

# GESTÃO TECNOLÓGICA: UMA ABORDAGEM SOBRE DESENVOLVIMENTO DA COMBUSTÃO INDUSTRIAL SEGUNDO A REALIDADE BRASILEIRA

**Edson José Joaquim de Souza**

Petrobras SIX, rod. BR 476, Km 143, São Mateus do Sul-PR,  
edsouza@petrobras.com.br

**Cristiane Lodi,**

Petrobras Gás & Energia-MC/Tecnologia para Desenvolvimento do Mercado, Av. República do Chile, 500- 22 andar  
cristianelodi@petrobras.com.br

**Resumo** – A atividade de combustão industrial no Brasil sempre guardou peculiaridades em relação a outros países, tanto os chamados desenvolvidos quanto os de nível de desenvolvimento industrial similar. Particularmente nas décadas de 80 e 90 fatores como a alternância das taxas de crescimento, a demanda pelo controle de emissões atmosféricas e principalmente a entrada do gás natural na matriz energética contribuíram para uma realidade tecnológica diferenciada na área de combustão. As necessidades atuais demandam soluções tecnológicas bastante diversas que vão desde a aplicação de conceitos básicos de combustão até soluções altamente especializadas, muitas vezes carentes de conhecimento a conquistar. As diretrizes para a classificação, priorização e investimento em programas de P&D devem considerar tais peculiaridades. O atual estágio do conhecimento acadêmico brasileiro na área de combustão, institutos de pesquisa e empresas, permite atender as necessidades tecnológicas do país nessa área, inclusive com espaço à inovação. O desafio, contudo é concatenar os atores dentro de uma política consistente de gestão, pluralizar o conhecimento corrente e acelerar o desenvolvimento tecnológico em combustão industrial. Este trabalho aborda critérios para a gestão do conhecimento, prospecção e investimento em programas de P&D na área de combustão industrial, efetivamente mais sintonizado com a realidade da indústria brasileira.

**Abstract-** Combustion sciences in the Brazilian industry have always had important difference of other developed and developing countries. Over the last twenty years the dangling economical growing tax, new emission control demands and the harder presence of natural gas in the Brazilian energy matrix have led to an uncommon technology pattern in industrial combustion. Nowadays the Brazilian industry, which deals with combustion in boilers, furnaces and heating demand non-conventional solutions. Some problems may be easily solved by the application of combustion fundamentals and thermodynamic principles; others yet really need an updated approach and high tech solutions – some of them based upon upcoming knowledge. Any managing approach for classifying and ranking research and development projects must consider such differences. The actual Brazilian knowledge in combustion sciences allows fitted solutions to almost all industry needs and also opportunities for innovation. However the main challenge is to join and keep all players and drivers under the same target, spreading the available knowledge in order to reduce the technology gap and promoting the development in combustion sciences. This paper presents a set of guidelines for knowledge managing, prospecting and investment in R&D programs in the field of industrial combustion in Brazil.

*Palavras-Chave: combustão, programas de P&D, indústria brasileira.*

*Keywords: combustion, R&D programs, Brazilian industry.*

## 1. Introdução

Os segmentos da indústria brasileira que empregam processos de conversão de combustíveis apresentam um persistente contraste tecnológico que prejudica o seu desenvolvimento e competitividade internacional. Por um lado existem empresas que se mantém tecnologicamente atualizadas, lançando mão de tecnologias de ponta em processos de queima de combustíveis. A ambiência criada por essas organizações permite o acesso a tecnologias avançadas em combustão e proporciona um nivelamento com concorrentes internacionais dentro de uma vanguarda tecnológica em combustão industrial (Leuckel,2002). Atualmente essas indústrias têm necessidades mais específicas que demandam soluções baseadas em conhecimento recentemente conquistado ou ainda a conquistar.

Outros segmentos, por sua vez, empregam tecnologia desatualizada, até mesmo obsoleta em combustão com conseqüente desperdício de energia e altos níveis de emissões. São atividades que muitas vezes poderiam ser melhoradas com o emprego de conceitos básicos de termodinâmica, de controle de queima ou mesmo o manuseio adequado de combustíveis. A realidade brasileira mostra que essas empresas, em sua maioria de pequeno e médio porte, demandam soluções simples que envolvem conceitos básicos, simplesmente abordados em cursos de graduação de engenharia. Essa realidade está ainda presente, apesar dos heróicos esforços de entidades dedicadas à pequena e média indústria.

A solução para o atendimento desse universo de demandas tecnológicas, independente do porte ou segmento do usuário final, é desafiadora e peculiar. Embora aparentemente óbvia, a forma de gestão dos recursos para investimento em P&D no Brasil deve necessariamente ser diferente dos métodos internacionalmente conhecidos. A escassez de recursos para investimento, a busca da pluralização e permeação de conhecimentos adquiridos e o incentivo a investigação científica são apenas alguns dos elementos envolvidos.

Falar em Pesquisa e Desenvolvimento na área de combustão industrial significa desenvolver ações no curto, médio e longo prazo, atrelando conhecimentos adquiridos, disponíveis hoje na academia, conhecimentos em processo de aquisição e consolidação e finalmente a inovação tecnológica propriamente dita.

Nesse contexto, os principais atores dessa rede para uma gestão consistente são: a academia, o usuário final, o empreendedor e, indispensavelmente, o gestor da política de P&D. A ausência de quaisquer deles, em especial dentro do modelo capitalista vigente, deixa a rede deficiente com grande chance ao insucesso.

## 2. A Combustão Industrial no Brasil

A Revolução Industrial, um dos principais marcos da história da conversão de combustíveis, foi marcada pela substituição da manufatura artesanal pela produção seriada e mecanizada. Teve início nos primeiros anos do século XVIII com Savery, Papin e Newcomen que ao buscarem soluções para o bombeamento de água potável inventaram o “motor” de bombeamento. Era o começo de uma saga de criações, culminando em 1784 com a máquina a vapor de J. Watt, materialização maravilhosa das então consolidadas relações termodinâmicas. Além de teares mecanizados, a máquina a vapor abriu múltiplas possibilidades de uso devido a sua revolucionária forma de geração de energia motriz. O princípio de funcionamento da máquina de Watt reinou soberano até a invenção da turbina a vapor no século XX, fato também importante que consolidou completamente a conversão de combustíveis para a geração de calor e movimento.

A história da combustão sempre teve estreita relação com a dos combustíveis. Ao longo dos séculos XVIII e XIX os combustíveis mais utilizados em atividades de produção eram a biomassa, principalmente a lenha e gordura animal como óleo de baleia, de peixe e suínos. A demanda por energéticos mais fortes deu espaço ao carvão mineral, popularmente usado na Inglaterra e norte da Europa (Andrews, 2005). Posteriormente a atividade de combustão no mundo seria fortalecida pela franca utilização de derivados de petróleo, inicialmente para iluminação de grandes centros no final do século XIX e início do século XX. A popularização ocorreu com a chegada dos motores de combustão interna, dando início à era do automóvel. Nessa época, chegavam à Europa e à América do Norte os primeiros conceitos sobre produtividade e competitividade industriais. O principal avanço científico, entretanto, era a diferenciação entre a deflagração e a detonação na reação de combustão, proposta por Chapman e Jouguet em 1900 (Andrews, 2005).

A combustão industrial no Brasil deu seus primeiros passos com a industrialização do sudeste, iniciada no final do século XIX. Nessa época o uso da lenha era ainda bastante freqüente. Se na Europa as primeiras fornalhas eram baseadas emlareiras de arrefecimento doméstico contra as baixas temperaturas, no Brasil tornaram-se uma mera escalada dimensional de fornos de cocção, de conformação de metais e alambiques de fazendas de cana de açúcar.

Na Europa e América do Norte, contudo, a atividade tomava um caminho diferente. Durante a primeira grande guerra e o período de reconstrução da Europa na década de 20 surgiu a ambiência necessária ao extraordinário desenvolvimento industrial norte-americano. A crescente demanda por energia indicou o uso de combustíveis de maior poder calorífico, consolidando o uso de combustíveis fósseis. Iniciava-se a sociedade do combustível.

A indústria petrolífera demandou forte desenvolvimento das ciências da combustão. Originalmente, a popularização indiscriminada do uso de caldeiras e fornos de destilação de petróleo levou a muitos acidentes envolvendo explosões de fornalhas. Grandes perdas de equipamentos e, sobretudo, vidas humanas foram registradas nessa fase. Sabia-se pouco sobre o controle e a estabilidade de chama em um queimador industrial, notórios responsáveis por grandes explosões. Outro fato marcante decorrente de tais acidentes foi o estabelecimento de códigos de projeto para caldeiras e vasos de pressão pela Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos, o ASME.

O curso das atividades de pesquisa e desenvolvimento em combustão só foi alterado com a escassez de energéticos durante a segunda grande guerra. Os países envolvidos trabalharam nos principais conceitos de conservação de energia, pouco presentes na indústria até então. Esses conceitos seriam nova e fortemente utilizados mais tarde com a crise do petróleo na década de 70.

Finalmente o grande elemento motivador das pesquisas nessa área nos anos 80 e 90 foi o controle de emissões poluentes oriundas da combustão. Embora a relação entre queima e poluição tivesse sido estabelecida há muito tempo, com os eventos das chuvas ácidas de Londres na década de 20, o estudo da geração de poluentes como elemento motivador de pesquisa científica em combustão só veio à tona nas décadas de 70 e 80 nos EUA, Japão e Europa. Tal tendência se perdura ainda fortemente nos dias de hoje. Podem-se, então, relacionar quatro marcos notáveis:

- O estudo da estabilidade de chama, visando segurança;
- O controle de ignição e operação de queimadores;
- A conservação de energia na combustão;
- Controle de emissões poluentes.

No Brasil, a combustão industrial passou por diversas fases nos últimos 50 anos. Algumas delas refletem tendências mundiais como as causadas pela crise do petróleo da década de 70, outras, entretanto explicam paradigmas históricos que prejudicam o desenvolvimento da atividade no país. Com a consolidação da indústria do petróleo e a vinda de multinacionais na década de 50, a indústria teve acesso ao estado da arte em combustão industrial disponível no mundo. As tecnologias eram inicialmente importadas, obtidas por licenciamento externo para a fabricação de equipamentos como queimadores, geradores de vapor e fornos de processo.

Se de um lado essas empresas tiveram acesso a tais tecnologias outras, contudo, ficaram à margem desse avanço dando início a uma estratificação tecnológica altamente contrastada de empresas do mesmo segmento. Além disso, criava-se também uma barreira de confiança entre a indústria e a academia brasileira. A primeira preferia importar tecnologias testadas a desenvolver estudos no país. Concomitantemente as universidades recolheram-se em ambientes meramente acadêmicos, preferindo trilhar passo-a-passo o desenvolvimento e, com isso, adquirir e disseminar o conhecimento. Esse fato, dentre outros fatores, explica o modelo compartimentado e o distanciamento entre a indústria e universidade brasileira, ainda persistente.

Atualmente, as duas grandes diretrizes tecnológicas em combustão industrial são o controle de emissões e a conservação de energia. O enfoque neste início de século é, contudo, diferente do ocorrido nos anos 70 e 80. O ponto comum e fortemente motivador é a relação entre o uso da energia de forma limpa e a garantia de uma vida sustentável às futuras gerações. Ao mesmo tempo, pode-se perceber claramente no Brasil um movimento de valorização da competitividade industrial como base para o desenvolvimento. As políticas econômicas evidenciam o fortalecimento das contas interna e externa, em especial o balanço de pagamentos, lastreada em uma agressiva política de exportação.

Esse momento é particularmente interessante para o país, pois os elementos motivadores são comuns ao empreendedor, à indústria e à academia. Um dos eventos notáveis que evidencia tal tese é aprovação da Lei de Inovação, que fomenta parcerias entre o meio acadêmico e a iniciativa privada, celebrando contratos de transferência de tecnologia e de licenciamento de outorga para direito de uso, bem como a utilização da infra-estrutura de pesquisa das universidades, mediante contrato.

A relação entre a necessidade e solução, especialmente as vinculadas às tecnologias, está mais evidente entre as partes favorecendo a integração. Cabe, entretanto, um modelo de gestão de pesquisa e desenvolvimento assertivo, que efetivamente forneça condições, mas monitore a avalie os resultados.

### **3. Gestão em combustão industrial- modelo de quatro partes em rede**

As ações para uma gestão de sucesso em P&D, independente da área de aplicação, passa pela motivação de todos os atores envolvidos. No caso de combustão industrial os dois grandes motivadores são, sem dúvida, a conservação de energia e o controle de emissões, ambas segundo um contexto de sustentabilidade, de integração e preservação do ser humano e meio ambiente. Dessa forma fica estabelecido um norte comum, primeiro e mais importante passo para a formação de uma REDE de competências. Podem-se identificar quatro instituições envolvidas nesta REDE:

- A indústria usuária, que efetivamente converte o combustível;
- A indústria empreendedora, fabricante de equipamentos;
- A academia, formada por universidades e centros de pesquisa;
- O gestor de recursos e fomento;

Pode-se perceber que, historicamente no Brasil, somente dois ou três desses atores se envolvem em projetos de P&D. Os poucos exemplos de sucesso, por exemplo, a indústria alcooleira com projetos de queima de bagaço de cana nos anos 80, reuniram pelo menos três dos atores. Há outros exemplos isolados de sucesso, mas a continuação e sustentação do desenvolvimento realmente dependem do modelo de quatro partes.

#### **3.1. A indústria usuária:**

Esta entidade é a que efetivamente exerce a conversão do combustível e conseqüentemente pode beneficiar-se do sucesso de projetos de P&D. Devido a razões históricas já comentadas nesse trabalho, a maioria das empresas brasileiras não enxerga na academia ou mesmo em projetos de P&D, a possibilidade de solução de suas necessidades. Cabe portanto um processo de aproximação e convencimento dessas empresas a integrarem a REDE. O modelo deve criar formas de atração e motivação agindo nas entidades patronais ou mesmo individualmente. O produto do conhecimento proporcionará benefícios para toda REDE, mas sobretudo, à empresa usuária. A materialização do conhecimento gerado pode ser feita de várias formas, alguns exemplos são:

- Protótipos de equipamentos para necessidades específicas como queimadores, permutadores de calor e geradores de vapor;
- Equipamentos de série com tecnologia inovada;
- Avaliações de engenharia utilizando ferramentas de simulação computacional para combustão e transferência de calor;
- Métodos e procedimentos operacionais mais eficazes e com menores riscos;
- Melhorias em processo ou equipamentos existentes;

#### **3.2. O empreendedor:**

A empresa ou empreendedor que assumirá a materialização ou fabricação em série do produto é outra figura indispensável neste modelo. Os riscos inerentes ao empreendimento, conhecidos no modelo capitalista atual, devem ser

assumidos por esta instituição. Infelizmente o comportamento da economia brasileira, alternando períodos de crescimento intercalados por recessões e, sobretudo a inflação galopante dos anos 80, contribuíram para a fuga de empreendedores. Historicamente as empresas brasileiras fornecedoras de equipamentos para combustão industrial sempre foram revendedores ou fabricantes licenciados de tecnologia estrangeira. O modelo de integração vigente nos últimos 30 anos criou descrença e distanciamento da academia. A definição de regras claras, macro e microeconômicas, e as perspectivas de crescimento do mercado de equipamentos são dois fatores importantes na ambiência necessária a atração de empreendedores. Estas empresas têm larga experiência na aplicação dos equipamentos, mas pouco conhecimento e interesse em desenvolvimento científico. Pesquisas realizadas na região da grande Curitiba no Paraná em 2004 mostraram que dentre as empresas que lidam com tecnologia, apenas 2% mantêm em seus quadros pessoal com mestrado e doutorado e menos de 5% interagem com universidades regularmente. Isso é muito pouco. A cultura para o desenvolvimento e inovação é promovida pelo exercício da interação com outros atores. Essas empresas precisam ser atraídas e integradas a REDE, mesmo porque sua ausência compromete os resultados do modelo de gestão.

### **3.3. A academia:**

A academia é representada por universidades e institutos de pesquisa, públicos ou privados, que possuam condições de conquistar e manter o conhecimento cientificamente calcado. A participação desse ator é indispensável para o sucesso do modelo de gestão em REDE. É necessário, contudo alguns cuidados importantes no relacionamento com as outras partes. Sabe-se que a academia brasileira tem a missão institucional de gerar e disseminar conhecimentos e isso deve ser considerado em qualquer plano de gestão. Historicamente a universidade assume o conhecimento como um bem comum à toda sociedade. Essa visão entretanto deve ser adaptada no plano de gestão de P&D ora proposto. Atualmente as relações internacionais, baseadas em um ambiente competitivo, exigem o respeito a patentes. Dessa forma o conhecimento auferido pela academia, dentro de um projeto de P&D que agregue todos ou parte dos atores da REDE, deve ter sua propriedade preservada antes de sua disseminação. Essa cultura ainda não esta presente na academia brasileira. Embora a questão sobre direitos de patentes tenha solução legal fácil, a cultura da inovação proprietária deve ser fortemente estimulada.

### **3.4. O gestor**

É sabido que sem recursos financeiros as idéias não saem do papel. Porém, entende-se que o gestor é muito mais do que um agente fomentador de recursos, pois é preciso também motivar a cultura da inovação, promovendo a ambiência necessária para o desenvolvimento tecnológico. E ter uma visão sistêmica sobre a avenida de oportunidades, encomendando projetos em áreas estratégicas, bem como analisando criticamente os projetos, priorizando-os e articulando-se com os atores necessários.

Por exemplo, os fundos setoriais, no âmbito do MCT, que constituem um mecanismo de estímulo ao fortalecimento do sistema de C&T nacional, impulsionando o desenvolvimento tecnológico e incentivando a geração de conhecimento e inovações, apoiando projetos que estimulem toda a cadeia do conhecimento, desde a ciência básica até as áreas mais diretamente vinculadas a cada setor. Também a aprovação da Lei de Inovação, dando aos pesquisadores a liberdade de se relacionar com as empresas, estimula o conceito REDE, além de preservar os recursos dos fundos setoriais destinados à pesquisa.

### **3.5. A REDE**

A rede deve promover a sinergia necessária para o trabalho cooperativo, em torno de um objetivo único, respeitando os interesses individuais. É importante lembrar que, embora os papéis de cada parte sejam específicos, o binômio investimento-risco é comum a todos.

Neste contexto, como exemplo, há a Rede GásEnergia - Rede de Excelência em Gás e Energia, uma iniciativa da Petrobras, no âmbito da Gerência de Tecnologia para Desenvolvimento do Mercado. Consiste em uma rede de abrangência nacional e internacional, com a finalidade de atuar como meio de suporte ao desenvolvimento do mercado de gás natural no país. Sua missão é ampliar a participação deste insumo na matriz energética nacional e dar-lhe sustentabilidade, por intermédio de parcerias estratégicas entre os diversos agentes do mercado do gás natural, tais como: distribuidoras, transportadoras, universidades, instituições de pesquisa, órgãos governamentais, empresas fabricantes de equipamentos e empresas usuárias.

A Rede GasEnergia realiza um trabalho cooperativo e segmentado por tecnologias para o desenvolvimento do uso do gás natural (DG&E, 2004). O processo engloba a coordenação de projetos que se transformam em produtos tangíveis (equipamentos ou metodologias), os quais irão atender às demandas dos diversos setores: industrial, automotivo, residencial e comercial. Por exemplo, no que concerne à carteira de projetos para aplicações industriais, a RGE possui cerca de 40 projetos, abordando soluções tecnológicas eco-eficientes em energia elétrica, frio, calor de processo e aquecimento direto, atendendo aos diversos segmentos industriais: cerâmico, químico, alimentício, metalúrgico, siderúrgico, agroindustrial, moveleiro, etc. A figura 1 apresenta o sistema de gestão da RGE, mostrando a transferência de conhecimento e a ligação entre os elementos da cadeia produtiva: a indústria usuária, o fabricante de equipamentos, a academia e o gestor. É um exemplo do modelo de quatro partes aplicado na prática.



Figura 1 – A RGE na cadeia produtiva

#### 4. Gestão em combustão industrial- Demandas e Oportunidades em P&D

Para que se possa propor um modelo de gestão de P&D em REDE, adequado as necessidades atuais da indústria, são necessárias a classificação e a conceituação do produto chamado conhecimento. Dessa forma é possível definir o quê pesquisar em cada um dos níveis e, sobretudo, como conduzir os projetos de forma bem sucedida.

##### 4.1. Estágio do conhecimento

A diversidade tecnológica encontrada no ambiente industrial brasileiro, em especial nas plantas dependentes da conversão de combustíveis, indica naturalmente diferentes tratamentos e soluções. Em muitos casos a demanda é pela simples aplicação de conceitos básicos de combustão e termodinâmica. Nessas empresas o conhecimento corrente, disponível em cursos de graduação ou mesmo em nível médio permite grandes saltos de qualidade e desempenho. Em outras, entretanto as soluções dependem da investigação científica de fronteira do conhecimento. Esses diferentes níveis de aprofundamento tecnológico permitem a seguinte estratificação segundo a disponibilidade:

- **Conhecimento corrente.**  
Está disponível na academia em vários níveis e em empresas empreendedoras ou prestadoras de serviço. Esse tipo de recurso técnico vai ao encontro da missão institucional da universidade. Cabe, entretanto que o modelo de gestão atraia a empresa usuária promovendo o relacionamento com os outros atores da REDE. A indústria usuária pode ser beneficiada em curto prazo simplesmente pelo aperfeiçoamento técnico de procedimentos operacionais, controle de processos ou mesmo a substituição de equipamentos existentes por outros mais atualizados, mas disponíveis no mercado mundial.
- **Conhecimento em consolidação ou a conquistar.**  
Trata-se de tecnologias especializadas, ainda em desenvolvimento ou no limiar do conhecimento atual. Está presente na academia e empresas de vanguarda tecnológica e sua implementação atualmente no Brasil dá-se em médio prazo, de 3 a 5 anos. O modelo de gestão em REDE pode contribuir sobremaneira no gerenciamento desse tipo de projeto de P&D em combustão.
- **Inovação tecnológica.**  
Embora a inovação tecnológica possa advir de qualquer um dos atores da REDE, não necessariamente vinculada a alta tecnologia, as estatísticas sobre inovação mostram uma estreita relação com a pesquisa científica, tanto em quantidade como em qualidade (Pacheco, 2004). É sabido que o exercício da investigação científica básica ou aplicada permite a criação de uma ambiência favorável à inovação (Silva, 2004 e Bishop, 2004). A contribuição da REDE nesse contexto é identificar necessidades reais da indústria usuária estimulando as outras partes a soluções criativas.

##### 4.2. Linhas de P&D em Combustão Industrial.

Sabe-se que as duas grandes vertentes de pesquisa e desenvolvimento em combustão industrial são a conservação de energia e o controle de emissões poluentes. Essas duas áreas confundem-se no momento em que a exploração da eficiência térmica, tanto nas reações de combustão quanto nos processos de transferência de calor, acarreta na redução da emissão de poluentes para uma mesma demanda térmica. Abre-se portanto o espaço a exploração dos principais fenômenos de transporte envolvidos em conversão de energia, especialmente a transferência de calor por radiação e convecção. Resumidamente as três principais linhas são:

- **Conservação de energia;**  
Esta linha de P&D em processos de combustão pode explorar todos os equipamentos típicos em uma instalação de queima (Energetics, 2001). Caldeiras, fornos, aquecedores, permutadores de calor e equipamentos para aplicações específicas podem ser abordados aplicando-se a 1º e 2º leis da

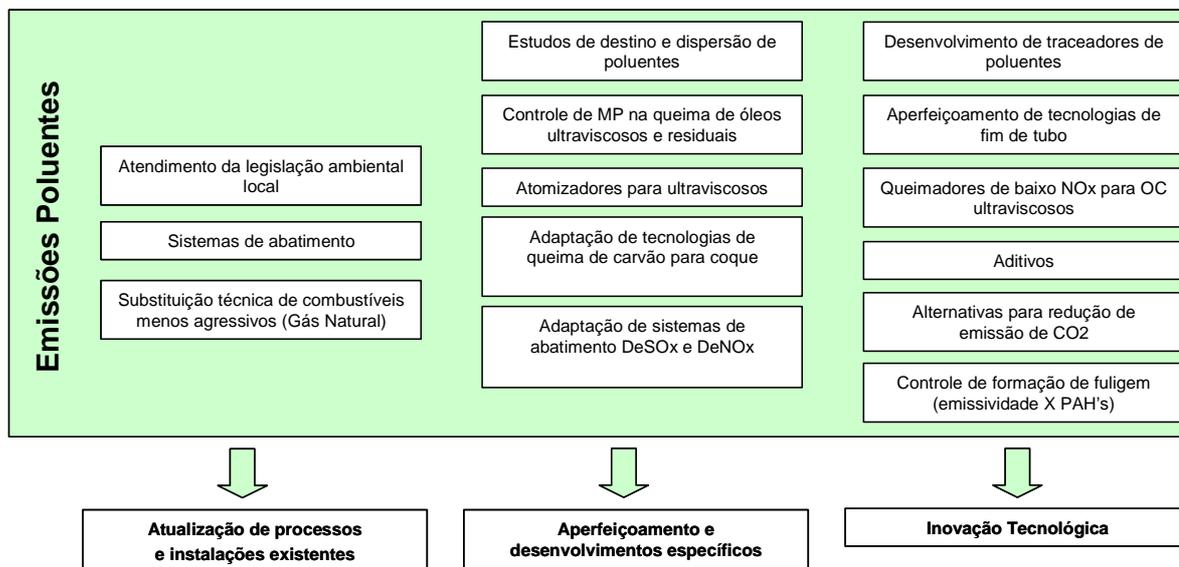
termodinâmica. Na parte de materiais abrem-se espaços para superisolantes, inclusive compósitos associados a alto vácuo;

- Combustão e Transferência de calor;**  
 Na área de combustão há espaço ao desenvolvimento de queimadores para aplicações específicas, micro-queimadores a gás natural, bem como a tropicalização e adaptação de tecnologias importadas. O estudo de cinética química experimental, estudo da ignição e o controle microscópico da mistura combustível e oxidante são áreas igualmente prospectivas. Outra linha importante é o desenvolvimento de sensores de chama e de espécies químicas para o monitoramento e estudo de chamas e poluentes; A forte presença do gás natural e suas incontestáveis vantagens sobre outros energéticos abre também várias rotas de P&D para a indústria e uso doméstico (DG&E, 2004). Além dessas rotas de oportunidades na área de combustão os processos de gaseificação têm ganhado espaço como opção energética de aproveitamento de resíduos. O avanço das tecnologias de separação e purificação de frações nobres como metano e hidrogênio permitem antever, igualmente a combustão, oportunidades importantes de desenvolvimento.
- Controle de emissões poluentes;**  
 O grande apelo dos últimos anos é o controle dos gases de efeito estufa, além dos poluentes tradicionais (Loving, 2004). Na pós-combustão o controle de geração e o desenvolvimento de processos de abatimento e descarte, economicamente acessíveis para NOx, SOx, CO2 e CO ainda são necessidades das indústrias. Na pré-combustão também se abrem novas oportunidades de P&D, principalmente no desenvolvimento de misturas combustíveis e na contenção de emissões de hidrocarbonetos. Também corroboram as emissões de compostos policíclicos aromáticos, sua formação e emissão;

Classificando-se as linhas de pesquisa segundo seu estágio e oportunidade pode-se discriminar o quadro 1:

Quadro 1 – Proposta de linhas de pesquisa para combustão industrial segundo a realidade brasileira

	<b>Conhecimento corrente</b>	<b>Conhecimento a desenvolver</b>	<b>Inovação tecnológica</b>
<b>Conservação de energia</b>	Planos de conservação de energia por segmento industrial	Otimização energética (Primeira e Segunda Leis)	Sistemas descentralizados de recuperação de calor
	Avaliação termoeconômica (ESCO's)	Gerenciamento energético em tempo real	Aproveitamento de correntes de baixa temperatura
	Avaliação prévia de eficiência energética de projetos industriais	Controle inteligente de combustão	Células de combustível
	Processos alternativos energeticamente racionalizados	Queimadores recuperativos	Superisolantes
<b>Combustão e Transferência de Calor</b>	Segurança em fornalhas (intertravamento e controle)	Fornos e caldeiras de alto desempenho (>50 mil horas)	Queima de combustível secundário
	Interação fornalha-chama (queimador ou fornalha?)	Gerenciamento energético em tempo real	Combustão sem chama e catalítica
	Formação/reciclagem de mão-de-obra	Aquecimento direto (de metalúrgica a alimentos)	Emissão acústica
		Conversão - Intercambiabilidade de combustíveis (gás natural)	Conectividade queimador/sensores/controle
		Queimadores porosos para gás natural	Sensores inteligentes de chama (biocomparação)
		Queimadores domésticos de alta eficiência	Micro-queimadores para gás natural
		Queimadores industriais de hidrogênio	



## 5. Conclusões

Dentro da conjuntura brasileira, considerando as oportunidades de desenvolvimento tecnológico apresentadas ao longo deste trabalho, percebe-se que a melhor forma de garantir maior competitividade à indústria que converte combustíveis é a criação de práticas de gestão focadas na interação dos diversos agentes da cadeia produtiva.

A falta de um dos atores ou a descaracterização de suas funções pode comprometer estruturalmente a gestão e seus resultados. Esse ciclo vicioso promove conseqüências frustrantes para a cadeia de conhecimento, inclusive com desperdício de recursos humanos e materiais. Iniciativas isoladas ou segmentadas comprometem a eficácia e a sobrevivência do modelo de gestão de P&D em combustão industrial.

## 6. Bibliografia

- LEUCKEL W., *Combustion Fundamentals and Concepts of Advanced Burner Technology*, 6th INFUB, Lisboa, 2002.  
 BISHOP P., GLENN J., WERBOS P., *Seminário Internacional "Futuros Tecnológicos"*, Curitiba, 2004  
 PACHECO C., ZANCAN G., *Seminário Internacional "Futuros Tecnológicos"*, Curitiba, 2004  
 LOVING A., *Capitalismo Natural*, Amana-key, 2004  
 SILVA, A.C.T., *Inovação*, Rio de Janeiro, 2004  
 ANDREWS G., GIBBS B., *Short course on Combustion Boilers and Furnaces*, Leeds, Inglaterra, 2005  
 DG&E/PETROBRAS, *Programa de Massificação do Uso do Gás Natural*, Rio de Janeiro, 2004.  
 ENERGETICS INC, CAPITAL SURINI, Estudo patrocinado pelo IHEA e DOE/OIT, *Roadmap for Process Heating Technology*, Washington/DC, EUA, 2001