



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

# A Pesquisa e Desenvolvimento no Setor Elétrico Brasileiro: Uma investigação da política tecnológica para o setor com base na teoria evolucionária da mudança técnica

**Guilherme Amaral**



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

- ◆ **Justificativa:** As fortes influências sociais e econômicas que o sistema elétrico exerce geram desafios que extrapolam sua própria lógica de inversão e acumulação, o que induz o Estado a assumir responsabilidades pela gestão e planejamento do setor.
  - *O desenvolvimento tecnológico é tido como uma saída necessária para a resolução de diversos problemas apresentados pelo sistema*
  
- ◆ **Objetivo principal:** Investigar a eficácia da política tecnológica aplicada ao sistema elétrico brasileiro em induzir a dinâmica do desenvolvimento tecnológico no setor.
  - *A política tecnológica para o setor, baseada na obrigatoriedade do investimento em P&D pelas empresas concessionárias, tem sido eficiente no sentido de induzir o comportamento de tais empresas em direção à inovação tecnológica, através do comprometimento das mesmas com seus programas de P&D e da constituição de relações sistêmicas com os demais parceiros?*



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

Capítulo  
Teórico

- Apresentar os elementos teóricos centrais de uma perspectiva evolucionária de políticas tecnológicas com base na percepção da dinâmica do desenvolvimento tecnológico

Capítulo  
Histórico

- Caracterizar a dinâmica do desenvolvimento tecnológico do sistema elétrico

Capítulo  
Regulatório

- Caracterizar o marco regulatório do sistema elétrico brasileiro, ambiente no qual estão imersas as empresas responsáveis pelo P&D

Estudo de  
Caso

- Apresenta o diagnóstico dos programas de P&D estudados, bem como a uma avaliação da regulação específica condizente com a dinâmica competitiva do setor

Conclusão

- Avaliar os resultados obtidos e as limitações do trabalho, indicando possibilidades de futuras pesquisas decorrentes.

# Conceitos evolucionários para a compreensão da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

- ◆ Conceitos da teoria evolucionária possibilitaram duas conclusões centrais para a execução desse trabalho:
  - A dinâmica do desenvolvimento tecnológico é caracterizada por relações sistêmicas entre os diversos agentes que compõem determinado sistema tecnológico.
    - *Enfatizando a necessidade da constituição de sistemas que determinam e induzem a dinâmica do desenvolvimento tecnológico*
  - O papel da empresa em sua busca por ganhos advindos da inovação é o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

A questão central para o formulador de políticas tecnológicas para a teoria evolucionária é estimular as capacidades inovadoras das empresas e dar suporte ao estabelecimento de relações sistêmicas entre os atores envolvidos em sua dinâmica.

... A dinâmica do desenvolvimento tecnológico específica a determinado setor é o resultado da conjunção de determinados elementos que devem ser considerados pelo formulador de políticas públicas.

Propriedades	Característica
Condições de Oportunidade	Condições de Oportunidade reflete a facilidade em inovar dada uma quantia de recursos investida em pesquisa.
Condições de Apropriabilidade	Condições de apropriabilidade sumariza as possibilidades de proteger as inovações da imitação e de se extrair lucros a atividade inovadora.
Cumulatividade	Cumulatividade captura as propriedades de inovações correntes em influenciar as inovações futuras.
Base do Conhecimento	Refere-se às propriedades do conhecimento no qual as atividades inovadoras das empresas estão baseadas

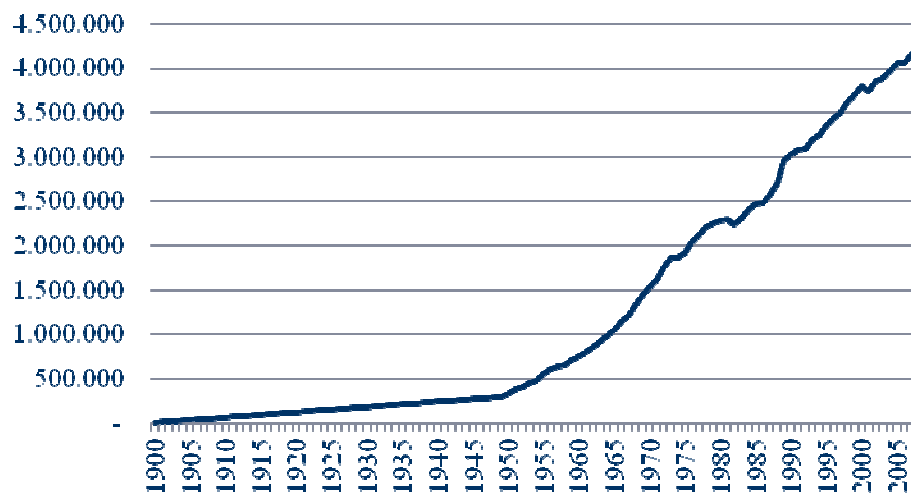
(Malerba & Orsenigo, 1997)

- ◆ As oportunidades tecnológicas, que derivam parcialmente de conhecimentos acumulados endogenamente pelas empresas, e as condições de apropriabilidade respondem pelos graus de comprometimento das empresas privadas com a inovação. (DOSI, 1988)

# A dinâmica do desenvolvimento do sistema tecnológico de energia elétrica

- ◆ O importante a ser destacado na análise da trajetória de desenvolvimento da eletricidade, é que essa tecnologia emergiu através de um processo evolucionário e sistêmico, apoiada em diversos atores e instituições.
  - O aumento da importância da energia elétrica no mundo induz a uma maior participação do estado em questões relativas ao setor.

Gráfico 2: Evolução do consumo mundial de energia elétrica (TWh)



A partir das primeiras décadas do século XX o Estado passa a assumir responsabilidades de planejamento e gestão do setor.

A partir da década de 1930 o crescimento da demanda por energia elétrica exigiu uma maior participação do Estado brasileiro no setor, interferindo diretamente em sua dinâmica

Anos	Público		Privado		Auto-Produtor		Total	
	Potência (MW)	Part (%)	Potência (MW)	Part (%)	Potência (MW)	Part (%)	Potência (MW)	Part (%)
1952	136	7	1.636	82	214	11	1.985	100
1953	171	8	1.631	78	303	14	2.105	100
1954	303	11	2.160	77	343	12	2.806	100
1955	539	17	2.248	71	362	11	3.149	100
1956	657	19	2.552	72	341	10	3.550	100
1957	681	17	2.969	73	390	10	4.040	100
1958	825	21	2.743	69	426	11	3.993	100
1959	969	24	2.724	66	423	10	4.115	100
1960	1.099	23	3.182	66	519	11	4.800	100
1961	1.342	26	3.242	62	622	12	5.205	100
1962	1.792	31	3.161	55	776	14	5.729	100
1963	2.306	36	3.164	50	886	14	6.355	100
1964	2.872	42	3.085	45	883	13	6.840	100
1965	4.048	55	2.486	34	877	12	7.411	100

A intervenção na dinâmica do desenvolvimento tecnológico do setor passa a ser parte da política energética no país.

A apresentação da trajetória do desenvolvimento tecnológico do sistema elétrico serve para ajudar na classificação do setor em relação à dinâmica de inovação.

- ◆ Pode-se classificar o sistema elétrico como sendo “dominado pelo fornecedor” de acordo com a tipologia de Pavitt (1984).
  - Implica um necessário encadeamento tecnológico entre empresa fornecedoras (baseadas em ciência).

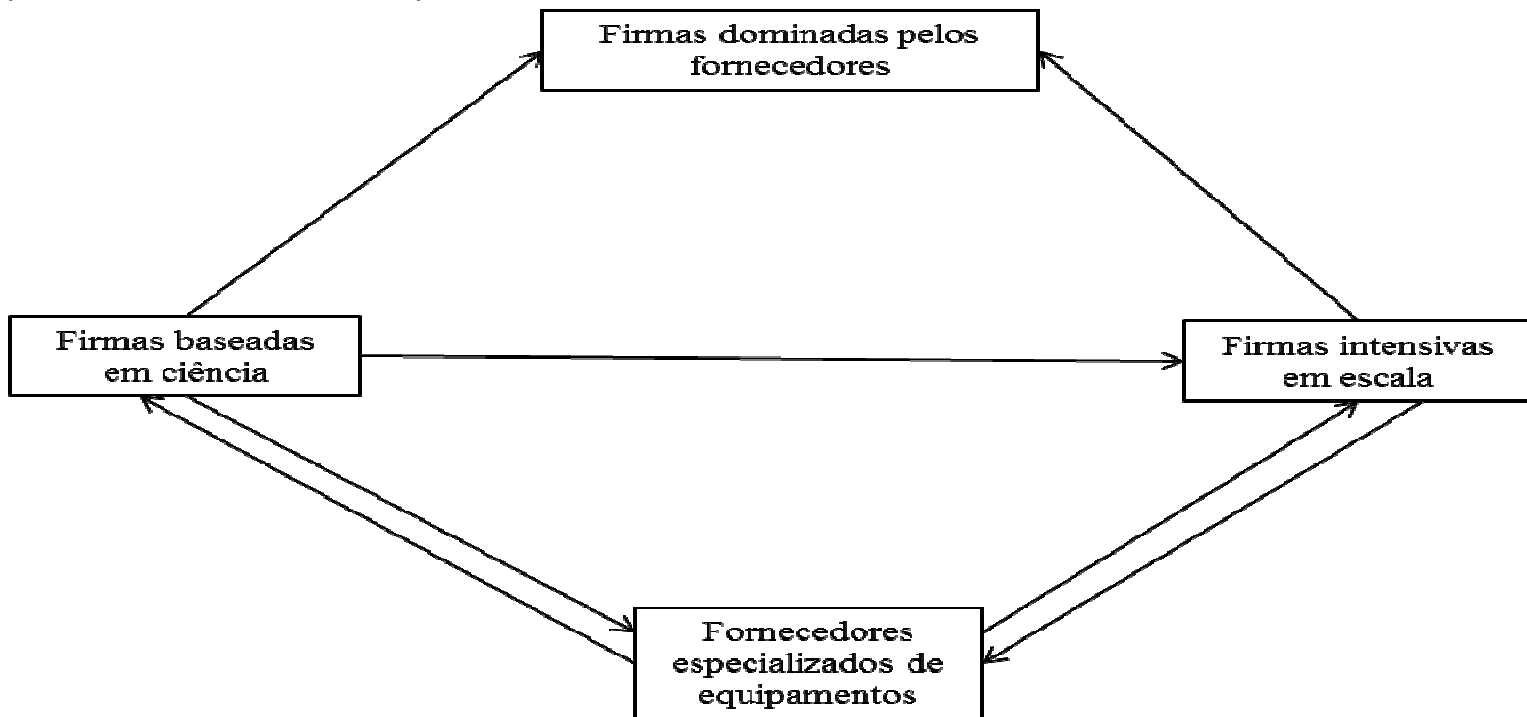


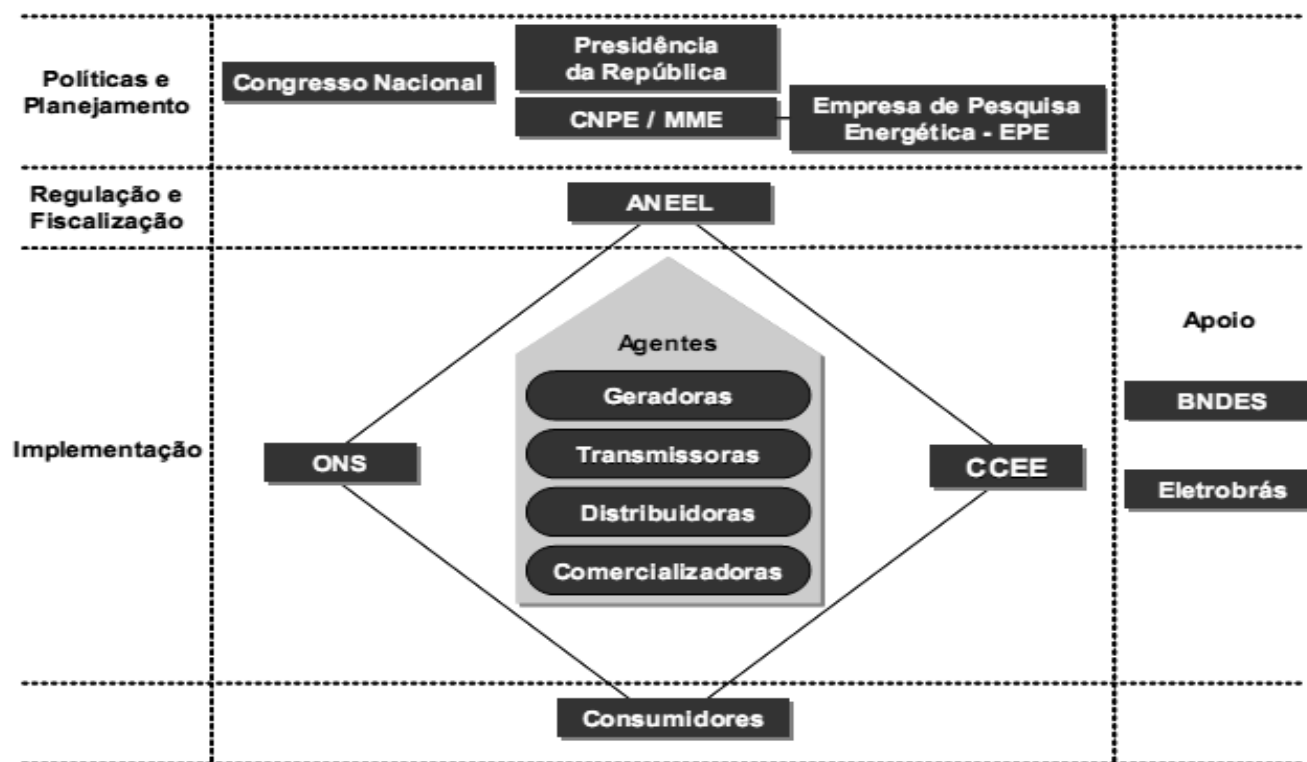
Figura 5: Principais encadeamentos tecnológicos entre diferentes tipos de empresas (p.46)



## Das mudanças institucionais da década de 1990 ao “Novo Modelo” setorial brasileiro e a introdução da política tecnológica para o setor.

- ◆ A partir da década de 1990 mudanças institucionais alteraram profundamente a dinâmica do setor.
- ◆ Com objetivo de aumentar a competição no setor visando maior eficiência, a reforma pretendia:
  - Substituir a participação do Estado por capitais privados;
  - Desverticalizar as empresas para viabilizar a concorrência;
  - Criar um órgão regulador independente;
  - Introduzir um novo regime tarifário orientado para a busca da eficiência econômica;
  - Passagem dos riscos para o mercado.
- ◆ Pilar para a reforma ocorrida, a livre negociação de energia, desobrigando o Estado do papel de planejador do sistema gerou uma grave crise de abastecimento.

O novo modelo centraliza na esfera do governo federal a elaboração e execução do planejamento do sistema.



Novo modelo tem como objetivo final a garantia da modicidade tarifária através do repasse dos ganhos de eficiência para as tarifas.

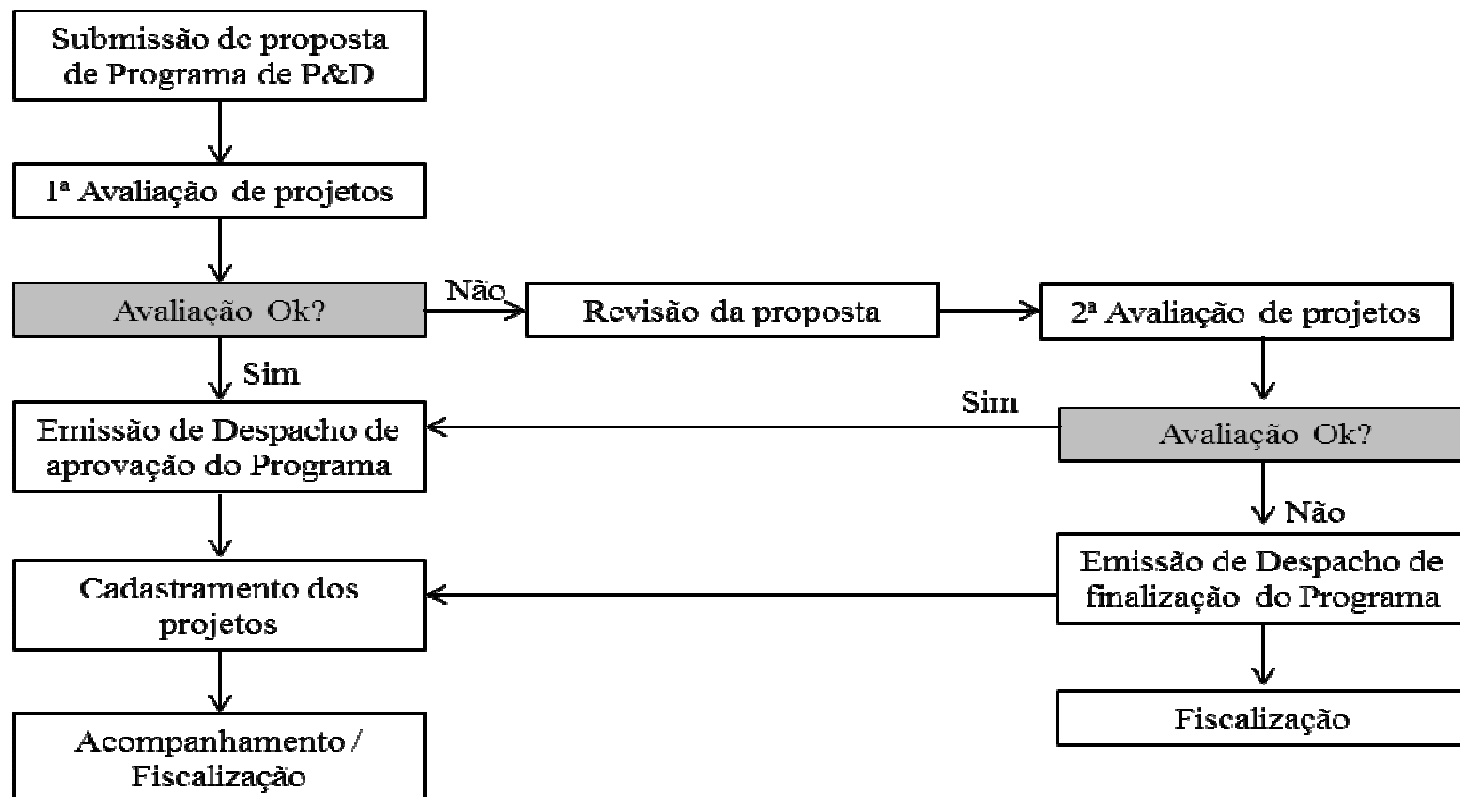
## Visando incentivar a busca por inovações para uma maior eficiência e modicidade tarifária...

- ◆ É instituída em 24 de julho de 2000 a lei 9.991 regulamentando a política tecnológica para o setor elétrico brasileiro.
  - Estabelece a aplicação de 1% da Receita Operacional Líquida em P&D.
  - Objetivo de desenvolver novas tecnologias e serviços que melhorem a qualidade do fornecimento de energia elétrica para a sociedade.

Empresa	Fase Atual			Fase Posterior		
	P&D (% da ROL)	Eficiência Energética (% da ROL)	Vigência	P&D (% da ROL)	Eficiência Energética (% da ROL)	Vigência
Geração	1		Até 31/12/2010	1		A partir de 01/01/20 11
Transmissão	1			1		
Distribuição	0,5	0,5		0,75	0,25	

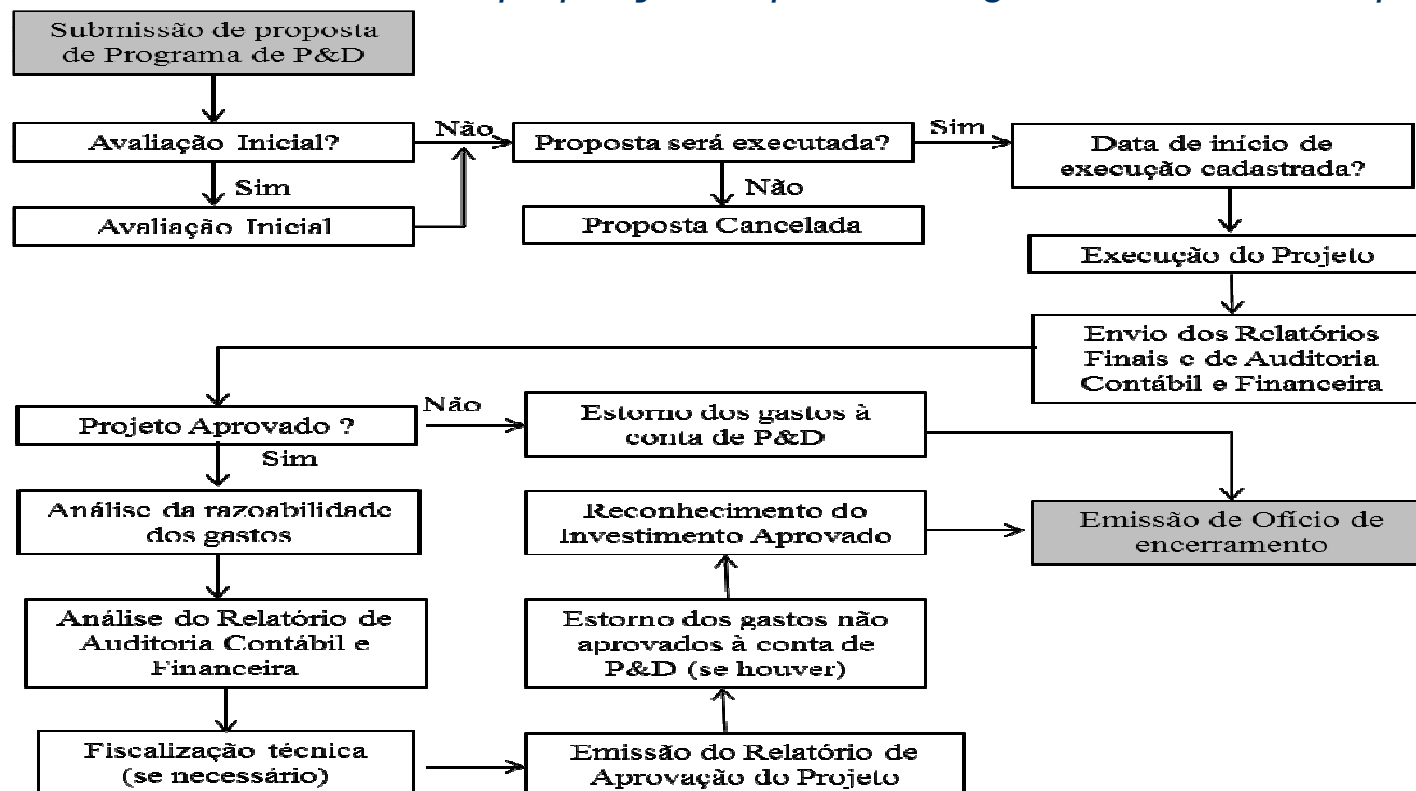
## Mudanças no manual que regulamenta os gastos em P&D geram avanços no setor.

- ♦ Antigo Manual: Aprovação prévia – Baixo Risco Regulatório com maior burocracia
  - ♦ *Investimentos focados nas etapas iniciais da inovação.*



## Mudanças no manual que regulamenta os gastos em P&D geram avanços no setor.

- ◆ Novo Manual: Fiscalização posterior – Aumenta Risco Regulatório com maior dinamismo no desenvolvimento de projetos
  - ◆ Possibilidade de investimentos em lotes pioneiros e cabeça de série;
  - ◆ Possibilidade de apropriação de partes dos ganhos advindos de projetos.



# Estudos de caso para a investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro.

- ◆ Com base em conceitos evolucionários:
  - Dinâmica de desenvolvimento tecnológico pode ser caracterizada pelas relações sistêmicas entre os agentes componentes de determinado sistema tecnológico.
  - Empresas em busca por ganhos advindos da inovação são o elemento central e indutor da dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

O ponto central para a análise dos padrões de comportamento de busca das empresas é que suas estratégias influem diretamente nos padrões setoriais de mudanças técnicas observadas, e são o resultados da interação de vários tipos de induções de mercado resultante das combinações de oportunidades e apropriabilidades específicas do setor.

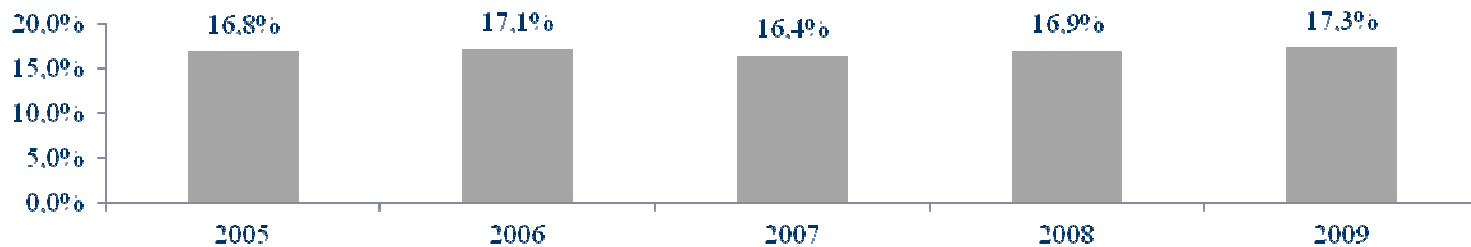
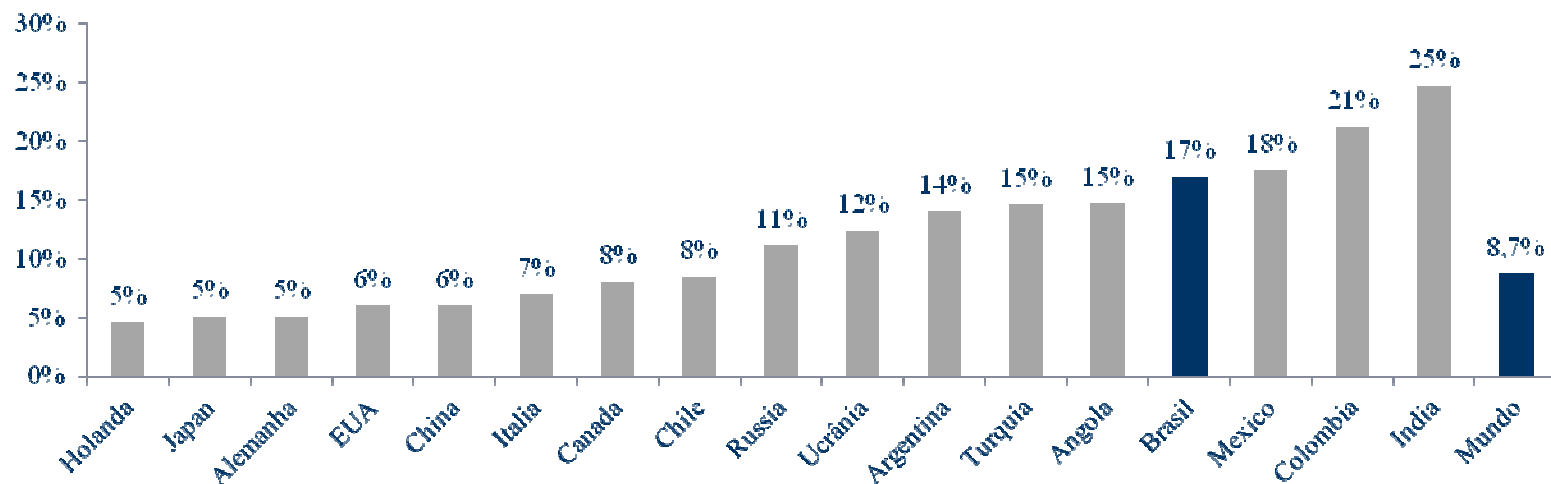
## Avaliação dos resultados da política tecnológica do setor elétrico: Definição de uma hipótese

- ◆ Sob regulação do antigo manual foi investido R\$ 1,49 bilhão em projetos de P&D.
  - Destaca-se: 25% em produção de software; 21,3% em concepção de metodologias e somente 1,2% em criação de novos equipamentos.
  - Estudos apontam para o baixo comprometimento das empresas com o desenvolvimento tecnológico.

Ciclo	Número de Projetos Aprovados	Valor Aprovado (R\$/Milhões)
1998/1999	63	12,90
1999/2000	164	29,74
2000/2001	439	113,30
2001/2002	535	156,22
2002/2003	672	198,80
2003/2004	602	186,97
2004/2005	600	191,68
2005/2006	917	352,14
2006/2007	563	255,35
<b>Total</b>	<b>4.555</b>	<b>1.497,10</b>

A despeito da obrigatoriedade do investimento em P&D, existe ainda a expectativa de que os investimentos podem não apresentar nenhum impacto na qualidade do serviço...

- ◆ Após mais de 10 anos de programa o país ainda apresenta índices de perdas acima da média mundial.
  - Acima de países com estruturas parecidas ao Brasil.
  - Não houve evolução de tais índices ao longo dos anos.





## Sob as diretrizes do novo manual foram submetidos 1.322 projetos de P&D para a avaliação da ANEEL.

Tabela 14: Projetos e investimentos de P&D submetidos à avaliação inicial pela ANEEL (p. 84)

<b>Ano</b>	<b>Número de Projetos Aprovados</b>	<b>Valor (R\$/Milhões)</b>
2008	35	44.949
2009	301	482.571
2010	570	893.112
2011*	416	1.141.404
<b>TOTAL</b>	<b>1.322</b>	<b>2.562.036</b>

Tabela 16: Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial em relação à fase da cadeia da inovação (p. 86)

<b>Fase da Cadeia da Inovação do Projeto</b>	<b>%</b>
Pesquisa Básica Dirigida	9,2%
Pesquisa Aplicada	53,8%
Desenvolvimento Experimental	30,6%
Cabeça-de-série	5,4%
Lote Pioneiro	0,9%
Inserção no Mercado	0,2%

Tabela 15: Distribuição dos Projetos de P&D submetidos à avaliação inicial em relação a seu produto principal (p. 85)

<b>Produto Principal do Projeto</b>	<b>%</b>
Conceito ou Metodologia	33%
Software	18%
Sistema	20%
Material ou Substância	5%
Componente ou Dispositivo	8%
Máquina ou Equipamento	17%

Passados anos da implantação das novas diretrizes, a grande concentração de projetos em fases iniciais da cadeia de inovação, bem como visando desenvolver metodologias, sistemas e softwares, sugere que as empresas continuam a privilegiar projetos pouco ousados e com baixo risco regulatório.



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

- ◆ **Hipótese:** A obrigatoriedade de investimentos de parte da ROL em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em a um maior comprometimento com a inovação.
- ◆ **Proposição explicativa:** A política tecnológica aplicada ao setor não condiz com sua dinâmica específica, uma vez que não considera as condições existentes no setor, nem se relaciona à sua dinâmica competitiva.

# Investigação acerca da dinâmica competitiva dos segmentos do setor.

- ◆ Dinâmica competitiva dos setores sofrem influência direta de suas condições de oportunidade e apropriabilidade.
  - Dinâmica responsável pela formulação de estratégias de busca das empresas;
  - Apresenta diferenças consideráveis entres os diferentes segmentos do setor.
- ◆ Geração e transmissão: Estruturação financeira de projetos avessa ao risco
  - Sugere a necessidade de encadeamentos de longo prazo com empresas fornecedoras para o desenvolvimento de soluções tecnológicas condizentes com a dinâmica do segmento.
- ◆ Distribuição de energia elétrica:
  - Política tarifária não contempla adequadamente ganhos decorrente da inovação tecnológica;
- ◆ *Ao não ser reconhecida a dinâmica competitiva dos segmentos, a obrigatoriedade de gastos em P&D passa a ser vista como um encargo setorial que não condiz com a dinâmica empresarial do setor.*

# Estudos de múltiplos casos para a investigação da política tecnológica aplicada ao setor elétrico brasileiro

- ◆ Realizadas 13 entrevistas em 8 empresas do setor.

Empresa	Segmento de Atuação	Volume aproximado de investimento em P&D por ano (R\$ Mil)*	Investimentos já aplicados em P&D (R\$ Mil)
G1	Geração	R\$ 8.000	R\$ 12.700
GD1	Distribuição, Geração	R\$ 57.000	R\$ 250.000
G2	Geração	R\$ 15.000	R\$ 115.000
G3	Geração	R\$ 28.950	n/d
T1	Transmissão	R\$ 6.000	R\$ 30.500
G4	Geração	R\$ 10.000	n/d
GD2	Distribuição, Geração	R\$ 14.300	n/d
GD3	Distribuição, Geração	R\$ 22.000	R\$ 240.000

Tabela 17: Empresas entrevistadas no estudo de caso (p. 97)

- ◆ *Selecionado indicadores com base na literatura para subsidiar entrevistas semi-estruturadas.*
  - A estrutura dos departamentos de P&D;
  - A origem dos projetos;
  - Critérios de desenvolvimento e seleção de projetos;
  - Critérios de busca e seleção de parceiros ;
  - Resultados encontrados e esperados pelos gerentes de P&D.

## Considera-se que a hipótese testada se confirma

- ◆ Testada a hipótese de que somente a obrigatoriedade de investimento de parte de suas receitas em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em direção a padrões mais elevados de desenvolvimento tecnológico.

G1	Adere
GD1	Adere
G2	Adere
G3	Adere
T1	Adere Parcialmente
G4	Adere
GD2	Não Adere
GD3	Adere Parcialmente

Tabela 17: Resultado dos estudos de caso em relação à aderência a hipótese testada (p. 107)

## Considera-se que a hipótese testada se confirma

- ◆ *Maioria das empresas apresentou baixo comprometimento com o desenvolvimento tecnológico .*
  - Maioria não possui planejamento tecnológico nem critérios de busca e seleção de projetos;
  - Não possuem uma política de busca e seleção de parceiros, e muitas não se preocupam em estabelecer relações com os demais agentes;
  - A maioria busca projetos em universidades próximas e conhecidas visando diminuir o risco regulatório.
  - 77% dos projetos realizados com participação de universidades, são executados por universidades da mesma área de concessão ou da região da empresa.

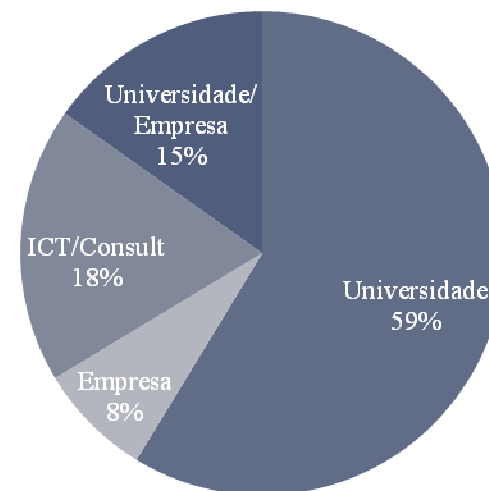


Figura 14– Distribuição dos projetos de P&D em relação a seus executores.

## Considerações finais

- ◆ Somente a obrigatoriedade de investimento em P&D não tem sido suficiente para induzir a dinâmica do setor em direção à inovação;
- ◆ De acordo com a literatura, para se aumentar as possibilidades de sucesso a política deve ter como um de seus objetivos o de gerar condições dinâmicas que induza os agentes do sistema a um maior comprometimento com o tema
- ◆ A política tecnológica se enfraquece em não reconhecer a dinâmica específica de cada segmento do sistema;
  - Torna-se necessário caracterizar a base de conhecimento, sua trajetória e as competências estabelecidas no setor, as oportunidades tecnológicas que se abrem e as condições de apropriabilidade específicas a cada segmento.
  - Essa é uma lacuna dessa pesquisa, que deve ser explorada em trabalhos futuros.
- ◆ É necessário caminhar para a constituição de um sistema setorial de inovação, conciso e permanente para aumentar as possibilidades de sucesso que internalizarão competências tecnológicas no setor e desencadearão todo o processo de inovação.



Escola Politécnica da USP  
Departamento de Engenharia de Produção

Obrigado!