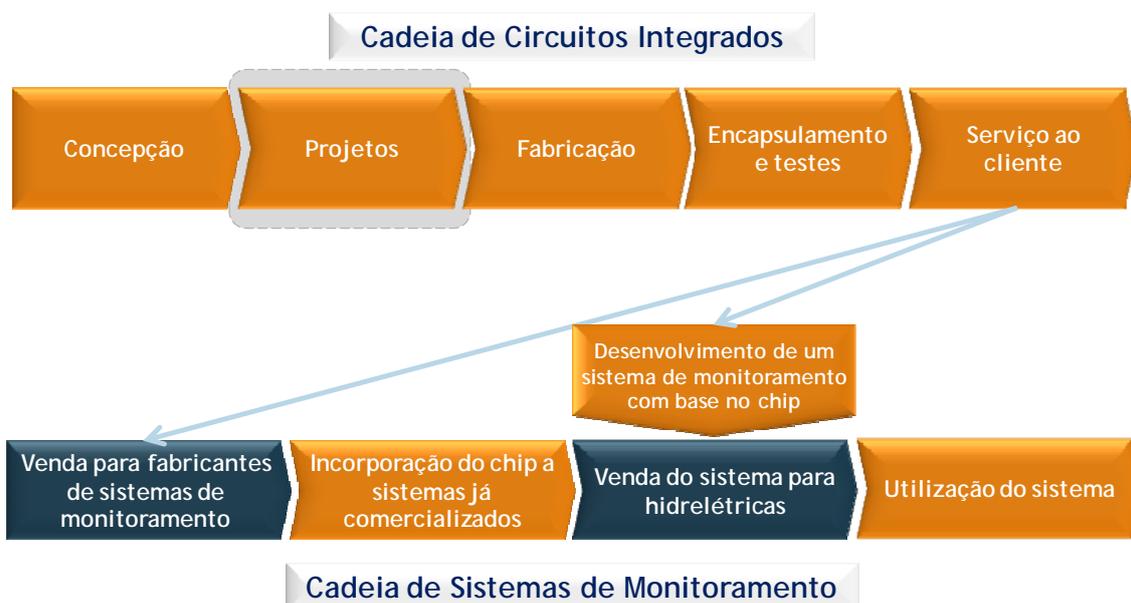
A equipe já realizou diversos projetos de circuitos integrados para uso interno do laboratório e conta com profissionais experientes na área. Embora o pesquisador tenha conhecimento para aplicar sua tecnologia em diversos setores, o fato de o projeto relacionado a hidrelétricas já estar em andamento coloca este segmento em posição de destaque para ser analisado como potencial primeira área de atuação. É importante destacar que a conclusão desse primeiro trabalho poderá ser um importante caso de sucesso para o grupo no que se refere à prestação de serviços para o setor privado.

### 3. ESTUDO DE MERCADO

#### 3.1. Cadeia de Valor

A figura abaixo, elaborada a partir de dados da literatura, ilustra a cadeia de valor de circuitos integrados e mostra como a utilização de sistemas de monitoramento por hidrelétricas se relaciona com a mesma (FIGURA 6).

**Figura 6: Cadeia de Valor**



Fonte: BNDES, 2003, adaptado por Instituto Inovação, 2008

A etapa “projetos”, destacada em cinza, representa a principal área de atuação do grupo de pesquisa.

As etapas destacadas em azul representam dois tipos de clientes potenciais:

- Empresas geradoras de energia hidrelétrica: Sistemas de monitoramento podem ser desenvolvidos diretamente para estas companhias, como é o caso da parceria com Furnas.
- Empresas que fabricam sistemas de monitoramento para turbinas: Existem sistemas que monitoram diversos outros parâmetros em hidrelétricas, e a quantificação da cavitação poderia ser acrescentada a um deles. Assim, os chips projetados poderiam ser vendidos às companhias que os fabricam. Exemplos de empresas que desenvolvem estes produtos incluem: VibroSystM, Bently Nevada(GE), Brüel & Kjaer e SKF; todas estrangeiras.

No primeiro caso, a comercialização se dá diretamente com o cliente final e as demandas estarão mais voltadas para soluções completas, que não se limitam apenas ao circuito integrado. Já no segundo modelo, o grupo de pesquisa pode se concentrar mais em seu principal foco de competências, ou seja, projetos de CIs.

### 3.2. Dados do Setor de Circuitos Integrados

Os circuitos integrados analógicos e digitais compõem, juntamente com os circuitos discretos, o chamado mercado de semicondutores. A seguir encontram-se alguns dados sobre este setor.

Mercado mundial de semicondutores (Fonte: BNDES, 2002):

Números gerais:

- Avaliado em **US\$140 bilhões** em 2002 e projetado em US\$246 bilhões para 2007
- Crescimento de **13,5% ao ano** nos últimos 25 anos e projeção de 12% ao ano para os próximos 5 (BNDES Setorial, 2004)

Segmentos específicos:

- Empresas "*fabless*" e "*Design Houses*" principais modelos de negócio sugeridos para a inserção da tecnologia no mercado, movimentaram **US\$13 e US\$2,1 bilhões**, respectivamente, em 2001 (Vide item 3.5 'Modelo de Negócios').
- A etapa de projetos de CIs é responsável por aproximadamente **18%** do faturamento total do mercado, constituindo o 2º elo da cadeia que mais movimenta dinheiro, atrás apenas da fabricação.
- Os circuitos analógicos, principal foco de trabalho do grupo, representam **16%** da demanda por semicondutores.

No **Brasil**, o mercado de semicondutores atingiu **US\$2 bilhões** em 2002, e acredita-se que este valor tenha alcançado **US\$3,6 bilhões** em 2007 (Fonte: BNDES). O governo possui planos de auxiliar o desenvolvimento do setor e tem tomado ações neste sentido. Uma delas foi a criação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Padis) que prevê isenção de impostos para empresas que atuem no segmento. Outras medidas incluem o incentivo à criação de *Design Houses*, empresas voltadas para a realização de projetos de CIs, e a elaboração do Programa Nacional para a Formação e Projetistas de Circuitos Integrados – CI Brasil, direcionado à formação de profissionais capacitados na área. (Fontes: MCT e FNE). O Programa Nacional de Microeletrônica-Design, tem como meta a criação de 30 design houses nacionais e a atração de 10 DHs estrangeiras para o Brasil dentro de um prazo de 3 anos. O pesquisador disse ainda ter tomado conhecimento sobre um edital público que será lançado em breve e disponibilizará recursos para a criação de *design houses*, favorecendo inclusive aquelas nascentes em incubadoras de empresas (Fonte: MCT).

É importante ressaltar que, embora estas medidas governamentais visem criar um ambiente favorável para a indústria de semicondutores, as mesmas ainda são recentes e ainda não é possível saber quando suas conseqüências práticas poderão ser percebidas.

### 3.3. Segmento de geração de energia

A análise inicial focada em hidrelétricas foi adotada, como discutido anteriormente, devido ao fato de o pesquisador já estar envolvido com um projeto na área. Como forma de se validar esta escolha e avaliar o potencial do setor, decidiu-se realizar uma abordagem direta ao mercado.

Dados do setor mostram que as diversas empresas geradoras de energia existentes no Brasil administram hoje 159 usinas hidrelétricas. Além destas, existem ainda inúmeras pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras; unidades menores controladas por empresas da área ou por produtores independentes. Juntos, estes empreendimentos são responsáveis pela produção de 71% de toda a energia consumida no país (Fonte: ANEEL).

Para o estudo, foi realizada uma pesquisa qualitativa com 9 empresas do setor elétrico responsáveis pela gestão de usinas de diferentes regiões do país. Os principais objetivos foram os de avaliar a percepção das companhias em relação à existência de problemas relacionados à cavitação e analisar a demanda por sistemas eletrônicos de monitoramento. Os resultados encontram-se sumarizados na tabela abaixo (TABELA 2).

**Tabela 2: Resultado da pesquisa qualitativa**

Empresa	Possui problemas com cavitação?	Utiliza algum sistema de monitoramento?	Resumo da entrevista
AES	Sim. A usina de Água Vermelha é um exemplo	Não	A empresa ajusta a faixa de operação das máquinas para reduzir a cavitação e realiza paradas periódicas nos equipamentos para manutenção. O entrevistado acredita que um sistema que indicasse o momento ótimo para realização das paradas seria bem vindo e demonstrou interesse em fazer parcerias para desenvolvimento de uma solução do tipo. O gerente de uma das usinas recebeu recentemente um contato da empresa Korto oferecendo seu sistema de monitoramento.
Celesc	Sim	Não	Atualmente a empresa não utiliza nenhum sistema de monitoramento e acredita que deve mudar esta situação, pois tal fato às vezes acarreta em paradas desnecessárias das turbinas. O monitoramento da cavitação é feito pelos operadores das máquinas a partir do som produzido pelas mesmas. O entrevistado mencionou a possibilidade de realização de projetos em conjunto.
Gerasul	Sim	Não	A empresa adota uma rotina de paradas programadas para verificar a existência de danos causados pela cavitação e para realização de reparos. Dependendo do nível de cavitação observado em cada usina, estas paradas podem ocorrer a cada 4 ou a cada 8 anos. O entrevistado ficou satisfeito com o contato e agradeceu o interesse em abordar a empresa.

Empresa	Possui problemas com cavitação?	Utiliza algum sistema de monitoramento?	Resumo da entrevista
CHESF	Sim	Não, apenas modelos matemáticos de previsão.	A empresa já experimentou alguns sistemas, mas nenhum deles atendeu às expectativas. "Um bom sistema deve ser capaz de avaliar a necessidade de reparos com as máquinas em funcionamento e contribuir para a redução do tempo das paradas". O entrevistado disse que a empresa só teria interesse em tecnologias já comprovadas em outras empresas de grande porte e que funcionasse em máquinas de potência superior a 200 mega wats.
Cemig	Sim, principalmente em usinas mais antigas, pois o material das máquinas novas é mais resistente.	Não. Realiza paradas periódicas a cada 3 ou 4 anos para avaliar a necessidade de reparos	A empresa possui uma linha de P&D voltada para cavitação em parceria com a UFMG e a Fundação Cristiano Otoni. Seu objetivo é desenvolver uma forma de quantificar a taxa de arrancamento de material das pás das turbinas e definir o momento ótimo para a realização de paradas para manutenção. Foi comentado que os principais grupos de pesquisa do assunto estão na Hydroquebec, no Canadá, e no laboratório de Lausanne, na Suíça. Em relação ao mercado, a empresa já testou o produto da Accusonic mas o resultado não foi satisfatório. A Korto também já ofereceu seu serviço, mas o entrevistado disse que o produto deles é caro (orçado em aproximadamente R\$600 mil) e ainda envolve muita pesquisa. "Os técnicos da Korto precisam vir até a usina e calibrar seu sistema na turbina a ser monitorada, o que gasta muito tempo e recursos". Um produto ideal deve integrar e interagir com os sistemas utilizados hoje pela Cemig para monitorar outros parâmetros.
Copel	Sim, a usina de Bento Munhoz (Foz do Areia) é um exemplo	Não. Já utilizou um sistema da Accusonic, mas o mesmo não atendeu às necessidades.	Já testaram sistemas de monitoramento de cavitação, mas nenhum funcionou da forma esperada. "Em geral os sistemas são complexos e não oferecem muita precisão", resultando, segundo o entrevistado, em um "custo benefício muito relativo".
CPFL	Sim	Não informado.	O entrevistado disse conhecer alguns sistemas de monitoramento, mas acredita que nenhum atenda às necessidades da empresa. Foi comentado que informações qualitativas a respeito da existência ou não de cavitação não são suficientes e que o sistema deveria quantificar a perda de material das turbinas ao longo do tempo.
Tractebel	Sim. A usina de Salto Santiago é muito afetada	Não	Danos por cavitação existem e são mais intensos em equipamentos antigos, visto que os novos são feitos de materiais mais resistentes. A empresa realiza paradas preventivas regulares a cada 2 ou 4 anos para condução de pequenos reparos. O entrevistado disse que a empresa consegue prever a necessidade de paradas a partir da própria experiência e não acredita que um sistema de monitoramento tenha muita utilidade prática a não ser para ajudar a determinar a faixa ótima de operação das máquinas
Cesp	Não considera um problema	Não informado	"A Cavitação está sob controle e não é um problema". A empresa já é obrigada a realizar paradas frequentes para manutenção das turbinas por conta do lixo na água.

Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

Nota-se que todas as empresas entrevistadas, com exceção da Cesp, relataram danos de cavitação em suas turbinas. Ainda assim, nenhuma delas utiliza, atualmente, um mecanismo eletrônico de monitoramento. Ao invés disso, são realizadas previsões por modelos matemáticos e paradas periódicas no maquinário para verificar a necessidade

de reparos. Tal situação pode ser explicada, ao menos parcialmente, pelo fato de que nenhum dos entrevistados disse conhecer um sistema eficiente para monitoramento da cavitação. Companhias como AES, Celesc, Copel e CHESF demonstraram maior interesse em um sistema com esta função, sendo que ao menos uma delas, a Cemig, relatou inclusive já possuir atividades de P&D voltadas para o seu desenvolvimento.

Vale à pena destacar o fato de que entrevistados de diferentes companhias mostraram-se satisfeitos com o contato, sendo que dois deles mencionaram a possibilidade de realização de projetos em parceria com o grupo de pesquisa da COPPE - UFRJ. A tabela abaixo (TABELA 3) relaciona os dados para contato com estes interessados

**Tabela 3: Contato dos entrevistados que demonstraram interesse em realizar projetos em parceria com o pesquisador**

Empresa	Entrevistado	Área	Telefone	Comentários
AES	Edvaldo Lipe	Engenharia	(14)2106 3425	Edvaldo mostrou-se interessado e pediu para que o contato fosse feito com Fabio Dotto, consultor da AES responsável pela área de P&D. Seu telefone é (14)3231 2233 / (14) 9701 2049. Email: fabio@farolconsultoria.com.br
Celesc	Marcelo Junkes	Engenheiro do departamento de geração de energia	(48)3231 5590	Disse estar disposto a analisar o projeto para uma possível parceria.

Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

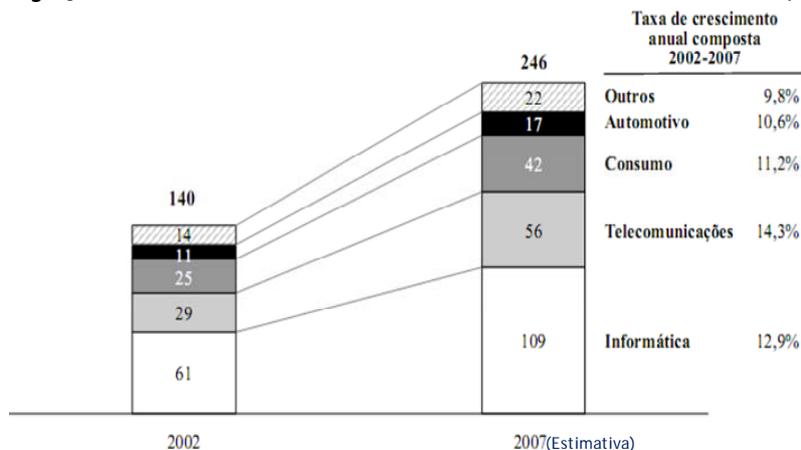
É importante atentar para o fato de que o grupo, mantendo o foco em empresas de geração de energia, pode atuar no desenvolvimento tanto de circuitos integrados quanto de sistemas de monitoramento completos. A escolha por uma destas opções é de grande importância, pois afeta a definição do modelo de negócios e dos clientes-alvo, como discutido no item 3.1 'Cadeia de Valor'.

### 3.4. Outras Aplicações

Ressalta-se a flexibilidade que o grupo possui para projetar circuitos com aplicações em diferentes setores. Tal fato constitui uma segurança para o caso de o potencial do mercado hidrelétrico se mostrar aquém do esperado, além de representar uma oportunidade para expansão do negócio.

A figura abaixo relaciona as principais fontes de demanda de circuitos integrados atualmente (FIGURA 7).

**Figura 7: Projeção da demanda do mercado de semicondutores (US\$ bilhões)**



Fonte: BNDES, 2003

O próprio laboratório já possui idéias para projetos de circuitos integrados com aplicações em diferentes áreas, incluindo transmissão de sinais por fibra óptica e processamento de sinais de imagens em câmeras digitais.

### 3.5. Modelo de negócios

A tabela abaixo descreve os dois modelos de negócios identificados como os de maior potencial para as tecnologias do grupo (TABELA 4).

**Tabela 4: Modelo de Negócios**

Modelo	Forma de atuação	Produtos oferecidos	Comentários
<i>Design House</i>	<i>Design Houses</i> são empresas focadas no desenvolvimento de projetos de circuitos integrados.	Projetos de CIs	A equipe já realizou diversos projetos do tipo e conta com profissionais experientes. Neste modelo os projetos são vendidos a empresas que fabricam chips ou que terceirizam esta competência.
Fabless	O modelo "Fabless" se refere a empreendimentos que atuam na cadeia de CIs sem atuar na fabricação e si, terceirizando esta etapa. Assim, a empresa cuidaria não só da fase de projetos, mas também da realização de parcerias para fabricação e encapsulamento.	CIs prontos, manufaturados por terceiros	O laboratório já possui experiência na gestão de parcerias para fabricação de CIs em escala laboratorial. Ao utilizar este modelo para entregar ao cliente o produto final, ao invés de somente o projeto, o grupo pode agregar valor ao seu trabalho.

Fonte: Análise, Instituto Inovação, 2008

As maiores possibilidades para geração de valor estão em uma empresa que aproveite o principal diferencial do grupo, ou seja, a habilidade de projetar circuitos integrados e de atuar em parceria com elos adjacentes da cadeia.

O trabalho com Furnas vai um pouco além deste foco ao visar o desenvolvimento de todo um sistema de monitoramento, transformando-se em uma solução de automação completa. Em projetos futuros, é importante que o grupo avalie os prós e os contras de uma eventual parceria com empresas que já atuem na área de automação ou que desenvolvam sistemas de monitoramento. Assim, a equipe pode optar por um desenvolvimento em conjunto caso o mesmo se mostre mais vantajoso.

Conclui-se que o grupo possui opção de atuar na entrega de: projetos de CIs, chips manufaturados por terceiros ou sistemas de automação. No último caso, verifica-se uma ampliação do escopo inicial do modelo de negócios sugerido acima.

Um importante diferencial da criação de uma empresa em relação à situação atual do laboratório é a necessidade de uma postura mais empreendedora, que resulte em um posicionamento mais ativo no mercado para prospecção de clientes e ganhos de escala.

### **3.6. Barreiras de Entrada**

Abaixo estão relacionadas algumas das barreiras para a criação de uma empresa no setor de circuitos integrados:

- Concorrência com *Design Houses* nacionais ou internacionais - Os incentivos governamentais tendem a aumentar o número de empresas do setor no Brasil, o que poderá trazer potenciais parceiros mas também concorrentes.
- Dificuldade para captação inicial de clientes
- Disponibilidade de projetistas de CIs qualificados
- Necessidade de capital para inicialização da empresa

### **3.7. Conclusões**

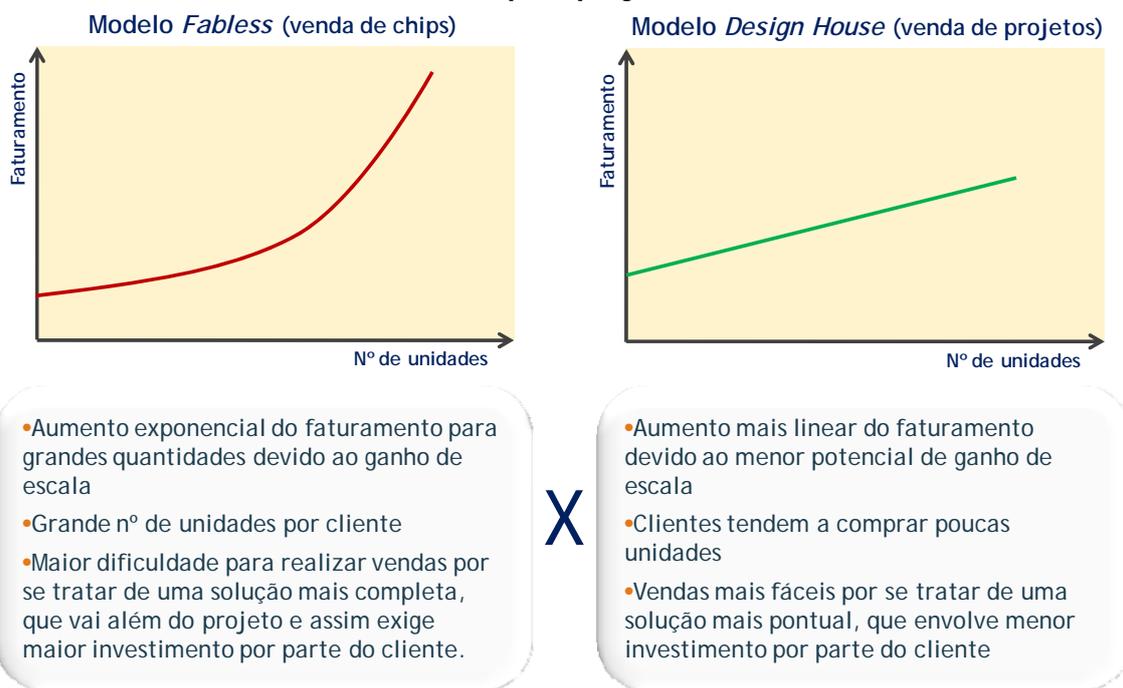
A partir da pesquisa qualitativa realizada, conclui-se que outras empresas do setor de energia podem se interessar por produtos similares ao que está sendo desenvolvido para Furnas. Observa-se também, a partir do preço praticado por um dos concorrentes (Korto), que a tecnologia possui grande valor agregado.

O setor de semicondutores, principal foco de atuação dos pesquisadores, é uma área considerada estratégica pelo governo e deve receber incentivos diversos nos próximos anos. Tal fato representa uma oportunidade para que a equipe atue neste setor empreendendo a partir de um dos modelos: *Fabless* ou *Design House*.

#### 4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Devido ao estágio de desenvolvimento prematuro da tecnologia e à incerteza a respeito de qual modelo de negócios seria o mais vantajoso, decidiu-se por não realizar uma análise econômica baseada em valores. Ao invés disso, optou-se por um paralelo entre a venda de circuitos integrados em si e a de projetos, relacionando algumas das principais características associadas a cada situação (FIGURA 8).

**Figura 8: Relação entre faturamento e nº de unidades comercializadas para venda de chips e projetos de CIs**



Fonte: Análise Instituto Inovação, 2008

A figura procura chamar atenção para pontos importantes a serem ponderados, como a possibilidade de se explorar o ganho de escala na produção e a diferença entre se realizar vendas maiores ou mais freqüentes.

Entretanto, é importante lembrar que o sucesso ou mesmo o faturamento total da empresa não estão limitados a estes fatores, sendo importante que se considere questões como o valor agregado das soluções oferecidas e a facilidade para se conquistar clientes, dentre outras. O fato de o potencial de faturamento ser maior no modelo *Fabless* também não implica, necessariamente, que este seja o modelo mais lucrativo, visto que os custos envolvidos também podem ser maiores.

A opção pelo modelo *Fabless* também requer um posicionamento mais ativo dos empreendedores no mercado, visto que serão necessários esforços para gerenciar questões como as parcerias com empresas fabricantes no exterior e a logística de entrega e distribuição de encomendas de grande escala.

Observa-se que capacidade do grupo de entregar diferentes produtos aumenta o potencial de viabilidade do negócio. Até o presente momento, não foi possível definir o modelo de atuação ideal, e a decisão final sobre quais serviços serão comercializados deve levar em conta tanto a preferência dos empreendedores quanto a dos clientes conquistados. Sugere-se que o negócio se inicie como uma *Design House*, modelo mais alinhado com o foco de competências do grupo, e que, após seis meses, o mesmo seja revisto e adaptado de acordo com a realidade da empresa. Durante este “período de avaliação”, é importante que se mantenha um olhar atento para o mercado, de modo a se identificar qual solução mostra maior aderência (vide o item ‘Recomendações’ no capítulo 5.).

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### Quanto ao potencial de geração de valor:

- A competência do grupo em projetar circuitos integrados pode ser aplicada a diferentes áreas
- O setor de semicondutores é considerado estratégico pelo governo e deve receber incentivos diversos ao longo dos próximos anos
- O projeto sobre monitoramento de cavitação atende a uma demanda real de diversas empresas geradoras de energia e pode ser oferecido a outras companhias além de Furnas.
- As tecnologias do grupo têm potencial para ser aceleradas através da atuação da incubadora.

### Quanto estágio de desenvolvimento:

- O projeto com furnas já passou por testes preliminares e deve ter seu desenvolvimento laboratorial iniciado em breve.
- O grupo já completou o desenvolvimento de diversos circuitos integrados para uso do próprio laboratório, validando a competência da equipe em projetar CIs. Furnas será o primeiro cliente externo para a tecnologia.

### Recomendações:

- Os pesquisadores devem, na medida do que é permitido por seu acordo com Furnas, entrar em contato com outras empresas geradoras de energia para avaliar o potencial de realização de negócios ou parcerias com as mesmas.
- Os empreendedores devem estar atentos à legislação vigente e a editais públicos para aproveitar ao máximo os benefícios governamentais para o setor de semicondutores.
- Inicialmente, recomenda-se a criação de uma *Design House* aproveitando a estrutura e o apoio da incubadora da COPPE – UFRJ. Sugere-se que durante os primeiros 6 meses de atuação da empresa o grupo converse com clientes e parceiros potenciais e, ao final deste período, avalie juntamente com a equipe da incubadora a viabilidade e atratividade de expansão das atividades para atuação como uma *Fabless*.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANEEL. Banco de Informações de Geração: Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>. Acesso em: 02 set. 2008.
- BNDES - Departamento da Indústria Eletrônica. **Estudo sobre o setor de semicondutores (sumário executivo)**. 2003.
- BNDES - **Estratégia para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil**, BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 19, p. 3-22, mar. 2004
- LABSOLDA/UFSC - **Sistema e Processo de Soldagem**: Vencendo a erosão das turbinas.. Disponível em: <<http://www.labsolda.ufsc.br/reconhecimento/finep.php>>. Acesso em: 12 ago. 2008.
- LUCÉLIA BARBOSA. Federação Nacional Dos Engenheiros (FNE). **Circuito integrado *made in* Brasil**. Disponível em: <[http://www.fne.org.br/fne/index.php/fne/jornal/edicao\\_73\\_jun\\_08/circuito\\_integrado\\_made\\_in\\_brasil](http://www.fne.org.br/fne/index.php/fne/jornal/edicao_73_jun_08/circuito_integrado_made_in_brasil)>. Acesso em: 12 ago. 2008.
- MCT/ Assessoria de Imprensa - **Governo regulamenta programa de apoio a setor de semicondutores**. Disponível em: <[http://www.adadigital.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=865:governo-regulamenta-programa-de-apoio-a-setor-de-semicondutores&catid=51:cienciaecnologia-e-inovacao&Itemid=161](http://www.adadigital.net/index.php?option=com_content&view=article&id=865:governo-regulamenta-programa-de-apoio-a-setor-de-semicondutores&catid=51:cienciaecnologia-e-inovacao&Itemid=161)>. Acesso em: 01 set. 2008.
- MCT - **Programa Nacional de Microeletrônica – Design**. Disponível em: <<http://ftp.mct.gov.br/Temas/info/Palestras/ProgMicro.htm>>. Acesso em: 02 set. 2008