

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR MAIANA BRITO
DE MATOS E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 17 / 02 / 2009

ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Investimentos Financeiros em Projetos de Células a Combustível e Hidrogênio no Brasil

Autora: Maiana Brito de Matos

Orientador: Dr. Newton Pimenta Neves Jr.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Investimentos Financeiros em Projetos de Células a Combustível e Hidrogênio no Brasil

Autora: Maiana Brito de Matos
Orientador: Dr. Newton Pimenta Neves Jr

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2009
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M428i Matos, Maiana Brito
Investimentos financeiros em projetos de células a
combustível e hidrogênio no Brasil / Maiana Brito de
Matos. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Newton Pimenta Neves Junior.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Hidrogênio. 2. Investimentos. 3. Células a
Combustível. I. Neves Junior, Newton Pimenta. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Financial investments in fuel cells and hydrogen projects in
Brazil

Palavras-chave em Inglês: Hydrogen, Investments, Fuel Cells

Área de concentração: Planejamento de Sistemas Energéticos

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: João Carlos Camargo, Marcelo Linardi

Data da defesa: 17/02/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

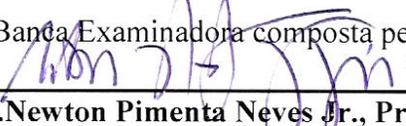
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Investimentos Financeiros em Projetos de
Células a Combustível e Hidrogênio no Brasil**

Autora: Maiana Brito de Matos

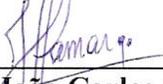
Orientador: Dr. Newton Pimenta Neves Jr

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação



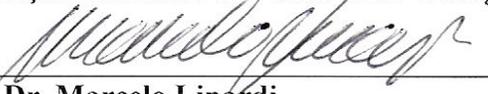
Dr. Newton Pimenta Neves Jr., Presidente

Instituição: Instituto de Física Gleb Wataghin- UNICAMP



Dr. João Carlos Camargo

Instituição: Instituto de Física Gleb Wataghin- UNICAMP



Prof. Dr. Marcelo Linardi

Instituição: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- USP

Campinas, 17 fevereiro de 2009

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Sandra e Eduardo, e a minha querida irmã Amana.

Agradecimentos

Em tudo que faço, começo sempre me agradecendo, porque sem dúvidas fui a pessoa que mais me dediquei a este trabalho (risos). Entretanto, não poderia deixar de agradecer o apoio crucial de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Aos meus pais, Sandra e Eduardo, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, principalmente, quando decidir me mudar de Salvador para Campinas em busca de uma pós-graduação na área de Fontes Renováveis.

À minha única irmã, Amana, por todo seu amor, palavras amigas que sempre me incentivaram a ir atrás dos meus sonhos, mesmo distante geograficamente.

À minha avó, Dora, às minhas tias Lúcia, Simone e Soraya e aos meus primos por mesmo de longe torcerem pelo meu êxito.

Ao meu namorado Fernando e aos meus queridos amigos de Campinas, especialmente ao Davi, à Fabiana, à Laura e à Viviane pelas dicas em apresentação de seminários e pelos momentos de lazer.

Ao meu orientador, Newton Pimenta, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

Ao pessoal do Laboratório de Hidrogênio, principalmente, ao Cristiano e ao Ennio pela atenção e a enorme ajuda em vários momentos.

Ao Dr. João Carlos Camargo do Laboratório de Hidrogênio e ao Dr. Marcelo Linardi do IPEN pelas contribuições na Banca de Defesa.

A todos os professores e colegas da FEM, por que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho., especialmente, à professora Carla.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

Às agências de fomento e aos pesquisadores que nos forneceram as informações necessárias para este trabalho.

*“A mente que
se abre a uma nova idéia,
jamais voltará ao seu
tamanho original”.*

Albert Einstein

Resumo

MATOS, Maiana Brito, *Investimentos Financeiros em Projetos de Células a Combustível e Hidrogênio no Brasil*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. Dissertação (Mestrado)

Na última década, muitos países, em especial os mais desenvolvidos, têm realizado investimentos financeiros de vulto em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível, visando principalmente diminuir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a segurança energética. No Brasil, o Governo Federal através do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) também tem realizado investimentos nas áreas citadas, sem contar, no entanto, com um mecanismo eficaz para contabilizar esses recursos a fim de possibilitar a tomada de decisões estratégicas no setor. Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo identificar, classificar e contabilizar os investimentos financeiros realizados pelo setor público no Brasil em hidrogênio e células a combustível no período de 1999 a 2007. Para obtenção dos dados deste trabalho foram utilizadas duas metodologias: a *Top-Down* e a *Bottom-Up*. A primeira consiste em obter as informações através dos órgãos financiadores dos projetos, como instituições e fundos de fomento à Ciência e Tecnologia no Brasil, tais como: CNPq, FINEP, P&D ANEEL e Fundações de Amparo à Pesquisa. A segunda consiste em obter os dados diretamente dos grupos de pesquisa beneficiados com os recursos financeiros. Foram enviados questionários para 68 grupos de pesquisa, sendo que 54% foram respondidos. Os resultados indicam que as pesquisas no Brasil estão focadas na produção de hidrogênio via reforma de etanol e no desenvolvimento de células PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) e SOFC (*Solid Oxide Fuel Cell*). A comparação realizada entre os países membros do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), indicou que o Brasil investiu 157 milhões de reais ou 70 milhões de dólares, o que corresponde a 55% dos valores investidos pela Rússia ou China individualmente. A comparação entre BRIC e os países desenvolvidos indica que o total investido pelo BRIC no período de 2001 a 2007 é da mesma ordem grandeza dos investimentos anuais realizados pelos Estados Unidos, Japão ou União Européia, individualmente. Os resultados permitem concluir que para melhorar sua participação no mercado de equipamentos e serviços relacionados à Economia do Hidrogênio, o Brasil necessitará aumentar seus esforços em pesquisa, desenvolvimento e inovação na área. Para tanto, poderiam ser utilizados de modo mais eficiente fontes de recursos já existentes. Por exemplo, a aplicação de 57 milhões de dólares, que correspondem a 127 milhões de reais ou 31% das reservas de contingência do CT-ENERG no período de 2001 a 2007, já seria suficiente para equiparar os investimentos do Brasil com os investimentos da Rússia ou da China na Economia do Hidrogênio.

Palavras Chave

Hidrogênio, investimentos, Células a Combustível, ProH₂

Abstract

MATOS, Maiana Brito, *Financial Investments in Fuel Cells and Hydrogen Projects in Brazil*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. Dissertation (Master's Degree)

In the last decade many countries, especially the most developed, have made substantial investments in technologies related to hydrogen and fuel cells, aiming to reduce greenhouse gas emissions and to increase energy security. In Brazil, the Federal Government through the Ministry of Science and Technology (MCT) has also made many investments in those areas, although there is no efficient mechanism to account those resources to enable strategic decisions in the sector. Therefore, this study aims to identify, classify and account the investments made by the public sector in Brazil in hydrogen and fuel cells from 1999 to 2007. Two methodologies were used to obtain the data for this study: Top-Down and Bottom-Up. The Top-Down methodology was used to obtain the information from the sponsoring agencies, institutions and funds that promote science and technology in Brazil, such as *CNPq*, *FINEP*, *P&D ANEEL* and Foundations for Research Support. The second methodology consisted in obtaining data directly from the research groups granted by those agencies. Questionnaires were sent to 68 research groups, but only 54% were answered. The results indicate that the research in Brazil is focused on hydrogen production from ethanol reforming and the development of PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) and SOFC (Solid Oxide Fuel Cell). Finally, the comparison performed among the BRIC countries (Brazil, Russia, India and China) indicated that Brazil invested 157 million *reais* or 70 million dollars, that corresponds to 55% of the amount invested by Russia or China alone. The comparison between the BRIC and the developed countries, showed that the BRIC's total investment from 2001 to 2007 has the same order of magnitude as the annual investments made by the United States, Japan or European Union alone. The results show that to improve its market share in equipment and services related to the hydrogen economy, Brazil will need to increase the efforts in research, development and innovation in the area. To achieve this, resources that are already available could be used more efficiently. As an example, the use of 57 million dollars or 31% of the contingency reserves of the *CT-ENERG* fund from 2001 to 2007 would be enough to equal the Brazilian investments with those made by Russia or China in the Hydrogen Economy.

Key Words

Hydrogen, Investments, Fuel Cells and ProH₂

Sumário

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xii
Nomenclatura	xiv
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Justificativa.....	5
1.2 Objetivos	6
1.3 Estrutura da Dissertação.....	6
Capítulo 2 Revisão Bibliográfica	8
2.1 Por que Utilizar o Hidrogênio e as Células a Combustível?	8
2.2 Iniciativas do Governo Brasileiro para Economia do Hidrogênio	11
2.2.1 Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH2)	11
2.2.2 Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio.....	13
2.3 Mecanismos de Financiamento e Incentivos à Tecnologia do Hidrogênio e Células a Combustível no Brasil	15
Capítulo 3 Materiais e Métodos	19
3.1 Metodologias: <i>Bottom-Up</i> e <i>Top-Down</i>	19
3.1.1 <i>Bottom-Up</i>	22
3.1.2 <i>Top-Down</i>	29
3.2 Compatibilidade de dados	29
3.3 Comparação entre os investimentos do Brasil e do Mundo	30
Capítulo 4 Apresentação e Análise dos resultados	31
4.1 <i>Bottom-Up</i>	31
4.1.1 <i>Bottom-Up</i> : Investimentos em Hidrogênio	34
4.1.2 <i>Bottom-Up</i> : Investimentos em Células a Combustível	35
4.1.3 <i>Bottom-Up</i> : Investimentos em Outras Atividades.....	37
4.2 <i>Top-Down</i>	37
4.2.1 Projetos das redes do ProH2.....	37
4.2.2 <i>Top-Down</i> : Investimentos pela FINEP, CNPq, FAPS e P&D Aneel.....	43
4.3 <i>Bottom-Up</i> e <i>Top-Down</i> : Total dos investimentos em hidrogênio e células a combustível no Brasil pelas metodologias	62
4.3.1 <i>Bottom-up</i> e <i>Top-Down</i> : Verificação dos investimentos.....	65
4.4 <i>Contingenciamento</i> de Recursos do CT-Energ	65
Capítulo 5 Investimentos Brasil X Maiores investidores X BRIC	67
5.1 Investimentos em Hidrogênio e Células a Combustível realizados no Mundo.....	67

5.2	Estados Unidos.....	69
5.2.1	Iniciativa do Presidente Bush para Economia do Hidrogênio.....	71
5.2.2	FreedomCar e Fuel Partnership.....	72
5.3	Japão.....	73
5.4	União Européia (UE).....	76
5.5	Rússia.....	78
5.6	Índia.....	79
5.7	China.....	80
5.8	Comparação dos investimentos em hidrogênio e células a combustível no mundo.....	81
Capítulo 6 Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros.....		86
Referências Bibliográficas.....		89
Anexo I.....		94
Anexo II.....		95

Lista de Figuras

Figura 1.1: Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO ₂) de 1950 a 2004.....	2
Figura 1.2: Concentrações atmosféricas de metano (CH ₄) de 1950 a 2004.....	3
Figura 1.3: Concentrações atmosféricas de óxido nitroso (N ₂ O) de 1950 a 2004.....	3
Figura 2.1: Passos para estruturação da economia do hidrogênio no Brasil.....	14
Figura 2.2: Banco de dados online de projetos P&D ANEEL.....	18
Figura 3.1: Pirâmide <i>Top-Down</i> e <i>Bottom-Up</i>	21
Figura 4.1: Percentual dos grupos de pesquisa consultados.....	32
Figura 4.2: Investimentos em termos percentuais na área de Combustíveis e Hidrogênio distribuídos nas seguintes subáreas: produção, purificação, armazenamento e transporte.....	35
Figura 4.3: Investimentos em termos percentuais por tipo de Células a Combustível, segundo a metodologia <i>Bottom-Up</i>	36
Figura 4.4: Investimentos em termos percentuais na área de Outras Atividades distribuídos em suas três subáreas: Códigos, Normas e Padrões; Integração de Sistemas e Organização.....	37
Figura 4.5: Investimentos anuais em milhões de reais das agências de fomento em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de acordo com a metodologia <i>Top-Down</i>	44
Figura 4.6: Investimentos em milhões de reais em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no Brasil desde 1999 a 2007 de acordo com as metodologias <i>Bottom-up</i> e <i>Top-Down</i>	62
Figura 4.7: Diagrama Esquemático com as principais informações dos conjuntos <i>Top-Down</i> e <i>Bottom-up</i> e conjunto interseção entre as duas metodologias.....	64
Figura 5.1: Investimentos Mundiais Públicos para Economia do Hidrogênio, 2003.....	68
Figura 5.2: Investimentos federais para Economia do Hidrogênio do BRIC, dos Estados Unidos, do Japão e da União Européia.....	83
Figura 5.3: Investimentos Financeiros em hidrogênio e em células a combustível para os países do BRIC.....	85

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Fundos setoriais da FINEP.....	16
Tabela 2.2: Agências e fontes de fomento que financiam as tecnologias relacionadas ao hidrogênio no Brasil.....	17
Tabela 4.1: Investimentos <i>Bottom-Up</i> por agência de fomento de 1999 a 2007.....	33
Tabela 4.2: Investimentos <i>Bottom-Up</i> por área de 1999 a 2007.....	34
Tabela 4.3: Investimentos da FINEP na Rede Combustível e Hidrogênio.....	40
Tabela 4.4: Investimentos da FINEP na Rede PEM.....	41
Tabela 4.5: Investimentos da FINEP na Rede SOFC.....	42
Tabela 4.6: Quantidade de projetos por agência de fomento.....	43
Tabela 4.7: Investimentos anuais e número de projetos da FINEP, CNPq, FAPESP e P&D ANEEL.....	43
Tabela 4.8: Os 21 projetos em hidrogênio e células a combustível financiados pela FINEP (parte 1 de 4).....	46
Tabela 4.9: Projetos do Edital CT-Energ Energia 01/2001 em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível.....	49
Tabela 4.10: Relação dos 2 projetos aprovados para contratação em 2003 referente ao Edital CT-Energ/ CNPq 01/2003- Chamada I.....	50
Tabela 4.11: Relação dos 3 projetos aprovados para contratação em 2003 referente ao Edital CT-Energ: CNPq 01/2003- Chamada II.....	50
Tabela 4.12: Relação dos projetos aprovados para contratação em 2004 referente ao Edital CT-Energ/ CNPq 01/2003- Chamada II.....	51
Tabela 4.13.: Relação dos projetos apresentados para contratação referente ao Edital CT-Energ MCT/ CNPq nº17/2005 (parte 1 de 2).....	52
Tabela 4.14: Relação das propostas recomendadas para contratação pelo Comitê Temático referente ao Edital CT-Energ MCT/ CNPq 28/2006.....	54
Tabela 4.15: Relação de mais 14 projetos do CNPq de outros Editais (parte 1 de 2).....	55
Tabela 4.16: Formação de RH para Rede Combustível & Hidrogênio (CNPq).....	57
Tabela 4.17: Formação de RH para a Rede PEM (CNPq).....	57
Tabela 4.18: Formação de RH para a Rede SOFC (CNPq).....	58
Tabela 4.19: Projetos encontrados no site P&D ANEEL relacionados ao hidrogênio e às células a combustível (parte 1 de 3).....	59

Tabela 4.20: Investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no Brasil de 1999 a 2007 de acordo com as metodologias <i>Bottom-Up</i> e <i>Top-Down</i>	62
Tabela 4.21: Investimentos <i>Bottom-Up</i> e <i>Top-Down</i> por área de 1999 a 2007	65
Tabela 4.22: Arrecadação e Reservas de Contingência do CT-Energ	66
Tabela 5.1: Investimentos Mundiais Públicos em P&D para Economia do Hidrogênio, 2003 (valores em milhões de dólares).....	68
Tabela 5.2: Orçamento Federal Americano para o desenvolvimento da Economia do Hidrogênio de 2001 a 2008 (valores em milhões de dólares)	70
Tabela 5.3: Detalhamento do orçamento do setor de <i>Energy Efficiency and Renewable Energy</i> (EERE) em pesquisas relacionadas a economia do Hidrogênio por ano fiscal (valores em milhões de dólares)	71
Tabela 5.4: Recursos alocados no <i>Hydrogen Fuel Initiative</i> (valores em milhões de dólares)	72
Tabela 5.5: Orçamento do FCVT por ano fiscal (valores em milhões de dólares)	73
Tabela 5.6: Investimentos do NEDO em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no ano de 2007.....	75
Tabela 5.7: Orçamento do METI para o desenvolvimento da Economia do Hidrogênio de 2000 a 2006 (valores em milhões de dólares).....	75
Tabela 5.8: Investimento da União Européia em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 2001 a 2007.....	76
Tabela 5.9: Investimentos da Índia em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 2005 a 2007.....	79
Tabela 5.10: Investimentos da indústria automobilística indiana em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 2006 a 2010	79
Tabela 5.11: Investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível do Governo Chinês de 2001 a 2005	80
Tabela 5.12: Investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível do Governo Chinês em 2006.....	81
Tabela 5.13: Investimentos dos Governos Federais para Economia do Hidrogênio do BRIC: Brasil, Rússia, Índia e China (valores em milhões de dólares americanos).....	82
Tabela 5.14: Investimentos dos Governos Federais para Economia do Hidrogênio: BRIC, EUA, Japão e EU (valores em milhões de dólares americanos)	82

Nomenclatura

<u>Sigla</u>	<u>Descrição</u>
AFC	Célula a Combustível alcalina (<i>Alkaline Fuel Cell</i>)
BACEN	Banco Central do Brasil
BRIC	Brasil, Rússia, Índia e China
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CENPES	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CH ₄	Metano
CLAMPER	CLAMPER Indústria e Comércio
CNEN/ IPEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear/ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
CO ₂	Dióxido de carbono
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
DMFC	Célula a combustível de methanol direto (<i>Direct Methanol Fuel Cell</i>)
DOE	Departamento de Energia dos EUA (<i>U.S Department of Energy</i>)
EERE	Departamento de Eficiência Energética e Energias Renováveis (<i>Energy Efficiency Renewable Energy</i>)
EFCG	Grupo Europeu de Células a Combustível (<i>European Fuel Cell Group</i>)
EHA	Associação Européia de Hidrogênio (<i>European Hydrogen Association</i>)
ELECTROCELL	Grupo ELECTROCELL Células a Combustível
EMTU	Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos
EPA	Agência de Proteção Ambiental (<i>Environmental Protection Agency</i>)
EQ/ UFRJ	Escola de Química/ Universidade Federal do Rio de Janeiro
FACC	Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica
FCVT	<i>Freedom Car e Vehicles Technologies</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa

HFI	<i>Hydrogen Fuel Initiative</i>
IEA	Agência Internacional de Energia (<i>International Energy Agency</i>)
IMA/ UFRJ	Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPCC	Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (<i>International Panel on Climate Change</i>)
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPHE	<i>International Partnership for the Hydrogen Economy</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITP	Instituto de Tecnologia e Pesquisa
LACTEC	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
MCFC	Célula a combustível de carbonato fundido (<i>Molten Carbonate Fuel Cell</i>)
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
METI	<i>Ministry of Economy, Trade and Industry</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
nd	Não disponível
NEDO	<i>New Energy and Industrial Technology Development Organization</i>
NEP	<i>New Energy Project</i>
NIPE	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético
NIST	<i>U.S Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology</i>
NREL	Laboratório de Energias Renováveis (<i>National Renewable Energy Laboratory</i>)
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PAFC	Célula a Combustível de ácido fosfórico (<i>Phosphoric Acid Fuel Cell</i>)
PEMFC	Célula a Combustível de membrana de troca de prótons (<i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i>)
PROCaC	Programa Brasileiro de Sistemas Célula a Combustível
ProH2	Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio
SOFC	Célula a combustível de óxido sólido (<i>Solid Oxide Fuel Cell</i>)
UEM	Universidade Estadual do Maringá
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

Capítulo 1

Introdução

De um modo geral, todas as atividades do homem acarretam modificações no meio ambiente. O uso, manuseio e geração da energia que impulsionam a economia mundial são os principais responsáveis por vários destes impactos ambientais, sendo o aquecimento global a maior preocupação ambiental do último quarto do século XX. O uso e controle da energia trouxeram uma série de transformações sociais e econômicas para o mundo. Mais do que conforto, a energia facilita o transporte das pessoas, contribui para a segurança pública, para a produção industrial, bem como para o avanço da maior parte das atividades da sociedade. A energia proveniente de combustíveis fósseis, entretanto, tem contribuído para importantes e dramáticas influências ao meio ambiente.

De acordo com o IPCC (2007) existem fortes evidências de que o Aquecimento Global está sendo ocasionado principalmente devido à ação humana. Muitos estudos científicos apontam que o aumento da temperatura global possui uma forte relação com o aumento da concentração de gases como metano e, principalmente, gás carbônico na atmosfera (IPCC, 2007). Esses gases existem normalmente na atmosfera e propiciavam uma temperatura adequada à sobrevivência do homem e de todas as formas de vida sobre a Terra, mas o aumento da concentração desses gases intensificou o efeito estufa, que se caracteriza por uma maior retenção da radiação solar incidente pela atmosfera terrestre. Das ações humanas, a geração, o uso e o manuseio da energia são as maiores responsáveis pelo problema, já que a maior parte da energia utilizada pelo homem é proveniente de fontes fósseis.

A Revolução Industrial foi o marco da obtenção da energia através da utilização de combustíveis fósseis, na época, o carvão mineral. Posteriormente, o consumo de gás natural, petróleo e seus derivados, tais como óleo diesel, óleo combustível, GLP ou gás de cozinha, cresceram devido ao maior domínio das tecnologias por parte do homem e da explosão demográfica. O baixo custo e a abundância desses combustíveis na natureza favoreceram seu uso a partir do início do século XX. A partir desse período, a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera passou a crescer de modo acentuado como mostram as figuras 1.1, 1.2 e 1.3 (OLIVEIRA, 1987).

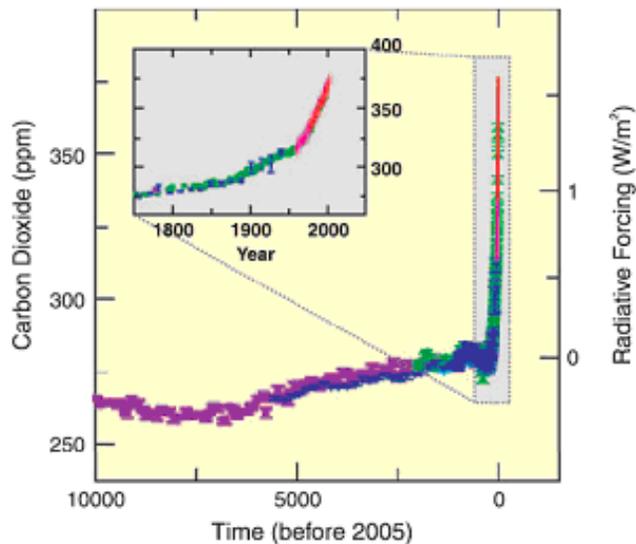


Figura 1.1: Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂) de 1950 a 2004.

Fonte: IPCC, 2007

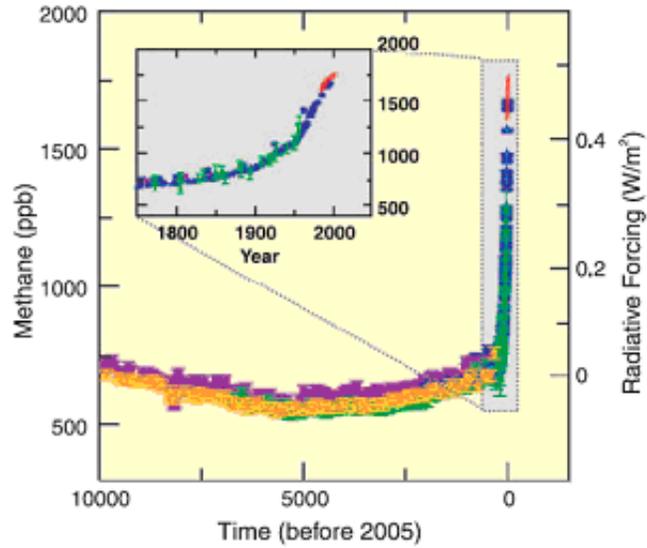


Figura 1.2: Concentrações atmosféricas de metano (CH₄) de 1950 a 2004.

Fonte: IPCC, 2007

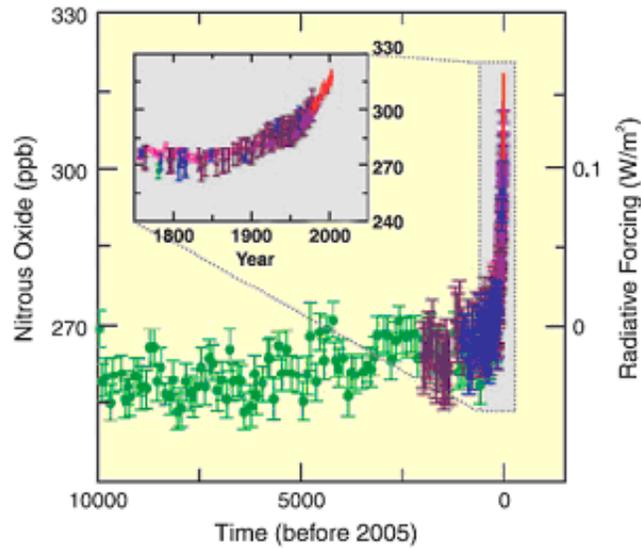


Figura 1.3: Concentrações atmosféricas de óxido nitroso (N₂O) de 1950 a 2004.

Fonte: IPCC, 2007

Entre 1973 e 1979, o Primeiro e Segundo Choques do Petróleo levaram alguns pesquisadores a cogitar sobre o uso energético do hidrogênio, já que na época o preço do barril do petróleo estava elevado. Neste período, não existia uma preocupação ambiental global e sim

algumas questões ambientais de modo isolado e o uso do hidrogênio como vetor energético constituía uma alternativa interessante para substituir os derivados do petróleo.

Em 1987, o Relatório de *Brundtland* “Nosso Futuro Comum” trouxe o conceito de desenvolvimento sustentável, como aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de também atenderem às suas” (HERCULANO, 1992). A partir desse relatório ficou claro que o desenvolvimento das sociedades e do meio ambiente não poderiam ser vistos como antagônicos, mas, sim, complementares.

Em 2005, depois de oito anos da sua elaboração, o Protocolo de Quioto entrou em vigor com o objetivo principal de reduzir as emissões do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Mais de cem países ratificaram este Protocolo, com algumas exceções importantes como Austrália, África do Sul e, principalmente os Estados Unidos, um dos maiores emissores de Gases de Efeito Estufa (GEE), perdendo apenas para a China.

A tentativa de diminuir a dependência do petróleo e as emissões de compostos de carbono na atmosfera, buscando minimizar os efeitos do aquecimento global, poderão tornar o hidrogênio um importante combustível no futuro, substituindo parte dos combustíveis de origem fóssil, principalmente os líquidos, utilizados no setor de transporte.

Como parte desses esforços, em novembro de 2003 aconteceu em Washington, EUA, o primeiro encontro para formação da Parceria Internacional para a Economia do Hidrogênio¹ (IPHE). Através da criação da IPHE, os países participantes se comprometeram a acelerar a transição para economia do hidrogênio, fortalecendo a segurança energética e a proteção ao meio ambiente dos parceiros, além de servir como um mecanismo para organizar e implementar atividades internacionais eficazes, eficientes e bem definidas de pesquisa, desenvolvimento, demonstração e utilização comercial de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível (IPHE, 2007).

¹ Economia do hidrogênio: expressão introduzida pela General Motors Co., em 1970, para denominar uma nova economia baseada no hidrogênio como vetor energético (CAMARGO, 2004)

O Brasil é o único país da América Latina a integrar o IPHE, talvez pelo fato de já possuir naquela época um programa na área de hidrogênio e células a combustível e por ser um mercado potencial para as tecnologias desenvolvidas nos outros países membros. Por outro lado, esta é uma boa oportunidade para o país participar desta transição energética, que propicia o estabelecimento de parcerias estratégicas e o aproveitamento de eventuais nichos de mercado.

O país possui duas políticas para o desenvolvimento da economia do hidrogênio, uma articulada pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e outra pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Em 2002, o MCT criou o Programa Brasileiro de Sistemas Célula a Combustível (PROCaC) e em 2004 o MME criou o Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil no âmbito do IPHE.

Apesar do crescimento dos grupos de pesquisa que trabalham em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no Brasil observado nos últimos anos, os recursos federais alocados na área podem ser considerados modestos quando comparados com outros países.

No final de 2006, o MCT solicitou ao Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH) uma estimativa dos investimentos financeiros do setor público em projetos de células a combustível e hidrogênio no Brasil, desde 1999. A escolha do ano 1999 para início da estimativa é justificado pelo levantamento inicial realizado em 2001 coordenado pela consultora internacional Dra. Helena L. Chum do *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) dos Estados Unidos, que está detalhado no item 2.2.1, o qual indicou pesquisas mais significativas na área deste estudo a partir deste ano.

1.1 Justificativa

Tendo em vista as preocupações com as Mudanças Climáticas, o uso intensivo dos combustíveis fósseis, a dependência de muitos países com relação ao petróleo, a importância da inserção das fontes renováveis de energia na matriz energética mundial, a possibilidade de utilização do hidrogênio como vetor energético e os investimentos já realizado no país no âmbito do PROCaC, é necessário avaliar de forma abrangente os investimentos em hidrogênio e células a

combustível no Brasil, a fim de comparar a situação brasileira com alguns países no mundo e disponibilizar informações que possibilitem um melhor planejamento estratégico para o setor.

1.2 Objetivos

1. Identificar, classificar e contabilizar os investimentos financeiros realizados pelo setor público no Brasil, no período de 1999 a 2007, em hidrogênio e células a combustível de acordo com as áreas e subáreas de interesse, visando possibilitar o planejamento e a tomada de decisões sobre os investimentos futuros.
2. Comparar os resultados dos investimentos realizados pelo Brasil com os demais países líderes na área e com países em condições similares de desenvolvimento, notadamente o BRIC² (Rússia, Índia e China).
3. Identificar as dificuldades na obtenção dos dados e sugerir alternativas para contabilização dos investimentos nas áreas de interesse de forma eficiente.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta pesquisa está estruturada em seis capítulos, sendo que o Capítulo 1 constitui a Introdução. No Capítulo 2 é feita uma breve descrição da importância do hidrogênio como vetor energético, são apresentadas as iniciativas do governo brasileiro para Economia do Hidrogênio e, por fim, os mecanismos de financiamento e incentivos às tecnologias do hidrogênio e célula a combustível no Brasil.

No Capítulo 3 são descritas as metodologias *Bottom-Up* e *Top-Down* utilizadas para obtenção dos investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no Brasil. São descritas em detalhe as etapas e barreiras que precisaram ser vencidas para obtenção dos dados junto aos grupos de pesquisa e às agências de fomento. Primeiramente, foi

² O termo BRIC foi criado em novembro de 2001 pelo economista Jim O'Neil, do grupo Goldman Sachs para designar os quatro principais países emergentes do mundo: Brasil, Rússia, Índia e China no relatório "Building Better Global Economic Brics" (GOLDMAN SACHS, 2007).

elaborada uma lista com os grupos de pesquisas que trabalharam ou trabalham com tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível. Em seguida, foram desenvolvidos dois questionários, um detalhado para os grupos de pesquisa e outro mais simples para as agências de fomento, com o objetivo de coletar dados de todos os projetos existentes no Brasil na área.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, relacionando as agências de fomento e quantidade de recursos financeiros alocados por elas em tecnologias do hidrogênio e das células a combustível. Também são apresentados os grupos de pesquisa mais atuantes na área, bem como as tecnologias do hidrogênio e tipos de célula a combustível nas quais o país tem mais investido.

No Capítulo 5 são apresentados os principais investimentos dos maiores investidores do mundo em tecnologia do hidrogênio (Estados Unidos, Japão, União Européia) e dos outros países membros do BRIC. Em seguida, é feita uma comparação entre os dados apresentados no Capítulo 4 com os dos países apresentados neste Capítulo. Finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões, considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

O presente capítulo descreve a importância das células a combustível e do hidrogênio como vetor energético e como agente mitigador das mudanças climáticas. Também são apresentados o atual estágio dos programas e das políticas públicas no Brasil e o panorama dos mecanismos de financiamento e incentivos à ciência, tecnologia e inovação do país, especificamente para área de hidrogênio energético.

Vale salientar que outros trabalhos já abordaram o tema da estimativa dos recursos investidos em hidrogênio e células a combustível no Brasil e no Mundo como, por exemplo, o próprio documento do ProH2 e duas teses da Unicamp: “Descarbonização do Paradigma Energético: Trajetórias Tecnológicas e Perspectivas para Economia do Hidrogênio no Brasil”, de Sandra Simm Rohrich e “Tendências Tecnológicas das Células a Combustível para Uso do Hidrogênio Derivado de Petróleo e de Gás natural”, de Ana Maria Resende dos Santos que foi defendida e aguarda homologação. Entretanto, em nenhum dos casos o assunto foi tratado com o mesmo nível de detalhamento deste trabalho para o caso brasileiro.

2.1 Por que Utilizar o Hidrogênio e as Células a Combustível?

O hidrogênio não é uma fonte primária de energia, mas um vetor energético, ou seja, precisa ser extraído de algum composto químico para então ser utilizado em aplicações químicas ou energéticas, tais como motores de combustão interna, turbinas ou células a combustível. Esse

combustível pode ser obtido tanto de fontes renováveis de energia como a partir de fontes não renováveis.

Entretanto, quase todo hidrogênio produzido no mundo hoje é destinado ao uso químico (87%), sendo a maior parte proveniente de combustíveis fósseis (96%), continuando a favorecer, desse modo, a dependência mundial nos hidrocarbonetos derivados do petróleo e a intensificação do efeito estufa (SILVA, 2003a). Ainda assim, em alguns casos, o uso energético do hidrogênio obtido de fontes não renováveis pode ser favorável ao meio-ambiente uma vez que algumas rotas tecnológicas que utilizam o hidrogênio podem apresentar maior eficiência do que o uso direto de combustíveis fósseis. Isso ocorre em especial quando se analisa a melhor eficiência global que pode ser obtida utilizando-se sistemas híbridos (EG&G, 2004).

O hidrogênio pode ser utilizado na geração estacionária de energia ou em aplicações móveis, como no abastecimento de veículos, abrangendo desta forma diversos setores da economia: transporte, industrial, comercial e residencial. A aplicação veicular é bastante relevante uma vez que o setor de transportes é um dos principais emissores de gases do efeito estufa (GEE) e por esse motivo muitos países têm desenvolvido pesquisas nessa área.

A utilização do vetor energético hidrogênio no mundo pode trazer benefícios ambientais e energéticos, como a diminuição das emissões de GEE no setor de transportes, como também permitir uma energia mais segura e menos dependente do petróleo através da geração estacionária. Além de proporcionar benefícios sociais na área da saúde pública, já que a substituição dos veículos movidos à gasolina por veículos a hidrogênio acarretará uma melhora na qualidade do ar principalmente nas grandes cidades (SILVA, 2003b).

Em muitos casos o hidrogênio pode substituir com vantagens o uso de baterias, já que estes acumuladores eletroquímicos possuem grandes restrições quanto aos procedimentos de carga e descarga e, principalmente quanto ao peso, volume e custos dos bancos de baterias necessários para o armazenamento de quantidades significativas de energia para garantir boa autonomia dos sistemas a serem alimentados.

O hidrogênio também pode ser utilizado no processo *Peak Shave* ou *Peak Shaving*, processo no qual se busca aumentar a oferta de energia elétrica nos horários de pico de consumo. Nesse caso, a carga de base é suprida por uma fonte (hidreletricidade, por exemplo) e outras fontes ou vetores energéticos são acionados sempre que necessário, quando a demanda superar a carga de base. O hidrogênio é especialmente indicado para uso com energias renováveis, como a hidreletricidade, energia eólica e energia fotovoltaica, uma vez que poderia ser produzido por eletrólise da água nos horários de baixa demanda e reconvertido em energia elétrica nos horários de pico, por meio de grupos geradores ou células a combustível, melhorando a eficiência no uso das energias renováveis citadas.

Nos países subdesenvolvidos, o hidrogênio também pode trazer benefícios sociais a partir da geração distribuída, especificamente em comunidades isoladas que não possuem acesso à energia elétrica. Entretanto, de acordo com Goldenberg (1998) a energia por si só não é suficiente para o desenvolvimento das comunidades, uma vez que outros aspectos básicos também devem ser considerados, como educação satisfatória, cuidados com a saúde, saneamento básico, acesso à água potável, alimentação nutritiva e saudável, dentre outros.

As células a combustível não estão limitadas ao Ciclo de Carnot, sendo assim, podem em alguns casos apresentar maior eficiência do que os motores de combustão interna. Através da reação entre hidrogênio e oxigênio, pode produzir energia elétrica e apenas água como subproduto. A classificação das células dá-se normalmente pelo tipo de eletrólito e temperatura que operam. Atualmente, as principais células em desenvolvimento ou em utilização são: PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*), SOFC (*Solid Oxid Fuel Cell*), AFC (*Alkaline Fuel Cell*), MCFC (*Molten Carbonate Fuel Cell*), PAFC (*Phosphoric Acid Fuel Cell*), e DMFC (*Direct Metanol Fuel Cell*) (SANTOS, 2007).

Neste item, serão descritos apenas as células que mais receberam investimentos no Brasil as células PEMFC e SOFC respectivamente. O eletrólito da célula a combustível do tipo PEMFC consiste de uma membrana sólida entre dois eletrodos de carbono e utiliza a platina como catalisador; possui temperatura de operação abaixo de 100°C, rápido tempo de partida e já é vendida comercialmente em países do primeiro mundo, embora com mercado ainda restrito. Por

outro lado, a célula do tipo *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) opera em altas temperaturas de 800°C a 1000°C, além de ser tolerante a impurezas (CO e CO₂), pode reformar internamente os combustíveis fósseis, entretanto, possui alto tempo de partida (SANTOS, 2007).

2.2 Iniciativas do Governo Brasileiro para Economia do Hidrogênio

O país dispõe de duas políticas para o desenvolvimento da economia do hidrogênio, o Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH2), antigo Programa Brasileiro de Sistemas Célula a Combustível (PROCaC), que foi criado em 2002 pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e o Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil, que foi criado em 2004 pelo Ministério de Minas e Energia (MME).

2.2.1 Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH2)

Em 2001, o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) por intermédio do Centro de Estudos Estratégicos (CGEE) contratou a consultora internacional Dra. Helena L. Chum, do *National Renewable Energy Laboratory (NREL)* dos Estados Unidos, para realizar um diagnóstico das competências nacionais e ações em andamento relacionadas às pesquisas e desenvolvimentos em células a combustível e tecnologias do hidrogênio no Brasil (MCT, 2007).

Esse trabalho contou também com a participação ativa do Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH), e gerou um relatório na forma de apresentação de slides bastante abrangente, onde foram incluídos além das competências nacionais; aspectos chaves das diversas tecnologias do hidrogênio e células a combustível; sugestões sobre o mecanismo de recompensa e incentivo a pesquisadores; grupos de pesquisa e empresas de base tecnológica. O relatório inclui ainda sugestões sobre aspectos éticos, econômicos e organizacionais para o sucesso do programa.

De acordo com os resultados da consultoria, em 2002, foi elaborado o PROCaC que tinha como objetivo promover ações integradas e cooperadas que viabilizassem o desenvolvimento

nacional de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e aos sistemas de células a combustível, visando maior participação do hidrogênio na matriz energética brasileira. As proposições gerais do PROCaC eram: formação de redes de P&D abrangendo todo o território nacional, inclusive as regiões Norte e Nordeste; promoção de uma maior integração entre os setores público e privado; preservação da propriedade intelectual e geração de patentes (MCT, 2007).

O Programa foi estruturado em cinco redes de pesquisa e desenvolvimento, tais como: i) Rede de Células a Combustível tipo membrana troca de prótons (PEM); ii) Rede de Células a Combustível de Óxido Sólido (SOFC); iii) Rede de Combustíveis e Hidrogênio; iv) Rede de Integração e Sistemas, e v) Rede de Usuários. A implementação das redes teve como objetivo coordenar os esforços de P&D e evitar a dispersão de recursos.

O PROCaC pretendia promover o desenvolvimento da tecnologia das células a combustível, como também a produção, o armazenamento e a distribuição do hidrogênio. Além disso, pretendia capacitar recursos humanos na área, padronizar e regular as normas de segurança, promover parcerias entre instituições do governo, do setor industrial, do setor de serviços e ONGs (MCT, 2007).

Entre 2002 e 2004, quase nada foi feito pelo programa devido principalmente à troca de governos e à falta de recursos. O PROCaC tinha dois focos estratégicos principais. O primeiro, a produção de hidrogênio, preferencialmente, utilizando o etanol, a eletrólise de água, outras fontes renováveis e gás natural e, o segundo, a utilização de células para geração estacionária de energia abastecida por hidrogênio ou etanol direto.

Em janeiro de 2005, a FINEP liberou 2,5 milhões de reais para a realização da primeira ação do PROCaC, o projeto “Apoio à pesquisa e desenvolvimento em hidrogênio e células a combustível” ou “Infra-estrutura Laboratorial (PEDCAC)” administrado pelo LACTEC. Neste ano também, o PROCaC passou a ser denominado Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH₂). No PROCaC, as redes eram gerenciadas por coordenadores, com reconhecida competência em suas áreas de atuação. Embora o MCT tenha

mantido os mesmos coordenadores científicos das redes no ProH2, a função de gerenciamento foi atribuída a instituições diretamente ligadas ao Ministério. Por exemplo, a Rede PEM, Rede SOFC e Rede Integração e Sistemas passaram a ser gerenciadas pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) e a Rede de Combustível e Hidrogênio pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT).

A mudança de PROCaC para ProH2 serviu para refletir mais adequadamente a amplitude do programa. Foi dado um maior destaque às tecnologias do hidrogênio, às possibilidades de uso desse gás como vetor energético, bem como para sua produção por meio de fontes renováveis de energia, com destaque para a reforma do etanol. Contudo, o interesse pelas células a combustível permaneceu e o país também pode aproveitar os nichos de mercado desse setor por meio da fabricação de componentes e sistemas de células PEMFC e SOFC.

2.2.2 Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio

A formação da IPHE em novembro de 2003 foi à propulsora da elaboração do Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio. Apesar do roteiro brasileiro não constituir um programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para o hidrogênio, tampouco um programa de natureza comercial, trata-se de um plano de ações para introduzir o hidrogênio na matriz energética brasileira, o que de certa forma também implica em estimular projetos de P&D e de natureza comercial.

O documento foi coordenado pelo MME e elaborado por diversos especialistas de instituições convidadas, utilizando como ponto de partida o texto do PROCaC. Esses fatos, juntamente com o bom sincronismo observado entre MME e MCT, deram bastante agilidade ao trabalho. O roteiro sugere uma visão do futuro com uma maior utilização do hidrogênio e aponta as barreiras existentes para adoção das tecnologias, os desafios a serem vencidos, o grau de maturidade das tecnologias associadas, bem como as ações a serem implementadas para antecipar o futuro e introduzir o hidrogênio na matriz energética com vantagens competitivas para o Brasil (MME, 2003).

A meta para implantação das ações para efetivação da economia do hidrogênio no Brasil estava prevista para o período de 2007 a 2025. Entretanto é bastante provável que este período seja estendido. O detalhamento das etapas de elaboração do roteiro está apresentado na Figura 2.1 (ARAÚJO, 2008).

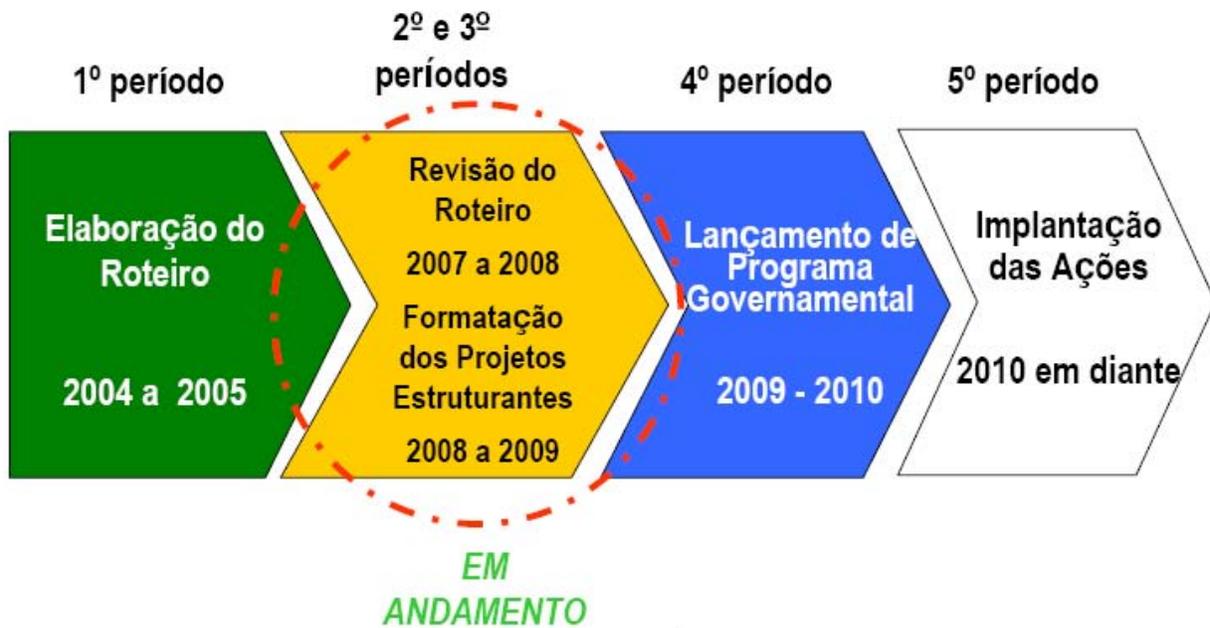


Figura 2.1: Passos para estruturação da economia do hidrogênio no Brasil

Fonte: Araújo, 2008

Muita coisa ainda deve ser feita para estruturação da economia do hidrogênio no Brasil, uma vez que até agora apenas o roteiro foi elaborado e poucos recursos foram investidos. Sendo assim, são necessárias medidas que de fato viabilizem essa transição energética, como por exemplo, a transformação do roteiro em programa, o estabelecimento de regulamentações e a criação de linhas de financiamento específicas.

As ações conduzidas pelo MCT e MME têm como objetivo principal posicionar o Brasil diante da futura transição da economia. Sendo que o ProH2 tem um caráter de P&D, enquanto o roteiro trata de um plano de ações para introduzir o hidrogênio na matriz energética brasileira, o que de certa forma também implica em estimular projetos de P&D e de natureza comercial.

2.3 Mecanismos de Financiamento e Incentivos à Tecnologia do Hidrogênio e Células a Combustível no Brasil

No Brasil existem diversos institutos e centros tecnológicos que realizam pesquisa; oferecem serviços técnicos especializados, de normalização e certificação; capacitam profissionais, etc. A maior parte destas instituições conta com apoio financeiro oferecido pelas agências de fomento e financiamento do governo como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), no âmbito federal e as Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) na esfera estadual (CORDER, 2004).

A FINEP é uma empresa pública vinculada ao MCT, que foi criada em 1967, para institucionalizar o Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas. Passou a substituir o papel até então exercido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e seu Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (FUNTEC) com objetivo de financiar a implantação de programas de pós-graduação nas universidades brasileiras (FINEP, 2007). Ainda de acordo com a FINEP (2007), em 1999 foram criados os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia que têm como objetivo financiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no País. No total existem dezesseis fundos setoriais, sendo catorze relativos a setores específicos e dois transversais, como pode ser observado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Fundos setoriais da FINEP

FUNDOS SETORIAIS	
AÇÕES TRANSVERSAIS	CT- INFO
CT- AERO	CT- INFRA
CT- AGRO	CT- MINERAL
CT- AMAZONIA	CT- PETRO
CT- AQUAVIÁRIO	CT- SAÚDE
CT- BIOTEC	CT- TRANSPORTE
CT- ENERG	FUNTTTEL
CT- ESPACIAL	VERDE-AMARELO
CT- HIDRO	

Fonte: FINEP, 2007.

As receitas dos Fundos são provenientes de contribuições incidentes sobre o resultado da exploração de recursos naturais pertencentes à União, além das parcelas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de certos setores e de Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), incidente sobre os valores que remuneram o uso ou aquisição de conhecimentos tecnológicos/transferência de tecnologia do exterior (FINEP, 2007).

A maior parte dos recursos dos Fundos é alocada no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e são administrados pela FINEP. Existe também um Comitê Gestor para cada fundo setorial, presidido por um representante do MCT e integrado por representantes dos ministérios afins, agências reguladoras, setores acadêmicos e empresariais, além das agências do MCT, a FINEP e o CNPq (FINEP, 2007).

No financiamento de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível podem ser destacados o CT-ENERG e o CT-PETRO. O primeiro fundo tem o objetivo de financiar programas e projetos na área de energia, enquanto o CT-PETRO é destinado a estimular a inovação na cadeia produtiva do setor de petróleo e gás natural.

Os fundos e as fontes de fomento relacionados na Tabela 2.2 são os que mais contribuem para as tecnologias de hidrogênio e células a combustível.

Tabela 2.2: Agências e fontes de fomento que financiam as tecnologias relacionadas ao hidrogênio no Brasil

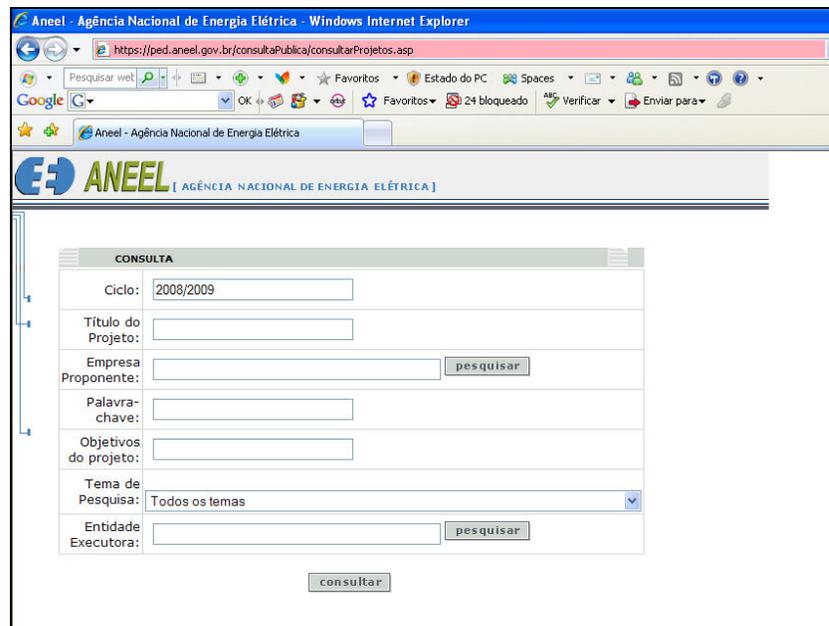
INSTITUIÇÕES		
FINEP	CNPq	CAPES
CT-ENERG	CT-ENERG	FAPs
CT-PETRO	CT-PETRO	P&D ANEEL
Outros FNDCT	Outros FNDCT	P&D ANP
	Outros (Público)	Outros (Privado)

Após ter descrito como funciona o mecanismo de financiamento da FINEP, serão descritas as outras três agências de fomento que investem de modo significativo em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível: o CNPq, P&D ANEEL e FAPESP.

O CNPq é uma agência do MCT que tem como objetivo fomentar pesquisa científica e tecnológica e formar recursos humanos para a pesquisa no Brasil. A agência é gerida por uma Diretoria Executiva e o responsável pela política institucional é um Conselho Deliberativo (CD) que é a maior instância de poder decisório da instituição. O CD é constituído pelo presidente e vice-presidente da Instituição; pelos presidentes da FINEP e da Capes; Secretário Executivo do MCT e por representantes das comunidades de Ciência e Tecnologia (C&T) e dos servidores do CNPq. A função principal do CD é decidir a aplicação dos recursos; definir o orçamento. Os Editais são financiados com recursos próprios do CNPq ou de outros Ministérios e Fundos Setoriais (CNPq, 2008)

De acordo com a Lei nº 9.991/2000 regulamentada pelo decreto nº 3.8671, as concessionárias e permissionárias de distribuição, geração e transmissão de energia elétrica devem investir anualmente um percentual mínimo de sua Receita Operacional Líquida (ROL) em pesquisas e desenvolvimento; e em programas de eficiência energética no uso final, cabendo à ANEEL regulamentar o investimento no programa; avaliar e aprovar as condições para a execução das pesquisas, bem como acompanhar seus resultados. Aqueles que geram unicamente a partir de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), biomassa, cogeração qualificada, usinas eólicas ou solares estão isentos da obrigatoriedade de investir em P&D (P&D ANEEL, 2008).

Os programas foram segmentados em ciclos e podem ser constituídos por um ou mais projetos, sendo que cada ciclo anual é iniciado em setembro e finalizado em agosto do ano seguinte. Neste período, as empresas submetem seus programas à ANEEL para aprovação (P&D ANEEL, 2008). A Figura 2.2 apresenta a página da Internet sobre o banco de dados dos projetos de P&D ANEEL, onde os dados podem ser consultados. (P&D ANEEL, 2008).



The image shows a screenshot of a web browser window displaying the ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) website. The browser's address bar shows the URL: <https://ped.aneel.gov.br/consultaPublica/consultarProjetos.asp>. The page features the ANEEL logo and a search form titled "CONSULTA". The form includes several input fields and buttons:

- Ciclo:** A text input field containing "2008/2009".
- Título do Projeto:** An empty text input field.
- Empresa Proponente:** A text input field followed by a "pesquisar" button.
- Palavra-chave:** An empty text input field.
- Objetivos do projeto:** An empty text input field.
- Tema de Pesquisa:** A dropdown menu currently set to "Todos os temas".
- Entidade Executora:** A text input field followed by a "pesquisar" button.

At the bottom of the form is a "consultar" button.

Figura 2.2: Banco de dados online de projetos P&D ANEEL

Fonte: P&D ANEEL, 2008.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) tem autonomia garantida por lei, e está ligada à Secretária de Ensino Superior do governo do Estado de São Paulo. A FAPESP teve orçamento anual superior a R\$ 400 milhões nos últimos três anos, correspondente a 1% do total da receita tributária do Estado (FAPESP, 2008).

Capítulo 3

Materiais e Métodos

Neste capítulo são descritas as duas metodologias utilizadas para obtenção dos dados dos projetos em hidrogênio e células a combustível realizados no Brasil de 1999 a 2007. Por fim, explica como foi feita a comparação dos investimentos brasileiros com os maiores investidores na tecnologia (Estados Unidos, Japão e União Européia) e com os outros países membros do BRIC (Rússia, Índia e China).

3.1 Metodologias: *Bottom-Up* e *Top-Down*

Para esse trabalho foram utilizadas duas metodologias: a *Bottom-Up* e a *Top-Down*. Ambas são de tratamento da informação ou da ordenação do conhecimento. A tradução literária de *Top-Down* é de cima para baixo e *Bottom-Up* é o oposto, de baixo para cima.

Tradicionalmente, as abordagens *Bottom-Up* e *Top-Down* têm competido entre si em algoritmos e engenharia de software. Na abordagem *Top-Down*, o processo começa com a especificação do estado global do sistema. Parte do princípio de que cada componente tem conhecimento global do sistema, como em uma abordagem centralizada. A abordagem *Bottom-Up*, por outro lado, começa com a coleta de informações individuais de cada um dos componentes para determinar o comportamento global (CRESPI, 2005).

Essas estratégias são utilizadas, por exemplo, pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) para calcular as emissões de gases do efeito estufa. O emprego da metodologia *Bottom-Up* possibilita a quantificação e identificação dos GEEs de forma desagregada. No caso específico do transporte aéreo a abordagem *Bottom-Up* requer conhecimentos sobre turbinas, velocidade média de vôo, velocidade do vento, materiais típicos de um avião, etc. Devido à complexidade dos conhecimentos necessários, a metodologia *Top-Down* acabou por se difundir mais do que a *Bottom-Up* no cálculo das emissões de GEEs. Uma vez que na abordagem *Top-Down* busca-se detectar as emissões associadas ao consumo aparente de combustíveis primários e secundários em um país (IPCC, 1996).

No caso específico desse trabalho, a estratégia *Bottom-Up* consiste em obter as informações diretamente dos grupos de pesquisa de universidades ou de outras instituições beneficiadas com os recursos financeiros. Por outro lado, a *Top-Down* consiste em obter as informações através dos órgãos financiadores dos projetos, como instituições e fundos de fomento à Ciência e Tecnologia (C&T) no Brasil, tais como: o CNPq, a FINEP, as Fundações de Amparo a Pesquisa (FAPs), a Agência Nacional de Energia (ANEEL), a Agência Nacional de Petróleo (ANP), etc. Neste trabalho foram consultados a FINEP, o CNPq, ANEEL e as FAPs e dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Bahia, Santa Catarina e Paraná. A escolha dessas FAPs foi devido à maior concentração geográfica dos grupos de P&D na área de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível. A Figura 3.1 demonstra os elementos ou agentes consultados de acordo com as estratégias *Top-Down* e *Bottom-Up*.

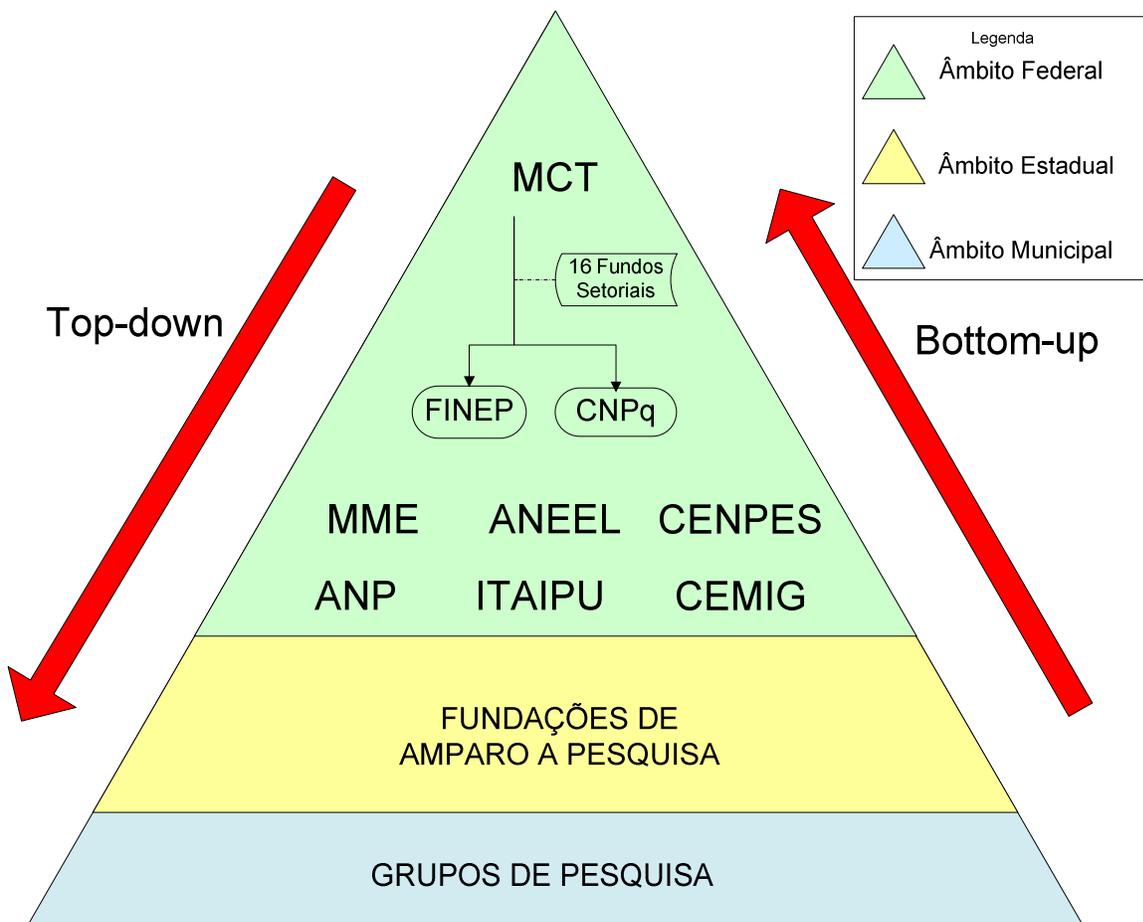


Figura 3.1: Pirâmide *Top-Down* e *Bottom-Up*

É importante salientar que a Figura 3.1 não pretende expressar uma posição hierárquica entre as agências de fomento. Considera-se que a maior parte das agências de fomento esteja no âmbito federal e as FAPs no âmbito estadual. Sendo assim, o uso da pirâmide serve para melhor exemplificar os significados das metodologias *Bottom-Up* e *Top-Down*.

A obtenção dos dados pelos dois métodos permite uma visão geral e outra detalhada de como os recursos estão sendo alocados no país. A comparação entre as informações obtidas pelos dois métodos proporcionará uma análise mais criteriosa a respeito do que de fato vem ocorrendo com os investimentos na área do hidrogênio e célula a combustível e possibilitará identificar a forma como essas informações estão sendo tratadas pelos grupos e pelas instituições de fomento.

3.1.1 Bottom-Up

Inicialmente foi elaborada uma carta explicativa (Anexo I) direcionada aos grupos de pesquisa, solicitando o apoio das mesmas para obtenção dos dados. As primeiras identificações dos grupos de P&D na área do hidrogênio foram realizadas pelo Laboratório de Hidrogênio da UNICAMP, pelo Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio e pelo trabalho liderado pela consultora Dra. Helena L. Chum do *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), tendo por base o Currículo Lattes, como explicado no item 2.2.1. A partir dessa lista inicial, foi possível complementá-la através da cooperação de alguns dos coordenadores da rede do ProH₂, bem como pelos dados fornecidos pelas agências de fomento. Por fim, tinha-se uma lista com a maior parte dos grupos de P&D na área do hidrogênio e das células a combustível no Brasil. Em seguida foi enviado por email um questionário para os grupos de P&D da lista, apresentado na Figura 3.2.

	Formulário de Coleta de Dados Projetos de células a combustível e hidrogênio		Grupos de pesquisa/ Dados do projeto	
	1- Dados da instituição 01) Nome da instituição sem abreviaturas <input type="text"/> 02) Endereço da instituição <input type="text"/> 03) CEP 04) Cidade 05) UF 06) DDD 07) Telefone 08) Fax <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>			
2- Dados do coordenador/ Executor do projeto 09) Nome do Coordenador/ Executor <input type="text"/> 10) Email do Coordenador/ Executor 11) DDD 12) Telefone 13) Fax <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 14) Nome do Co-Executor <input type="text"/> 15) Email do Co-Executor 16) DDD 17) Telefone 18) Fax <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 19) Grupo <input type="text"/> 20) Líder do Grupo <input type="text"/>				
3- Dados dos projetos 21) Título do Projeto 22) No. do processo na fonte de fomento <input type="text"/> <input type="text"/> 23) Duração do projeto 24) Status do Projeto Início: 02/01/04 Término: 02/01/00 <input type="text"/> 25) Vinculado ao PROCAC 26) O projeto resultou em patente? 27) Número INPI <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 28) O valor inteiramente disponibilizado? 29) O projeto foi executado em conjunto com outro parceiro? <input type="text"/> <input type="text"/>				
4- Recursos Financeiros do Projeto 30) Fonte de Fomento <input type="text"/> Outros <input type="text"/> A) Valor aprovado B) Valor executado <input type="text"/> <input type="text"/> 31) Valor da Contrapartida 32) Valor do Investimento <input type="text"/> <input type="text"/>				
R\$ 0,00				

Figura 3.2 Questionário submetido aos grupos de pesquisa (parte 1 de 5)

5- Palavras-Chaves
 Preencher os campos com os valores efetivamente empregados em cada etapa

Hidrogênio

- Produção
 - Eletrólise
 - Conv.
 - Avançada
 - Reforma
 - Etanol
 - Gás Natural
 - Outros
 - Outros: (definir)
- Purificação
 - PSA
 - Membranas
 - Outros: (definir)
- Armazenamento
 - Gás a alta pressão
 - Liquefação
 - Hidretos
 - Outros: (definir)
- Transporte/ Distribuição
 - Outros: (definir)

TOTAL HIDROGÊNIO: **R\$ 0,00**

Figura 3.2 Questionário submetido aos grupos de pesquisa (parte 2 de 5)

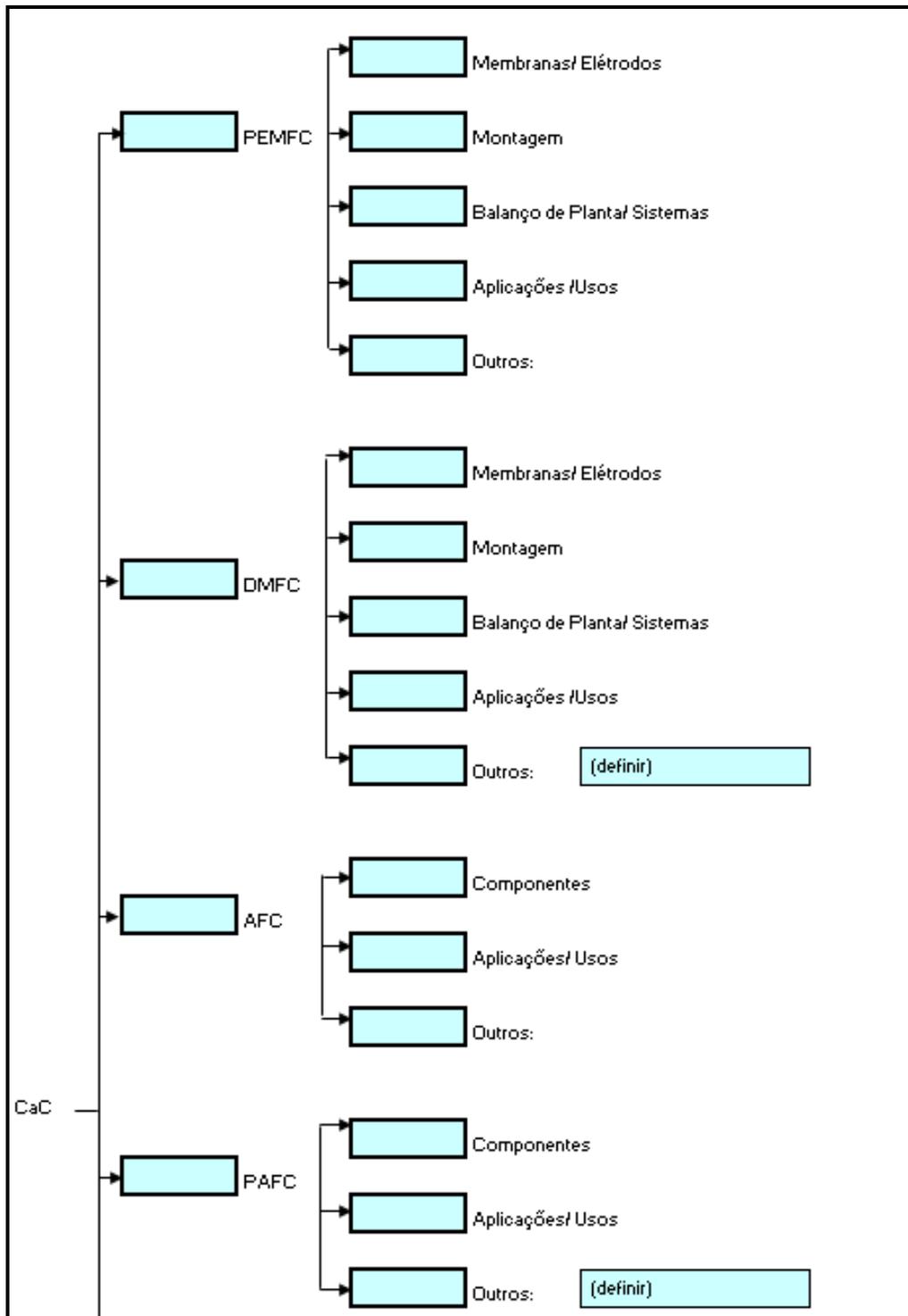


Figura 3.2 Questionário submetido aos grupos de pesquisa (parte 3 de 5)

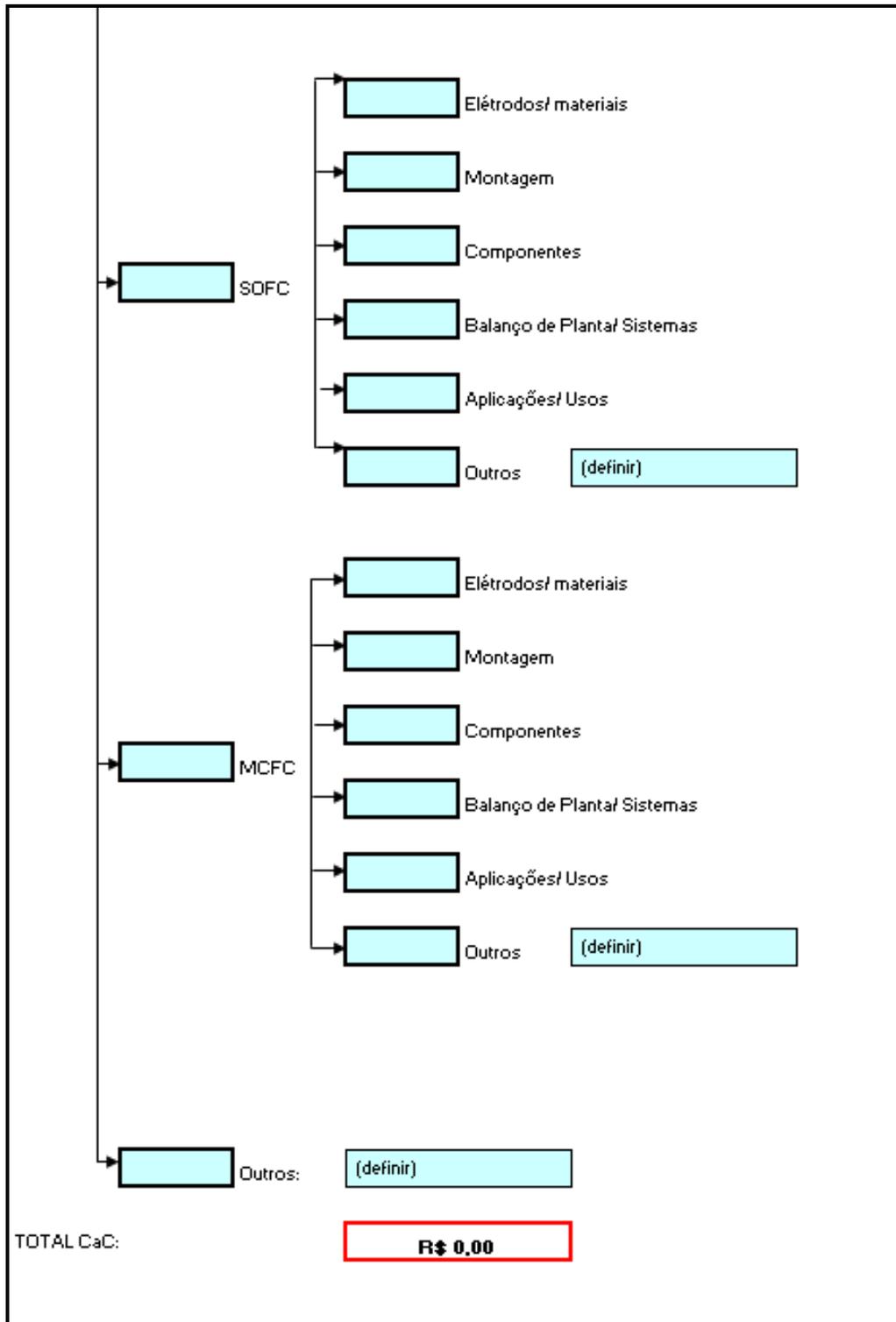


Figura 3.2: Questionário submetido aos grupos de pesquisa (parte 4 de 5)

Outras Atividades	→	<input type="text"/>	Códigos, normas e padrões
	→	<input type="text"/>	Integração de sistemas
	→	<input type="text"/>	Outros: <input type="text" value="(definir)"/>
TOTAL DAS ATIVIDADES:		<input type="text" value="R\$ 0,00"/>	
TOTAL GERAL:		<input type="text" value="R\$ 0,00"/>	

Figura 3.2: Questionário submetido aos grupos de pesquisa (parte 5 de 5)

O objetivo principal do questionário foi coletar informações de projetos correlacionados a área de interesse desse trabalho, bem como informações sobre os próprios grupos de pesquisa. As informações mais relevantes solicitadas foram os dados da instituição; a rede do ProH2, a qual pertencia o grupo; número do projeto ou processo junto à instituição de fomento; o título do projeto; data de início; data de conclusão; os valores aprovados e liberados; e se o projeto era vinculado ao ProH2.

O questionário foi elaborado de modo que os projetos pudessem ser classificados em três segmentos de pesquisa: hidrogênio, células a combustível e outras atividades. Posteriormente, os segmentos foram divididos em áreas e em subáreas de pesquisa. O segmento hidrogênio, por exemplo, foi dividido em produção, purificação, armazenamento, transporte/ distribuição. Em seguida, a etapa produção foi subdividida em eletrólise, reforma e outros. A Figura 3.3 demonstra como ocorreu o fluxo de informações na metodologia *Bottom-Up*.

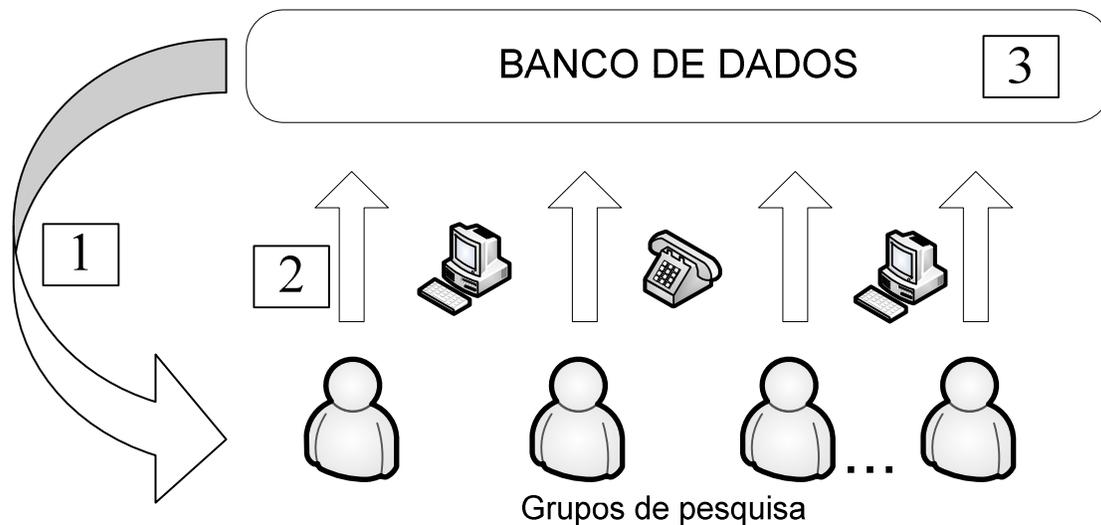


Figura 3.3: Fluxo de informações na metodologia *Bottom-Up*

- 1- Solicitação das informações aos grupos de pesquisa, por email e telefone.
- 2- Os grupos de pesquisa preencheram os questionários e enviaram por email.
- 3- Junção de todas as informações recebidas e formação do Banco de Dados 1.

A carta explicativa e o questionário foram enviados aos grupos em maio de 2007 e a obtenção integral dos dados demorou cerca de um ano, uma vez que a estratégia utilizada dependia da cooperação dos coordenadores da rede e dos líderes dos grupos de pesquisa. Por fim, em agosto de 2008 o banco de dados foi formado com o auxílio de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel. Diversos algoritmos foram aplicados a fim de garantir a consistência dos dados durante o preenchimento e análise dos formulários, como por exemplo: soma dos campos, função lógica SE, autofiltro, etc.

3.1.2 Top-Down

Neste caso, foram solicitados os dados das principais fontes de fomento na área de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível, que no Brasil são a FINEP, o CNPq e algumas FAPs, como citado no Capítulo 2. O fluxo de informações na metodologia *Top-Down* é mostrado na Figura 3.4.

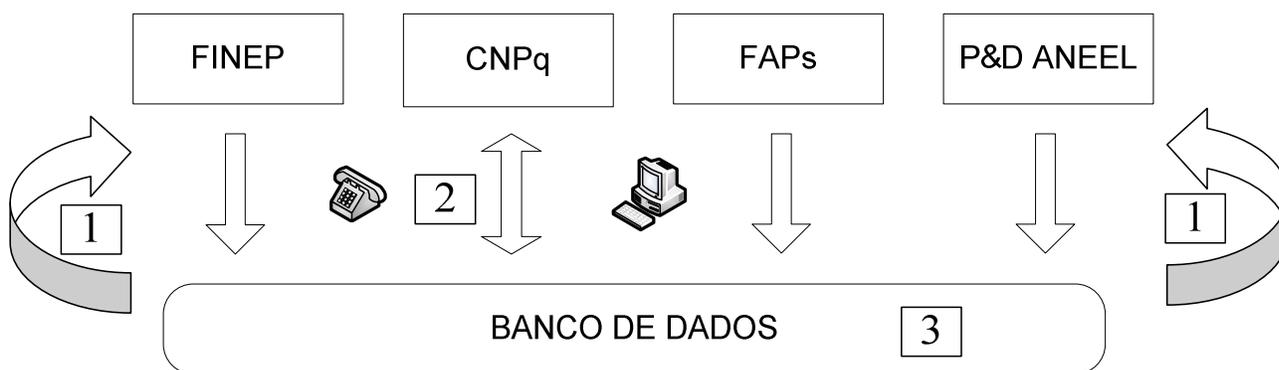


Figura 3.4: Fluxo de informações na metodologia *Top-Down*

Legenda:

- 1- Solicitação das informações às principais agências de fomento, por “email” e telefone.
- 2- Envio de planilhas eletrônicas por e-mail. CNPq tem seta de duplo sentido, pois foi a única instituição que confirmou a existência de mais 14 projetos identificados pela metodologia *Bottom-Up*.
- 3- Junção de todas as informações recebidas e formação do Banco de Dados 2

Os dados foram recebidos na forma de planilha eletrônicas e consolidados para formação do Banco de Dados 2 com exceção dos projetos P&D ANEEL que foram obtidos diretamente do banco de dados online.

3.2 Compatibilidade de dados

A obtenção dos dados através das abordagens *Bottom-Up* e *Top-Down* permitiu comparar as informações provenientes das agências de fomento com as oriundas dos grupos de pesquisa. A Figura 3.5 exemplifica a formação do Banco de Dados 3, construído com base nas informações obtidas por meio das duas estratégias.

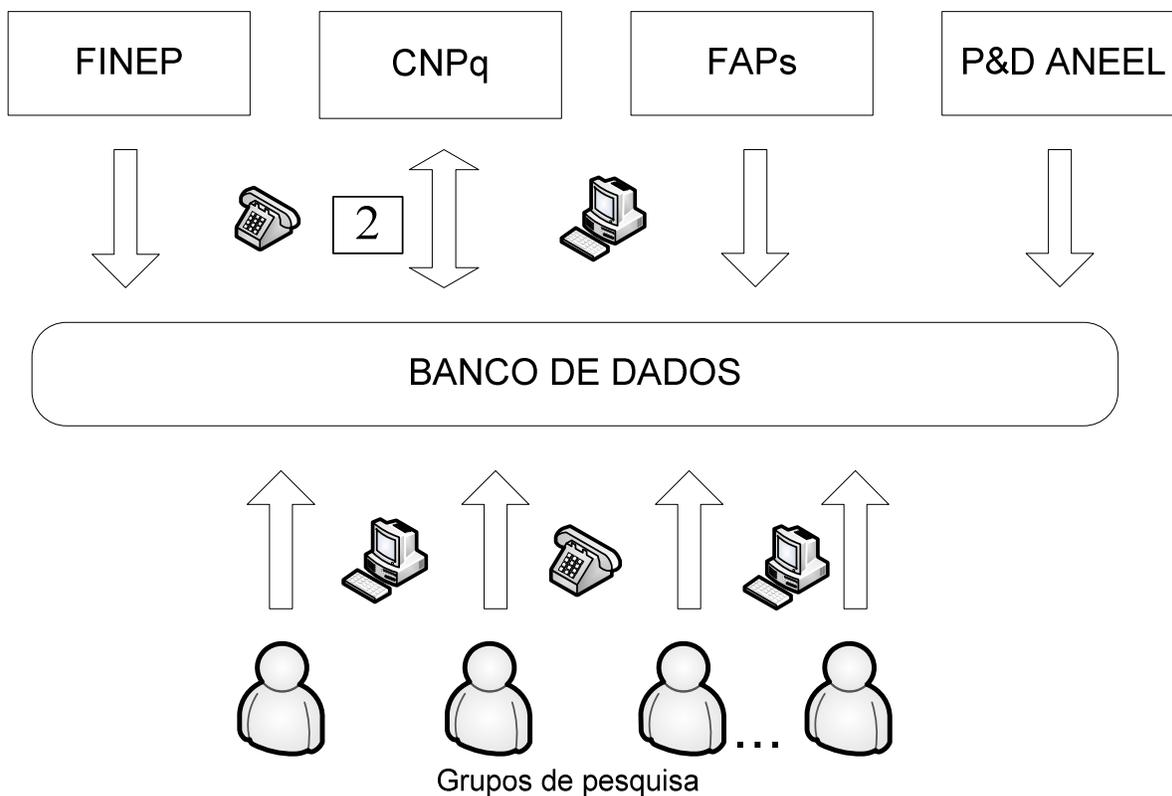


Figura 3.5: Consolidação das informações *Bottom-Up* e *Top-Down* no CENEH

Os dados foram tratados através do recurso autofiltros e algoritmos desenvolvidos com auxílio de outras funções existentes no Microsoft Excel. Isso possibilitou checar a consistência dos dados, evitando que um projeto fosse contabilizado mais de uma vez. Os principais campos dos formulários utilizados para essa tarefa foram o número do projeto junto à instituição de fomento, o nome do projeto e os campos de valores.

3.3 Comparação entre os investimentos do Brasil e do Mundo

No Capítulo 5 será feita uma comparação entre os investimentos apresentados no Capítulo 4 e os dados da União Européia e dos seguintes países: Estados Unidos, Japão, Rússia, Índia e China. Os dados do Capítulo 5 foram obtidos, principalmente, da *International Agency Energy* (IEA), da organização *Fuel Cells 2000* e da *United Nations Environment Programme* (UNEP). Os dados foram compilados em uma planilha do Excel do programa da Microsoft.

Capítulo 4

Apresentação e Análise dos resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através das metodologias propostas, *Bottom-Up* e *Top-Down*, bem como uma análise comparativa entre ambas. Conforme explicado anteriormente, os dados da metodologia *Bottom-Up* foram obtidos a partir de questionários submetidos aos grupos de pesquisa, enquanto os dados da metodologia *Top-Down* foram obtidos a partir das informações fornecidas pelas principais agências financiadoras de pesquisa e desenvolvimento.

A fim de complementar a avaliação dos financiamentos realizados pelo setor público brasileiro nas áreas de hidrogênio e células a combustível, foi incluído no final deste capítulo um levantamento do contingenciamento de recursos do Fundo CT-Energ. Esses dados serão utilizados posteriormente no Capítulo 5 na comparação dos investimentos brasileiros frente aos demais países.

4.1 Bottom-Up

Em 2001, no trabalho organizado pela Dra. Helena L. Chum com a colaboração do CENEH foram identificados 39 grupos de pesquisa no Brasil atuantes ou com potencial para atuar na área de hidrogênio e células a combustível. Em 2007, para obtenção dos dados da metodologia *Bottom-Up* foram consultadas 40 instituições e enviados formulários a 154 pesquisadores, que

estão dispersos em 68 grupos de pesquisa, vide Anexo II. Dos grupos de pesquisa consultados, 37 grupos (54%) responderam o questionário, dois grupos (3%) afirmaram não possuir nenhum projeto na área de estudo desse trabalho, e os outros 27 grupos (43%), apesar de contatados inúmeras vezes, não enviaram nenhum tipo de resposta. O alto índice de abstenção dificultou a consolidação dos dados, uma vez que a diferença na quantidade de projetos entre as duas metodologias foi significativa. A Figura 4.1 apresenta o percentual dos grupos de pesquisa entrevistados para esse trabalho.

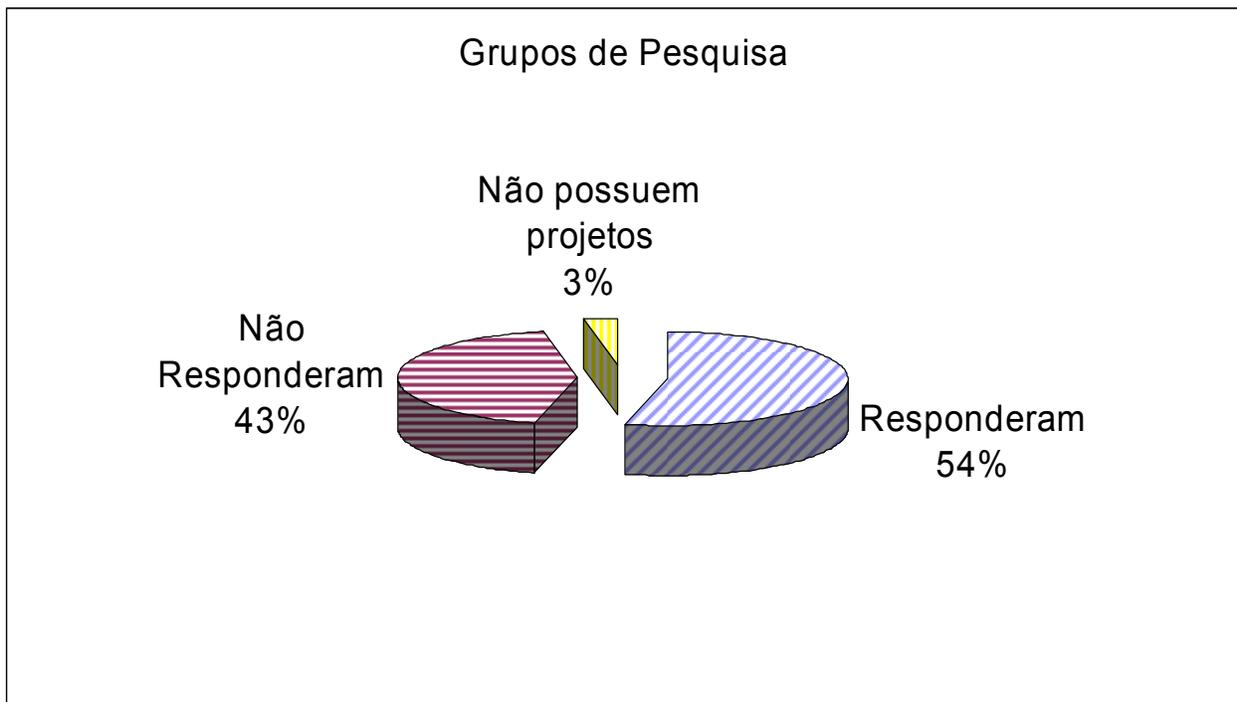


Figura 4.1: Percentual dos grupos de pesquisa consultados

Tabela 4.1: Investimentos *Bottom-Up* por agência de fomento de 1999 a 2007

	Nº de projetos	Valor aprovado (reais)	% do valor aprovado
FINEP	15	R\$ 28.400.000,00	31%
PNUD	Ônibus	R\$ 22.300.000,00	24%
P&D Aneel	12	R\$ 12.420.000,00	14%
CT-Energ (FINEP)	3	R\$ 5.200.000,00	6%
Outros Privados (a)		R\$ 4.800.000,00	5%
CT-Energ (CNPq)	18	R\$ 3.600.000,00	4%
FAPESP	12	R\$ 3.750.000,00	4%
Outros Públicos (b)	7	R\$ 3.700.000,00	4%
CT-PETRO (FINEP)	4	R\$ 2.970.000,00	3%
EMTU		R\$ 3.100.000,00	3%
CNPq	11	R\$ 800.000,00	1%
Outros FNDCT (FINEP)	2	R\$ 670.000,00	1%
FAPERJ	1	R\$ 20.000,00	0%
Itaipu Binacional	2	R\$ 270.000,00	0%
TOTAL	87	R\$ 92.000.000,00	100%

(a) Consorcio Internacional para desenvolvimento do ônibus a hidrogênio do EMTU formado pelas seguintes empresas: Eletropaulo, *Ballard Power Systems*, *EPRI International*, *Hydrogenics Corporation*, Marcopolo, *NUCELLSYS*, Petrobrás e Tuttotrasporti.

(b) CHESF, Grupo de Combustíveis Alternativos, Eletronorte/Unicamp e MME

O Banco de Dados da metodologia *Bottom-Up* ficou composto por 87 projetos. Os dados desta metodologia foram tratados como uma amostra, uma vez que representam apenas 25% do número total de projetos (343) encontrados na junção das duas metodologias, vide item 4.3.

Os 87 projetos então foram classificados por agência de fomento com objetivo de saber quais agências mais investiram em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 1999 a 2007. De acordo com a Tabela 4.1 a agência de fomento que mais investiu na área deste estudo foi a FINEP com 31% do valor total da metodologia *Bottom-Up*. Em segundo lugar, aparece o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com 24%, seguido pelo P&D Aneel, com 14%. A contribuição total destas três agências é de longe a mais significativa, totalizando 69% dos investimentos.

Em seguida para melhor avaliar os 87 projetos, eles foram divididos em três grandes áreas: Hidrogênio, Célula a Combustível e Outras Atividades Relacionadas, como mostrado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Investimentos *Bottom-Up* por área de 1999 a 2007

Área	Investimentos <i>Bottom-Up</i>	
	Reais	Percentual
Hidrogênio	R\$ 37.800.000,00	41%
Célula a Combustível	R\$ 40.400.000,00	44%
Outras Atividades relacionadas	R\$ 13.800.000,00	15%
TOTAL	R\$ 92.000.000,00	100%

De acordo com a Tabela 4.2 pode-se observar que os maiores investimentos no país na área do estudo foram em Células a Combustível (CaC) e Hidrogênio, que somados representam 85% do total. O investimento em CaC (PEMFC e SOFC) aparece em primeiro lugar, superando o investimento em Hidrogênio em 7,3%. Os recursos financeiros alocados em Outras Atividades (Segurança, Códigos, Normas, Padrões; Integração de sistemas e outras atividades relacionadas) foram significativamente menores, totalizando 15%. Essa grande diferença com relação às áreas majoritárias deve-se ao fato das atividades terem sido iniciadas mais tarde e contarem com um menor número de pesquisadores envolvidos. No entanto, espera-se que essa participação aumente no futuro, tendo em vista a importância dos assuntos dessa área.

4.1.1 *Bottom-Up*: Investimentos em Hidrogênio

A Figura 4.2 apresenta como os recursos foram alocados em hidrogênio de 1999 a 2007. É notório que foram investidos mais recursos na área de Produção de Hidrogênio, principalmente para o desenvolvimento de catalisadores para reforma de etanol, uma vez que o Brasil apresenta grande produção de etanol através da cana-de-açúcar com baixos custos, tornando-o atrativo para a produção de hidrogênio. Além disso, na época em que o edital para o ProH2 foi lançado, muitos pesquisadores que já trabalhavam com catálise e aproveitaram esse nicho de pesquisa (CHUM, 2002). Por outro lado, os recursos financeiros aplicados na área de Transporte e Distribuição foram muito reduzidos quando comparados à Produção de Hidrogênio.

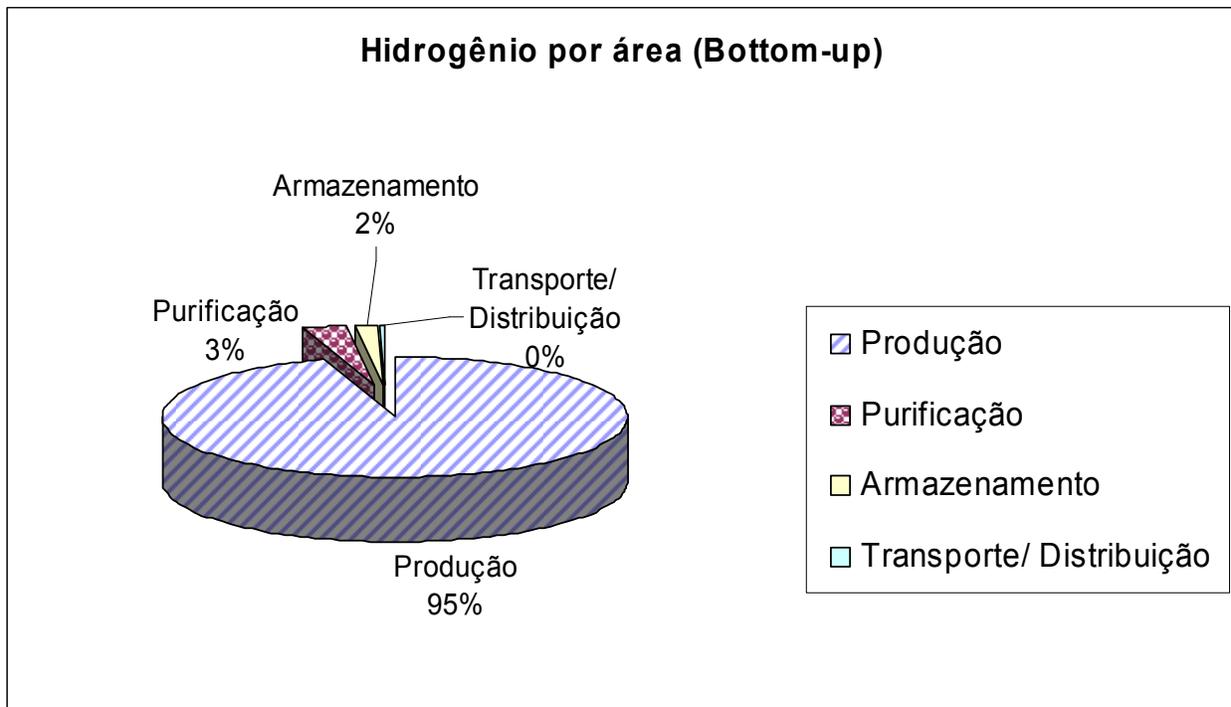


Figura 4.2: Investimentos em termos percentuais na área de Combustíveis e Hidrogênio distribuídos nas seguintes subáreas: produção, purificação, armazenamento e transporte

4.1.2 *Bottom-Up*: Investimentos em Células a Combustível

A partir da Figura 4.3 nota-se que, do total de recursos investidos em células, 56% foram aplicados na célula tipo PEMFC e 37% na célula tipo SOFC. Em 2001 já existiam no Brasil grupos de pesquisa na área de eletroquímica dedicados às células PEMFC e grupos na área de materiais cerâmicos destinados ao uso nuclear, similares aos empregados nas células a combustível de alta temperatura, o que acabou induzindo os maiores investimentos nessas tecnologias (CHUM, 2002).

Tipos de Células a Combustível

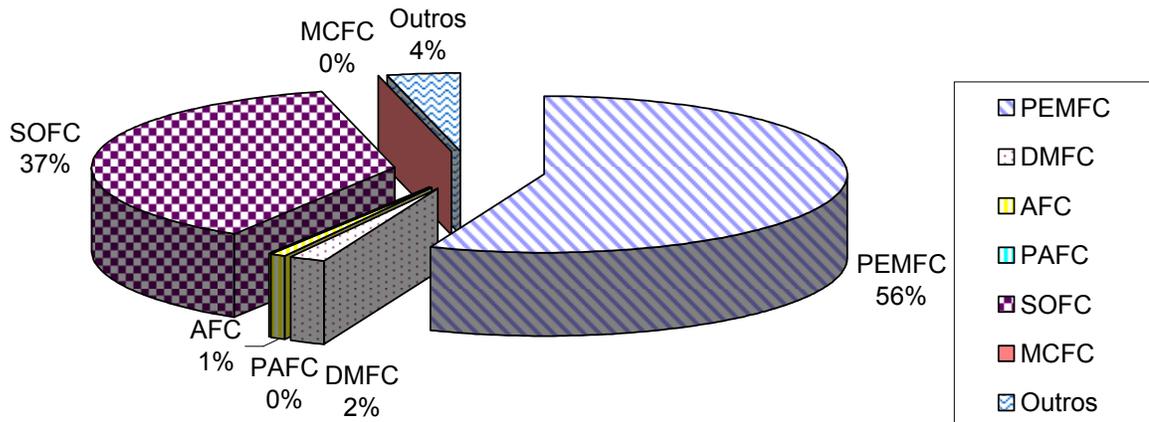


Figura 4.3: Investimentos em termos percentuais por tipo de Células a Combustível, segundo a metodologia *Bottom-Up*

Ainda de acordo com a Figura 4.3, o investimento no item Outros (estação de teste, mão-de-obra e viagens) corresponde a 4% do total e fica evidente que as pesquisas em célula AFC foram praticamente suspensas no Brasil. Uma das possíveis causas para esse desinteresse decorre desta tecnologia necessita de oxigênio e hidrogênio puros. Entretanto, as AFC são as células a combustível mais eficientes e foram as primeiras a serem desenvolvidas para naves espaciais tripuladas, onde há hidrogênio puro disponível. Foi difícil detectar projetos em célula do tipo DMFC, embora muitos grupos que trabalham com célula PEMFC também pesquisem a célula DMFC. Em relação à célula MCFC ficou evidente que não existem no Brasil grupos de pesquisa que se dediquem a ela, uma vez que ao longo deste trabalho nenhum projeto envolvendo este tipo de célula tenha sido relatado. Esta célula pode fazer reforma interna do metano sem a necessidade de um reformador externo e possui temperatura de operação mais baixa do que a célula do SOFC (SANTOS, 2007).

4.1.3 *Bottom-Up*: Investimentos em Outras Atividades

A Figura 4.4 mostra o valor percentual dos investimentos financeiros em Outras Atividades em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível divididos em três áreas: Códigos, Normas e Padrões; Integração de sistemas e Organização (formação de redes, atividades socioeconômicos e ambientais, viagens, diárias, divulgação e cursos).

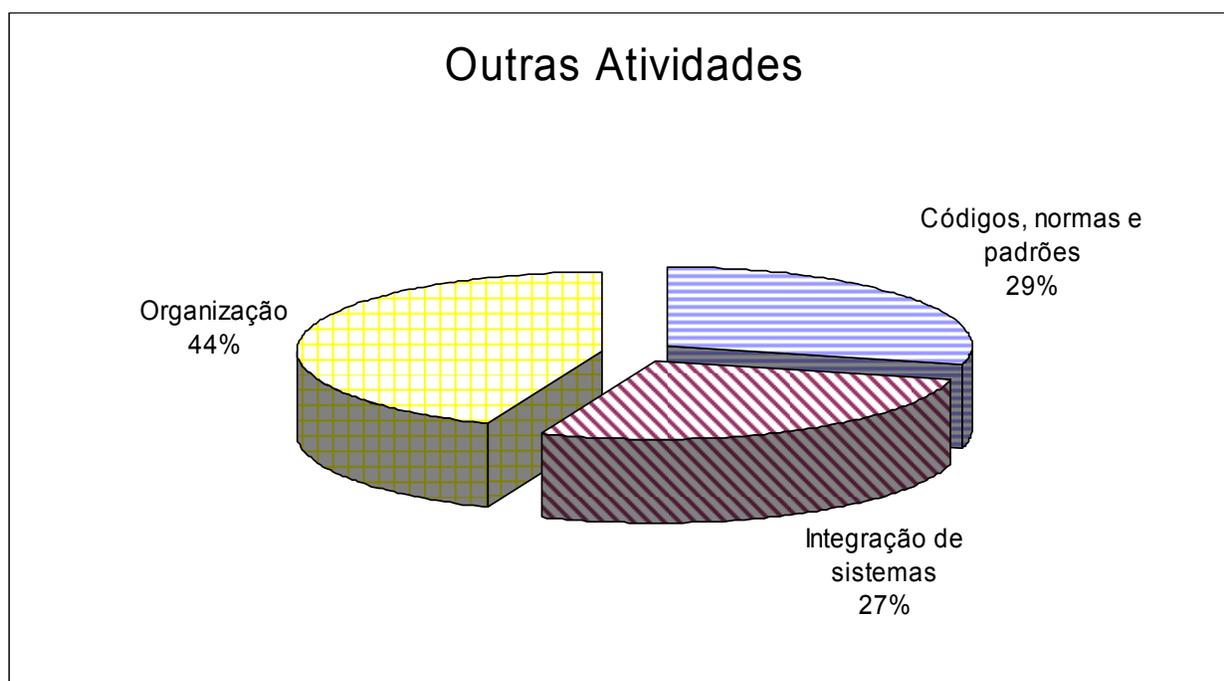


Figura 4.4: Investimentos em termos percentuais na área de Outras Atividades distribuídos em suas três subáreas: Códigos, Normas e Padrões; Integração de Sistemas e Organização

4.2 Top-Down

4.2.1 Projetos das redes do ProH2

Nesta seção, são apresentados os dados obtidos junto às principais agências fomentadoras de P&D relacionados às quatro redes em operação do ProH2: Combustível & Hidrogênio, PEM, SOFC e Sistemas. A rede de Utilização embora tenha sido prevista, ainda não está estabelecida.

As redes foram criadas pela Portaria MCT nº 430, de 27/Ago/2004, entretanto, o início das atividades só foi aprovado pela FINEP em 19 de dezembro de 2006, com a primeira liberação de recursos ocorrendo apenas em maio de 2007. Antes disso, houve apenas um aporte de recursos para apoiar os grupos de pesquisa através do projeto “Apoio à pesquisa e desenvolvimento em hidrogênio e células a combustível” ou “Infra-estrutura Laboratorial (PEDCAC)”, administrado pelo LACTEC.

A rede Combustível & Hidrogênio, PEM, SOFC receberam da FINEP 4,6 milhões de reais cada uma, enquanto rede de Integração de Sistemas recebeu apenas 1,4 milhões, e está previsto a liberação de mais 1 milhão de reais.

Os recursos econômicos das redes são administrados por fundações, que recebem os recursos e os repassam para os diversos grupos de pesquisa. A Rede de Combustíveis e Hidrogênio opera com a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica (FACC), enquanto as Redes PEM, SOFC e Sistemas e Integração operam com o Instituto UNIEMP.

Com relação aos avanços já alcançados com base no trabalho das redes, foram obtidos os depoimentos reproduzidos nos parágrafos seguintes.

Na rede PEM ocorreu o desenvolvimento e a caracterização de novas formulações de eletrocatalisadores mais tolerantes ao CO, para a oxidação direta de metanol e etanol e otimização de processos de fabricação de nanoestruturas como eletrocatalisadores viáveis economicamente. Também ocorreu o desenvolvimento de membranas alternativas ao NAFION em escala laboratorial para operação de células até 140°C. Foram iniciadas atividades em simulação de operação de células. Foram realizados estudos de fluido-dinâmica para projeto de placas bipolares, bem como o desenvolvimento de processos para fabricação de MEAs eficientes, reprodutivos e de baixo custo. Com relação ao aumento de escala (*scaling-up*) foram obtidos MEAs de até 20x20 cm² de área ativa. A produção em escala de eletrocatalisadores foi iniciada em parceria com uma empresa privada, bem como o desenvolvimento de placas bipolares metálicas e de grafite otimizadas (LINARDI, 2009).

Todos os componentes da SOFC (anodos, catodos, eletrólitos e interconectores) já estão sendo produzidos, com ênfase no uso de insumos nacionais, por técnicas como: co-precipitação, precursores poliméricos e síntese por combustão. Os resultados alcançados durante o projeto têm permitido avançar no controle dos parâmetros de síntese, possibilitando o estabelecimento de composições químicas e a engenharia de microestruturas, visando otimizar as propriedades necessárias dos materiais componentes para a fabricação de placas e camadas com bom desempenho eletroquímico (FONSECA, 2009).

Os avanços da rede Combustível e Hidrogênio não foram inseridos na versão final, pois até o dia 04 fevereiro o coordenador da rede não enviou sua opinião sobre os avanços.

A Tabela 4.3, Tabela 4.4 e Tabela 4.5 resumem as informações acerca dos recursos que foram repassados pela FINEP às instituições que integram as redes do ProH2.

Tabela 4.3: Investimentos da FINEP na Rede Combustível e Hidrogênio

REDE COMBUSTÍVEL E HIDROGÊNIO					
	Instituição	Recursos financeiros	Responsável	Percentual	Área
Proponente	FACC	R\$ 164.755,00		3,60%	
Executor	INT	R\$ 1.492.925,00	Fábio Bellot	32,50%	Reforma Etanol e outras biomassas
Co-Executores	PEQ-COPPE	R\$ 1.177.395,00	Martin Schmal	25,60%	Oxidação seletiva do CO; projeto do reator
	UFSCAR	R\$ 135.100,00	José Maria Correa	2,90%	Reforma Etanol
	USP	R\$ 133.600,00	Elisabete Assaf	2,90%	Reforma Etanol
	CNEN-IPEN	R\$ 233.500,00	Fátima Maria Carvalho	5,10%	Reforma Etanol; purificação através de membranas
	UFF	R\$ 183.350,00	Fábio Barbosa Passos	4,00%	Purificação de H ₂ :oxidação seletiva de CO
	UNICAMP	R\$ 148.250,00	Newton Pimenta Neves Jr.	3,20%	Eletrólise Convencional
	UEM	R\$ 139.925,00	Nadia Regina Machado	3,00%	Projeto do reator
	UFBA	R\$ 183.350,00	Soraia Brandão	4,00%	Reforma do Gás Natural
	UFU	R\$ 135.100,00	Carla Eponina Hori	2,90%	Reforma do Gás Natural
	UFRN	R\$ 106.150,00	Dulce Maria de Araújo	2,30%	Reforma do Gás Natural
	EQ-UFRJ	R\$ 140.000,00	Mariana de Mattos	3,00%	Purificação: reação de shift
	ITP-UNIT	R\$ 101.150,00	Renan Tavares Figueiredo	2,20%	Reforma do Gás Natural
	UFRGS	R\$ 125.450,00	Marla Azário Lansarin	2,70%	Decomposição do metanol
TOTAL		R\$ 4.600.000,00		100,00%	

Tabela 4.4: Investimentos da FINEP na Rede PEM

REDE PEM					
	Instituição	Recursos financeiros	Responsável	Percentual	Área
Proponente	UNIEMP	R\$ 132.304,37		2,90%	Gestão
Executor	IPEN/ CNEN	R\$ 855.339,00	Marcelo Linardi	18,60%	Eletrocatálise, membranas, componentes, simulação, MEAs, <i>scale-up</i>
Co-Executores	UFMA	R\$ 429.687,00	Auro Tanaka	9,30%	Eletrocatálise
	UFBA	R\$ 200.000,00	Jaime Boaventura	4,30%	Eletrocatálise
	UFPA	R\$ 239.713,00	José Pio	5,20%	Eletrocatálise
	UNESP- Araraquara	R\$ 225.392,00	Hebe da Las M. Villullas	4,90%	Eletrocatálise
	UNESP- Bauru	R\$ 225.392,00	Antonio Carlos D. Ângelo	4,90%	Eletrocatálise
	IPT	R\$ 225.392,00	João Poço	4,90%	Eletrocatálise. MEAs, <i>scale-up</i>
	USP- SP	R\$ 212.568,00	Flavio Marlon	4,60%	Membranas
	USP- Rib. Preto	R\$ 225.392,00	Paulo Olivi	4,90%	Eletrocatálise
	USP- São Carlos	R\$ 695.520,00	Edson Ticianelli	15,10%	Eletrocatálise. MEAs, <i>scale-up</i>
	UFRJ- IQ	R\$ 212.568,00	Ana Maria Rocco	4,60%	Membranas, eletrocatálise
	UFRJ- COPPE	R\$ 215.611,00	Helcio R.B Orlande	4,70%	Cogeração
	UFRJ- IMA	R\$ 215.611,00	Ailton de Souza Gomes	4,70%	Membranas
	CEPEL	R\$ 289.510,00	Eduardo T. Serra	6,30%	Cogeração, placas bipolares
	TOTAL		R\$ 4.599.999,37		100,00%

Tabela 4.5: Investimentos da FINEP na Rede SOFC

REDE SOFC					
	Instituição	Recursos financeiros	Responsável	Percentual	Área*
Proponente	UNIEMP	R\$ 144.147,27		3,10%	
Executor	IPEN/ CNEN	R\$ 674.145,39	Fábio Coral Fonseca	14,70%	
Co-Executores	UNESP	R\$ 430.790,30	Margarida Júri Saeki	9,40%	Síntese de materiais para fabricação SOFC
	UFSC	R\$ 162.000,00	Orestes E Alarcon	3,50%	
	COPPE-UFRJ	R\$ 540.000,00	Paulo Emilio Miranda	11,70%	
	IQ-UFBA	R\$ 701.917,04	Jaime Boaventura	15,30%	
	UENF	R\$ 435.000,00	Herval Ramos Paes Jr	9,50%	Fabricação filmes cerâmicos para SOFC por spray pirólise
	UFMG	R\$ 432.000,00	Rosana Zacarias	9,40%	
	UFRN	R\$ 594.000,00	Antonio Martinelli	12,90%	
	UFSCAR	R\$ 486.000,00	Dulcina M ^a Pinatti Ferreira	10,50%	Fabricação de placas cerâmicas para componentes SOFC
TOTAL		R\$ 4.600.000,00		100,00%	

*Estão descritas apenas as metas físicas, uma vez que existem cruzamentos das atividades entre alguns grupos de pesquisa que participam de atividades de mais de uma meta física ou alguns grupos menores que participam apenas de algumas atividades de uma meta (FONSECA, 2009).

4.2.2 *Top-Down*: Investimentos pela FINEP, CNPq, FAPS e P&D Aneel

A Tabela 4.6 mostra a quantidade total de projetos, assim como o valor total de recursos alocados pela FINEP, pelo CNPq, pelas FAPs do Estado de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Bahia, Santa Catarina e Paraná e P&D Aneel de 1999 até 2007 na área de estudo deste trabalho.

Tabela 4.6: Quantidade de projetos por agência de fomento

Fonte de Fomento	Nº projetos	Investimento (Reais)
FINEP	21	R\$ 40.630.277,88
FAPESP	199	R\$ 26.985.285,82
P&D Aneel	19	R\$ 21.318.538,10
CNPq	43	R\$ 8.930.522,90
FAPERGS	3	R\$ 38.100,00
FAPESC	1	R\$ 17.878,00
FAPESC	1	R\$ 17.878,00
FAPEMIG	0	R\$ 0,00
Fundação Araucária	0	R\$ 0,00
TOTAL	287	R\$ 97.976.580,70

Em seguida, o valor total investido pelas agências de fomento foi organizado por ano como mostrado na Tabela 4.7 e na Figura 4.5.

Tabela 4.7: Investimentos anuais e número de projetos da FINEP, CNPq, FAPESP e P&D ANEEL

Ano	FINEP (Reais)	Nº	CNPq (Reais)	Nº	FAPESP (Reais)	Nº	P&D ANEEL (Reais)	Nº
1999	R\$ 0,00	0	R\$ 180.000,00	1	R\$ 1.098.210,70	15	R\$ 31.920,00	1
2000	R\$ 21.070.000,00	8	R\$ 0,00	0	R\$ 2.409.304,40	12	R\$ 0,00	0
2001	R\$ 0,00	0	R\$ 840.000,00	4	R\$ 1.727.910,90	19	R\$ 0,00	0
2002	R\$ 590.000,00	3	R\$ 0,00	0	R\$ 2.514.169,90	26	R\$ 8.049.023,00	3
2003	R\$ 1.310.000,00	2	R\$ 1.850.000,00	8	R\$ 1.740.006,50	19	R\$ 7.420.789,00	4
2004	R\$ 3.860.000,00	1	R\$ 1.440.000,00	9	R\$ 1.200.675,90	20	R\$ 272.036,00	1
2005	R\$ 0,00	0	R\$ 1.440.000,00	10	R\$ 7.981.859,60	30	R\$ 2.392.429,00	5
2006	R\$ 0,00	4	R\$ 1.220.000,00	7	R\$ 5.036.214,10	28	R\$ 2.086.324,00	3
2007*	R\$ 13.800.000,00	3	R\$ 1.960.000,00	4	R\$ 3.276.934,0	30	R\$ 1.066.016,00	2
TOTAL	R\$ 40.630.000,00	21	R\$ 8.930.000,00	43	R\$ 26.985.286,00	199	R\$ 21.318.537,00	19

*Os projetos das redes do ProH2 foram contabilizados no ano de 2007, pois os recursos foram liberados em maio de 2007.

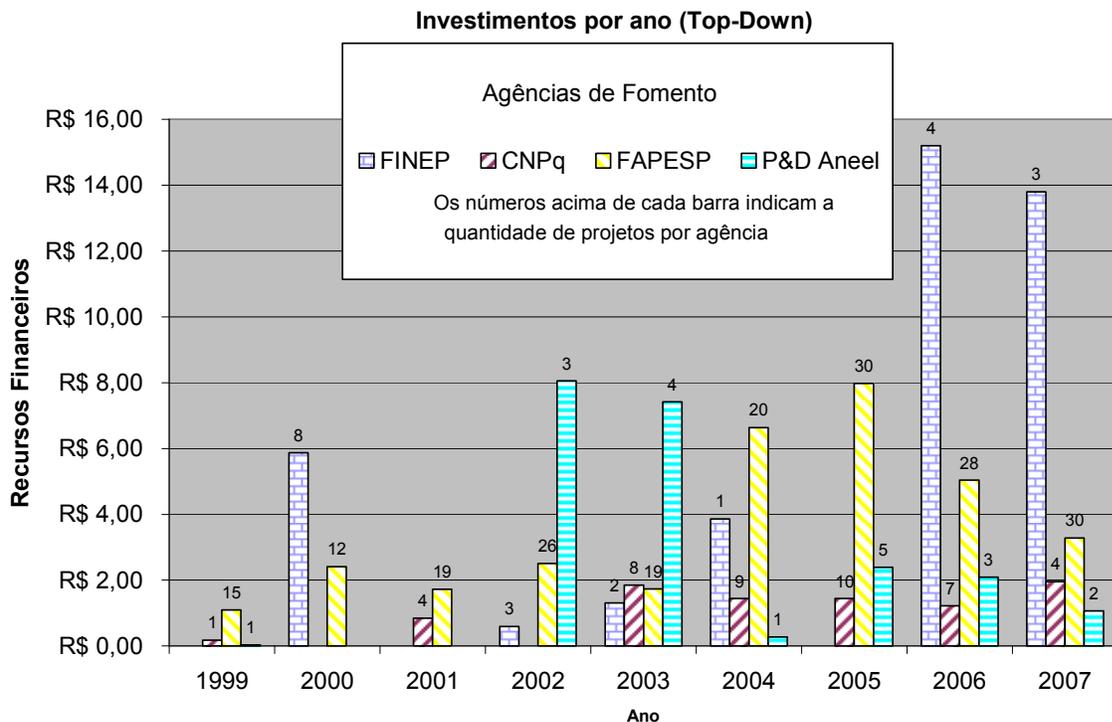


Figura 4.5: Investimentos anuais em milhões de reais das agências de fomento em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de acordo com a metodologia *Top-Down*.

A partir dos dados apresentados na Tabela 4.7 e na Figura 4.5 pode-se observar que os investimentos financeiros por ano nas áreas de hidrogênio e células a combustível realizados pela FINEP, FAPESP e pelo P&D ANEEL são bastante significativos quando comparados ao CNPq. A maior parte dos investimentos da FINEP ocorreu nos anos de 2006 e 2007, enquanto que a maior parte dos investimentos da FAPESP foi nos anos de 2004 e 2005.

Grande parte dos projetos informados pelo CNPq foi proveniente do CT-ENERG, sendo alguns CT-Amazônia e outros dos editais universais, do Pronex e do Doutorado Sanduíche no Exterior (SWE).

Através dos dados apresentados na metodologia *Top-Down* também se pode estimar que foi investido em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e a células a combustível no país o valor total de 98 milhões de reais de 1999 até 2007.

A FINEP informou ter financiado 21 projetos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível na Tabela 4.8 está detalhado informações como nome do projeto, número do convênio junto a instituição, recursos alocados em bolsas e se houver parceria de outras instituições.

Os investimentos realizados pelo CNPq também serão apresentados em tabelas, entretanto, os dados foram organizados por edital. Sendo assim, a Tabela 4.9, Tabela 4.10, Tabela 4.11, Tabela 4.12 Tabela 4.13, Tabela 4.14 e Tabela 4.15 apresentam informações dos projetos financiados pelo CNPq por edital.

Nas Tabelas 4.16, 4.17 e 4.18 são apresentadas as quantidades de bolsas de mestrado e doutorado por Rede do ProH2, bem como o valor total alocado para esse fim.

Tabela 4.8: Os 21 projetos em hidrogênio e células a combustível financiados pela FINEP (parte 1 de 4)

Convênio	Nome Do Coordenador	Título do Processo	Total (K+C+B) Recomendado	Bolsas (B) Recomendado	Outros Financiamentos	Total do projeto com todos os financiamentos	Instituição Executora
21.01.0470.00	Nádia Regina Camargo Fernandes Machado	Geração de hidrogênio a partir do etanol	R\$ 329.122,24	R\$36.222,24		R\$ 329.122,24	LACTEC
21.02.0287.00	Luiz Gonçalves Neto	Desenvolvimento de células a combustível de polímero condutor iônico com oxidação direta de metanol e etanol para uso estacionário	R\$ 1.998.150,00	R\$ 0,00		R\$ 1.998.150,00	USP
21.02.0058.00	Carlos Zundt	Ônibus urbano com célula a combustível hidrogênio	R\$ 8.366.540,00	R\$ 0,00	PNUD	R\$ 38.547.600,00	EMTU
					R\$ 22.338.680,00		
					EMTU		
					R\$ 3.090.360,00		
					PRIVADO		
R\$ 4.752.020,00							

Fonte: Adaptada de Sequeira, 2007.

Tabela 4.8: Os 21 projetos em hidrogênio e células a combustível financiados pela FINEP (parte 2 de 4)

Convênio	Nome Do Coordenador	Título do Processo	Total (K+C+B) Recomendado	Bolsas (B) Recomendado	Outros Financiamentos	Total do projeto com todos os financiamentos	Instituição Executora
01.02.0202.03	Dorival Marcos Milani	Desenvolvimento de moldes para fabricação de placas separadoras bipolares de baixo custo para células a combustível de polímero condutor iônico	R\$ 414.933,84	R\$ 72.093,84		R\$ 414.933,84	UNICEP
01.03.0001.02	Claudio José De Araujo Mota	Estudo de pilhas a combustível de membrana polimérica com eletrodos otimizados de Pt/zeólita e novas membranas compósitas condutoras protônicas	R\$ 200.000,00	R\$ 62.501,76	CENPES	R\$ 400.000,00	UFRJ
					R\$ 200.000,00		
01.02.0177.02	Ailton De Souza Gomes	Membranas poliméricas para uso em células combustíveis utilizando etanol como combustível primário	R\$ 199.950,08	R\$ 132.064,08		R\$ 199.950,08	UFRJ
01.02.0199.02	Ennio Peres Da Silva	Uso de etanol em sistemas de geração de energia elétrica por células a combustível	R\$ 188.350,00	R\$ 0,00		R\$ 188.350,00	UNICAMP
01.04.1080.04	Mauricio Pereira Cantão	Apoio à pesquisa e desenvolvimento em hidrogênio e células a combustível	R\$ 2.502.487,12	R\$ 0,00		R\$ 2.502.487,12	LACTEC
01.04.1004.03	Marcelo Linardi	Estruturação das redes de pesquisa do programa brasileiro de sistemas células a combustível (PROCaC)	R\$ 897.680,00	R\$ 0,00		R\$ 897.680,00	IPEN

Fonte: Adaptada de Sequeira, 2007.

Tabela 4.8: Os 21 projetos em hidrogênio e células a combustível financiados pela FINEP (parte 3 de 4)

Convênio	Nome Do Coordenador	Título do Processo	Total (K+C+B) Recomendado	Bolsas (B) Recomendado	Outros Financiamentos	Total do projeto com todos os financiamentos	Instituição Executora
01.04.0525.00	Fábio Bellot Noronha	Geração de H ₂ a partir da reforma do etanol	R\$ 5.788.273,32	R\$ 513.955,32		R\$ 5.788.273,32	INT/CEPEL/IPEN
01.06.0918.00	José Octavio Armani Paschoal	Desenvolvimento de protótipos pré-comerciais de CaC PEMFC	R\$ 2.399.980,40	R\$ 114.097,20		R\$ 2.399.980,40	CNEN
01.06.1006.00	Fábio Bellot Noronha	Rede Combustível e H ₂	R\$ 4.599.991,12	R\$ 256.781,34		R\$ 4.599.991,12	INT
01.06.0939.00	Marcelo Linardi	Rede PEM	R\$ 4.600.000,00	R\$ 566.875,11		R\$ 4.600.000,00	IPEN
01.06.0901.00	Fabio Coral Fonseca	Rede SOFC	R\$ 4.600.000,00	R\$ 481.506,68		R\$ 4.600.000,00	IPEN
01.06.0814.00	Vera Lucia Maia Lellis	Levantamentos e dados para promover a estruturação da rede de utilização para a economia do hidrogênio	R\$ 996.103,76	R\$ 290.567,76		R\$ 996.103,76	INT
01.05.0057.00	Fátima Maria Sequeira De Carvalho	Geração de Hidrogênio a partir de etanol utilizando microesferas de zircônia como suporte catalítico	R\$ 165.136,00	R\$ 76.064,88		R\$ 165.136,00	IPEN
02.07.0791.00	Mauricio Cantão	Geração de energia a partir de etanol	R\$ 481.641,00	R\$ 72.000,00		R\$ 481.641,00	LACTEC
01.07.0798.00	Mauricio Cantão	Reformador de metanol p/ produção de hidrogênio e uso em CaC	R\$ 350.070,00	R\$ 163.788,96		R\$ 350.070,00	LACTEC

Fonte: Adaptada de Sequeira, 2007.

Tabela 4.8: Os 21 projetos em hidrogênio e células a combustível financiados pela FINEP (parte 4 de 4)

Convênio	Nome Do Coordenador	Título do Processo	Total (K+C+B) Recomendado	Bolsas (B) Recomendado	Outros Financiamentos	Total do projeto com todos os financiamentos	Instituição Executora
??	Fábio Bellot Noronha	Sistema de produção de H ₂ a partir de etanol para CaC PEMFC de 0,5 kw	R\$ 250.000,00	R\$ 94.031,30	CENPES R\$250.000,00	R\$ 500.000,00	INT
02.07.0791.00	Marcos A.C Berton	Pesquisa e desenvolvimento em célula a combustível de óxido sólido	R\$ 198.619,00	R\$ 27.600,00		R\$ 198.619,00	LACTEC
??	Paulo Emilio V. De Miranda	Ônibus Híbrido com Baterias e pilhas a Combustível	R\$ 1.105.250,00	R\$ 61.506,24		R\$ 1.105.250,00	UFRJ
Total			R\$ 40.632.277,88	R\$ 2.985.434,47		R\$ 71.263.337,88	

Fonte: Adaptada de Sequeira, 2007.

Tabela 4.9: Projetos do Edital CT-Energ Energia 01/2001 em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível

Nº	Processo	Título do Projeto	Proponente	Instituição	UF	Total
1	551423/2001-3	Células combustíveis do tipo PEMFC utilizando novos eletrólitos sólidos poliméricos condutores protônicos utilizando novos eletrólitos sólidos poliméricos condutores protônicos	Ana M. Rocco	UFRJ	RJ	R\$ 72.703,90
2	551380/2001-2	Processo para obtenção de hidrogênio por decomposição Catalítica de amônia para aplicação em CaC .	Alcídio Abrão	IPEN	SP	R\$ 266.851,02
3	551412/2001-1	Projeto de desenvolvimento de unidade de geração de energia de 3,0 a 10,0 kw por meio de células a combustível para aplicação residencial e industrial de geração de energia de 3,0 a 10,0 kW por meio de CaC para aplicação residencial e industrial	Gilberto Janólio	ELECTROCELL	SP	R\$ 258.738,12
4	5501042001-1	Desenvolvimento de materiais para placa bi-polar para célula combustível	Gerhardt Ett	Anod-arc	SP	R\$ 242.166,58
Total						R\$840.459,62

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.10: Relação dos 2 projetos aprovados para contratação em 2003 referente ao Edital CT-Energ/ CNPq 01/2003- Chamada I

Nº	Processo	Solicitante	Título do Projeto	Total 2003 (C+K)	Custeio (C)	Capital (K)	UF
1	400573/2003-2	Roberto Fernando de Souza	Desenvolvimento de Novas Células de Combustível para operação em baixas temperaturas	R\$ 212.500,00	R\$ 38.500,00	R\$ 174.000,00	RS
2	401033/2003-1	Ivo Barbi	Célula a Combustível: Processamento da Energia Gerada por Meio de Conversores Estáticos, Modelagem, Controle e Aplicações	R\$ 179.427,95	R\$ 128.824,75	R\$ 50.603,20	SC
				R\$ 391.927,95	R\$ 167.324,75	R\$ 224.603,20	

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.11: Relação dos 3 projetos aprovados para contratação em 2003 referente ao Edital CT-Energ: CNPq 01/2003- Chamada II

Nº	Processo	Solicitante	Título do Projeto	Total 2003 (C+K)	Custeio (C)	Capital (K)	UF
1	401620/2003-4	Carlson Pereira de Souza	Desenvolvimento de um reator de membrana cerâmica para geração de gás de síntese a partir do gás natural utilizando Mo ₂ C e WC nanoestruturados como catalisadores: aplicação CaC	R\$ 260.186,55	R\$ 96.786,55	R\$ 163.400,00	RN
2	401227/2003-0	Dulcina M. Pinatti F. de Souza	Cerâmicas Utilizadas na Fabricação de CaC: Obtenção e Caracterização Elétrica	R\$ 243.188,00	R\$ 121.099,35	R\$ 122.088,65	SP
3	400606/2003-8	Martin Schmal	Geração de Energia via CaC no Desenvolvimento de novos materiais para a Produção de Hidrogênio	R\$ 199.845,35	R\$ 106.345,35	R\$ 93.500,00	RJ
				R\$ 703.219,90	R\$ 324.231,25	R\$ 378.988,65	

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.12: Relação dos projetos aprovados para contratação em 2004 referente ao Edital CT-Energ/ CNPq 01/2003-Chamada II

Nº	Processo	Solicitante	Título do Projeto	Total (C+K)	Custeio (C)	Capital (K)	UF
1	401594/2003-3	Maria do Carmo R. S. Varela	Desenvolvimento de Nanocatalisadores para CaC	R\$ 291.915,95	R\$ 116.638,95	R\$ 175.277,00	BA
2	401091/2003-1	Fernando Lázaro Freire Junior	Produção de nanotubos de carbono para armazenamento de hidrogênio	R\$ 244.372,50	R\$ 128.472,50	R\$ 115.900,00	RJ
3	401494/2003-9	Ana Maria Rocco	Desenvolvimento de nanotubos de carbono e membranas nanoestruturadas condutoras protônicas para aplicação em células a combustível do tipo PEMFC para conversão de hidrogênio e metanol.	R\$ 154.343,88	R\$ 63.843,88	R\$ 90.500,00	RJ
4	401350/2003-7	Aldo Jose Gorgatti Zarbin	Dispositivos para geração e armazenamento de energia elétrica baseados em nanotubos de carbono	R\$ 242.707,00	R\$ 94.100,00	R\$ 148.607,00	PR
Total				R\$ 933.339,33			

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.13.: Relação dos projetos apresentados para contratação referente ao Edital CT-Energ MCT/ CNPq nº17/2005 (parte 1 de 2)

Nº	Processo	Nome	Título do Processo	Total (K+C+B) Recomendado	Capital (K) Recomendado	Custeio (C) Recomendado	Bolsas (B) Recomendado	Instituição	UF
1	550236/2005-8	Germano Tremiliosi Filho	Desenvolvimento de CaC Direta de Etanol a Partir de Matérias Eletródicos Avançados e Nanoestruturados	R\$ 100.500,00	R\$ 55.500,00	R\$ 45.000,00	R\$ 0,00	USP/SAO CARLOS	SP
2	550153/2005-5	Hebe de las Mercedes Villullas	Desenvolvimento e teste de catalisadores para melhorar o desempenho de Células a Combustível para produção de energia elétrica utilizando etanol	R\$ 144.717,52	R\$ 84.600,00	R\$ 16.000,00	R\$ 44.117,52	UNESP / ARARAQUARA	SP
3	551092/2005-0	Lucimara Stolz Roman	Desenvolvimento de dispositivos baseados em polímeros semicondutores e nanotubos de carbono: conversão e armazenamento de energia elétrica.	R\$ 134.117,52	R\$ 60.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 44.117,52	UFPR	PR
4	550569/2005-7	Dulcina Maria Pinatti Ferreira de Souza	Pilhas a Combustível tipo SOFC com Eletrólitos a Base de Ceria	R\$ 114.860,00	R\$ 75.000,00	R\$ 39.860,00	R\$ 0,00	UFSCAR	SP

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.13: Relação dos projetos apresentados para contratação referente ao Edital CT-Energ MCT/ CNPq n° 17/2005 (parte 2 de 2)

N°	Processo	Nome	Título do Processo	Total (K+C+B) Recomendado	Capital (K) Recomendado	Custeio (C) Recomendado	Bolsas (B) Recomendado	Instituição	UF
5	550554/2005-0	Dachamir Hotza	Desenvolvimento de componentes cerâmicos processados por tape casting para células a SOFC	R\$ 199.976,11	R\$ 91.000,00	R\$ 28.164,75	R\$ 80.811,36	UFSC	SC
6	550150/2005-6	Jonder Moraes	Estudo da dinâmica de reações catalíticas em células a combustível	R\$ 132.058,76	R\$ 60.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 22.058,76	UFRGS	RS
7	551178/2005-1	Fabio Bellot Noronha	Desenvolvimento de catalisadores resistentes ao enxofre para a produção de hidrogênio para CaCl	R\$ 110.000,00	R\$ 75.000,00	R\$ 35.000,00	R\$ 0,00	INT	RJ
8	550479/2005-8	Luiz Rogério Pinho de Andrade Lima	Desenvolvimento e otimização de novos materiais para aplicação em célula a combustível de eletrólito sólido alimentada com gás natural	R\$ 189.822,86	R\$ 110.000,00	R\$ 36.500,00	R\$ 43.322,86	UFBA	BA
9	550109/2005-6	Martin Schmal	Desenvolvimento de Materiais Nanometricos para Células Combustíveis a Oxido Sólido	R\$ 120.196,24	R\$ 31.400,00	R\$ 83.000,00	R\$ 5.796,24	UFRJ	RJ
10	551182/2005-9	Edson Bazzo	Sistema de Controle de Temperatura de Operação e de Umidificação de Células Combustível PEMFC 200 W	R\$ 196.272,52	R\$ 82.055,00	R\$ 70.100,00	R\$ 44.117,52	UFSC	SC
Total Aprovado				R\$ 1.442.521,53					

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.14: Relação das propostas recomendadas para contratação pelo Comitê Temático referente ao Edital CT-Energ MCT/ CNPq 28/2006

Item	Processo	Nome	Título do Processo	Instituição	Capital (K) Recomendado	Custeio (C) Recomendado	Bolsa Recomendado	Total recomendado
1	554728/2006-0	Ernesto Rafael Gonzalez	Células a Combustível de Oxidação Direta de Etanol - Oxidação de Etanol em Temperaturas Intermediarias (140 oC – 180 oC).	IQSC/USP	R\$ 167.329,44	R\$ 132.554,89	R\$ 0,00	R\$299.884,33
2	554766/2006-0	Herval Ramos Paes Junior	Fabricação e Teste de Pilhas a Combustível do tipo PaCOS-TI utilizando Filmes Cerâmicos depositados por spray-pirolise	UENF	R\$ 49.694,84	R\$ 35.000,00	R\$ 57.402,72	R\$142.097,56
3	554801/2006-0	Carlos William de A.Paschoa l	Caracterização vibracional e elétrica de membranas poliméricas aplicadas a células a combustível	UFMA	R\$ 230.000,00	R\$ 42.000,00	R\$ 0,00	R\$272.000,00
Total					R\$ 447.024,28	R\$ 209.554,89	R\$ 57.402,72	R\$ 713.981,89

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.15: Relação de mais 14 projetos do CNPq de outros Editais (parte 1 de 2)

Editais	Nº processo	Nome	Título do processo	Instituição	Valor aprovado
Edital CNPq 01/2002 - Faixa C	470346/2003-5	Edson Antonio Ticianelli	Pesquisa e Desenvolvimento de Eletrodos de Difusão de Gás	USP- São Carlos	R\$80.000,00
Edital CNPq 19/2004 – Universal	472323/2004-0	Paulo Olivi	Desenvolvimento de célula a combustível de etanol direto	USP- Ribeirão Preto	R\$25.580,00
Edital CNPq 19/2004 – Universal	471288/2004-7	Estevam Vitorio Spinace	Preparação de nanopartículas metálicas a base de platina-estanho suportadas em carbono para aplicação como ânodo na oxidação direta de etanol com células do tipo PEMFC	IPEN/ CNEN- SP	R\$34.500,00
Edital CT- Energ/CNPq 01/2003	400698/2003-0	Luis Alberto Avaca	Desenvolvimento de novos catalisadores para células a combustível operando diretamente com metanol ou etanol	USP- São Carlos	R\$206.150,05
Edital CT- Energ/CNPq 18/2004	504222/2004-0	Ana Maria Rocco	Desenvolvimento de materiais nanoestruturados para aplicação como eletrólito sólido e material de eletrodo em células a combustível do tipo PEMFC para conversão de hidrogênio	UFRJ	R\$124.948,96
Edital CT- Energ/CNPq 18/2005	504524/2004-6	Ailton de Souza Gomes	Membranas Poliméricas para uso em células a combustível	UFRJ	R\$200.796,23
Edital CT- Energ/CNPq 18/2005	504694/2004-9	Paulo Emílio Valadão de Miranda	Pilha a Combustível para Operação em Temperaturas Intermediárias (IT-SOFC)	UFRJ	R\$121.393,92
Edital CT- Energ/MME/CNPq 03/200	504597/2003-5	Carlos Alberto Figueiredo	Produção de energia alternativa a partir de célula a combustível e gás natural no estado do Amazonas	UFAM	R\$465.470,67

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.15: Relação de mais 14 projetos do CNPq de outros editais (parte 2 de 2)

Edital	Nº processo	Nome	Título do processo	Instituição	Valor aprovado
Edital MCT/CNPq 02/2006	472045/2006-7	Luis Alberto Avaca	Catalisadores avançados para célula a combustível operando diretamente com metanol ou etanol	USP- São Carlos	R\$50.000,00
Edital MCT/CNPq 02/2006	470580/2006-2	Mariana de Mattos Vieira Mello Souza	Desenvolvimento de cermets de Ni/YSZ utilizados como anodos em células a combustível de óxido sólido	UFRJ	R\$32.000,00
Edital MCT/CNPq 02/2006	472191/2006-3	Paulo Emílio Valadão de Miranda	Filmes de Cromita de Lantânio para Aplicação como Interconector em Pilhas a Combustível tipo PaCos	UFRJ	R\$39.450,00
Edital MCT/CNPq 13/2006 - CT- Amazôni	553988/2006-9	Raimundo Ribeiro Passos	Implantação e desenvolvimento de pesquisas em Células a combustível como sistema de geração alternativa de energia para a Amazônia ocidental	UFAM	R\$387.047,00
Pós Doutorado no Exterior - PDE/PDE	200991/2007-8	Dachamir Hotza	Membranas Cerâmicas para Células a Combustível de Óxido Sólido	UFSC	R\$77.965,40
PRONEX- Programa De Núcleos De Excelência	662019/1997-0	Ernesto Rafael Gonzalez	Estudos eletroquímicos fundamentais e tecnológicos do aproveitamento energético de álcoois	USP- São Carlos	R\$176.250,00

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.16: Formação de RH para Rede Combustível & Hidrogênio (CNPq)

Instituição	Responsável	Modalidade de bolsa	
		Doutorado	Mestrado
COPPE	Martin Schmal	1	1
EQ/UFRJ	Mariana de Mattos Vieira de Mello Souza		2
INT	Fábio Bellot Noronha		1
IPEN	Fátima Maria S. Carvalho		1
IQ/UFSC	Luiz F.D. Probst		2
IQ/USP	Elisabete Moreira Assaf		2
UEM	Nádia Regina Camargo Fernandes Machado		1
UFBA	Soraia Brandão		1
UFBA	Jaime Soares Boaventura Filho		1
UFF	Fábio Barboza Passos	1	1
UFRGS	Maria Azário Lansarin		1
UFSCar	José Maria Correa Bueno	1	1
UFU	Carla Eponina Hori		1
UNICAMP	Ennio Peres da Silva	1	1
TOTAL		4	17
Total		R\$ 267.648,00	R\$ 383.520,00

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.17: Formação de RH para a Rede PEM (CNPq)

Instituição	Responsável	Modalidade de bolsa	
		Doutorado	Mestrado
IMA/UFRJ	Ailton de Souza Gomes	1	
IPEN	Marcelo Linardi	1	1
IQ/UFRJ	Ana Maria Rocco		2
UFMA	Auro Atsushi Tanaka		3
UFRJ	Hélcio Rangel Barreto Orlande		1
UFRJ	Silvio Carlos de Almeida		1
UFRJ	Paulo Emílio Valadão de Miranda		1
UNESP/ Araraquara	Hebe Mercedes Villullas		1
UNESP/ Baurú	Antônio Carlos Dias Ângelo		1
USP	Flávio Maron Vichi	1	1
USP/ Ribeirão Preto	Paulo Olivi		2
USP/ São Carlos	Ernesto Rafael Gonzalez	1	1
USP/ São Carlos	Edson Antônio Ticianelli		1
Total		4	16
Total		R\$ 267.648,00	R\$ 360.960,00

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Tabela 4.18: Formação de RH para a Rede SOFC (CNPq)

Instituição	Responsável	Modalidade de bolsa	
		Doutorado	Mestrado
IPEN	Emília Satoshi Miyamaru Seo	1	
IPEN	Fábio Coral Fonseca		1
IPEN	Sonia Regina Homem de Mello Castanho	1	0
Total		7	6
UFBA	Jaime Soares Boaventura Filho	1	1
UFNG	Rosana Zacarias Domingues	1	1
UFRJ	Paulo Emílio Valadão de Miranda	1	1
UFSCar	Dulcina Maria Pinatti Ferreira de Souza	1	1
UNESP-Bauru	Margarida Juri Saeki	1	1
Total		RS 468.384,00	RS 135.360,00

Total Aprovado para as 3 redes	RS 1.883.520,00
---------------------------------------	------------------------

Fonte: Adaptada de Nascimento, 2007.

Os valores de bolsas contidos nas propostas dos projetos das Redes aprovados pela FINEP são inferiores aos informados pelo CNPq. A FINEP normalmente não paga bolsas, ela repassa os recursos para que o CNPq efetue o pagamento aos bolsistas. As pessoas que foram consultadas na FINEP, no CNPq e no MCT não souberam explicar estas diferenças. Portanto, pode-se concluir que é necessário melhorar os procedimentos para organização das informações e contabilização dos recursos alocados na área por parte das instituições envolvidas nas atividades de fomento de P&D. A explicação mais provável para essa diferença é que as bolsas tenham sofrido um reajuste no período decorrido entre a elaboração das propostas e o efetivo pagamento.

A Tabela 4.19 mostra os projetos P&D ANEEL em detalhe como quais foram as concessionárias de energia envolvidas, bem como as instituições favorecidas.

Tabela 4.19: Projetos encontrados no site P&D ANEEL relacionados ao hidrogênio e às células a combustível (parte 1 de 3)

Ano	Início	Entidade Proponente	Nome do Coordenador	Título do Processo	Total	Instituição Executora
1999		Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG)	Ennio Peres da Silva	Estudo de Viabilidade de produção de H ₂ Eletrolítico utilizando energia secundária e seu uso como vetor energético	R\$ 31.920,00	UNICAMP
2002/2003	2003	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE)	José Pio Iudice de Souza	Geração de energia elétrica em localidades remotas por meio de gasificação de biomassa e CaC	R\$ 390.315,00	UFPA-CT-DEM-GVA
2003/2004	2003	Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG)	José Luz Silveira	P&D 108- Produção de hidrogênio através da reforma de etanol	R\$ 639.583,48	UNESP
2003/2004	2004	Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE)	Roberto Fernando de Souza	Distribuição otimização de células de combustível com eletrólitos alternativos	R\$ 272.036,00	UFRGS
2003/2004	2003	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF)	Eduardo Torres Serra	Produção de Hidrogênio a partir de reforma do Etanol para célula a combustível	R\$ 4.082.020,00	CEPEL-IPEN- INT
2003/2004	2002	Light Serviços de Eletricidade S/A (LIGHT)	Antonio César Ferreira	Desenvolvimento de Protótipo de CaC de Polímero Condutor Iônico de 10 KW para Geração de Energia Elétrica	R\$ 1.659.211,91	UNITECH

Fonte: P&D ANEEL, 2008.

Tabela 4.19: Projetos encontrados no site P&D ANEEL relacionados ao hidrogênio e às células a combustível (parte 2 de 3)

Ano	Início	Entidade Proponente	Nome do Coordenador	Título do Processo	Total	Instituição Executora
2003/2004	2002	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF)	Eduardo Torres Serra	Desenvolvimento de novas tecnologias de geração distribuída de energia elétrica- CaC e membrana polimérica (PEMFC) de baixa potência (CELCOMB)	R\$ 3.643.801,44	CEPEL
2003/2004	2002	Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)- Paulista	Jamea Cristina Batista Silva	PD28-04 Implantação de Sistemas de Geração distribuída junto à rede de distribuição	R\$ 2.746.010,14	LATEC-UNICAMP
2004/2005	2005	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE)	Ennio Peres da Silva	712_2005_UNICAMP- Implementação de um Sistema Autônomo Fotovoltaico/ Eletrolisador/ CaC	R\$ 298.596,86	UNICAMP-UFAM
2004/2005	2005	Centrais Termomacaé Ltda	Paulo Roberto Nagipe da Silva	Implementação de um simulador para produção de H ₂ a partir da biomassa	R\$ 157.494,40	UENF
2004/2005	2005	Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)- Piratininga	Ennio Peres da Silva	PD68 Sistema de Geração Distribuída Residencial (GD-R)	R\$ 691.030,46	UNICAMP
2005/2006	2006	CEMIG Distribuição S/A- CEMIG- D	Eduardo Silva Lora	D237- Avaliação teórico- experimental da gaseificação de biomassa para o acionamento de CaC de óxido sólido (SOFC)	R\$ 942.781,76	UNIFEI

Fonte: P&DANEEL, 2008.

Tabela 4.19: Projetos encontrados no site P&D ANEEL relacionados ao hidrogênio e às células a combustível (parte 3 de 3)

Ano	Início	Entidade Proponente	Nome do Coordenador	Título do Processo	Total	Instituição Executora
2005/2006	2005	CEMIG Geração e Transmissão S/A- CEMIG- GT	Ennio Peres da Silva	P&D181- Produção de H ₂ por processo eletrolítico e reforma de etanol, em alto grau de pureza para utilização como vetor energético no laboratório da UTE Igarapé da CEMIG	R\$ 486.826,40	
2005/2006	2006	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE)	Roberto Messias Bezerra	930_2006_EMBRAPA- Obtenção de Energia Elétrica por CaC a partir de Biomassa Amazônica	R\$ 401.622,00	IBEM-UNB-UNIFAP-UEM-EMBRAPA
2005/2006	2003	Copel Geração S/A (COPEL-GER)	Maurício Pereira Cantão	CGER-038 Geração de energia a partir de etanol: reformador integrado a CaC	R\$ 2.308.871,00	LACTEC-UEM-UFPR
2005/2006	2006	Copel Geração S/A (COPEL-GER)	Marcos Antonio Coelho Berton	P&D em CaC de óxido sólido	R\$ 741.920,00	LACTEC-IPEN
2005/2006	2005	Eletrosul Centrais Elétricas S/A (ELETROSUL)	Antonio Victorino Avila	Obtenção de H ₂ através da reforma do biogás para conversão em energia renovável	R\$ 758.481,25	UNISUL
2006/2007	2007	Central Geradora Termelétrica Fortaleza S/A (CGTF)	Roberto Fernando de Souza	0703 Tecnologia p/ fontes de energia alternativas: CaC e produção de H ₂ empregando líquidos iônicos	R\$ 416.116,00	UFRGS-FAURGS
2006/2007	2007	Eletrosul Centrais Elétricas S/A (ELETROSUL)	Luciano da Silva	Desenvolvimento de Eletrólito Polimérico para Utilização em CaC	R\$ 649.900,00	UNIVALI
				Total	R\$ 21.318.538,10	

Fonte: P&D ANEEL, 2008.

4.3 *Bottom-Up e Top-Down: Total dos investimentos em hidrogênio e células a combustível no Brasil pelas metodologias*

A Figura 4.6 e a Tabela 4.20 apresentam uma comparação entre os valores totais obtidos por ambas as metodologias por área de pesquisa no Brasil, no período 1999 a 2007. Observa-se uma diferença nos valores apurados em cada metodologia, fato que será melhor apurado ainda neste item. Por outro lado, os valores percentuais em cada uma das áreas apresentam boa concordância.

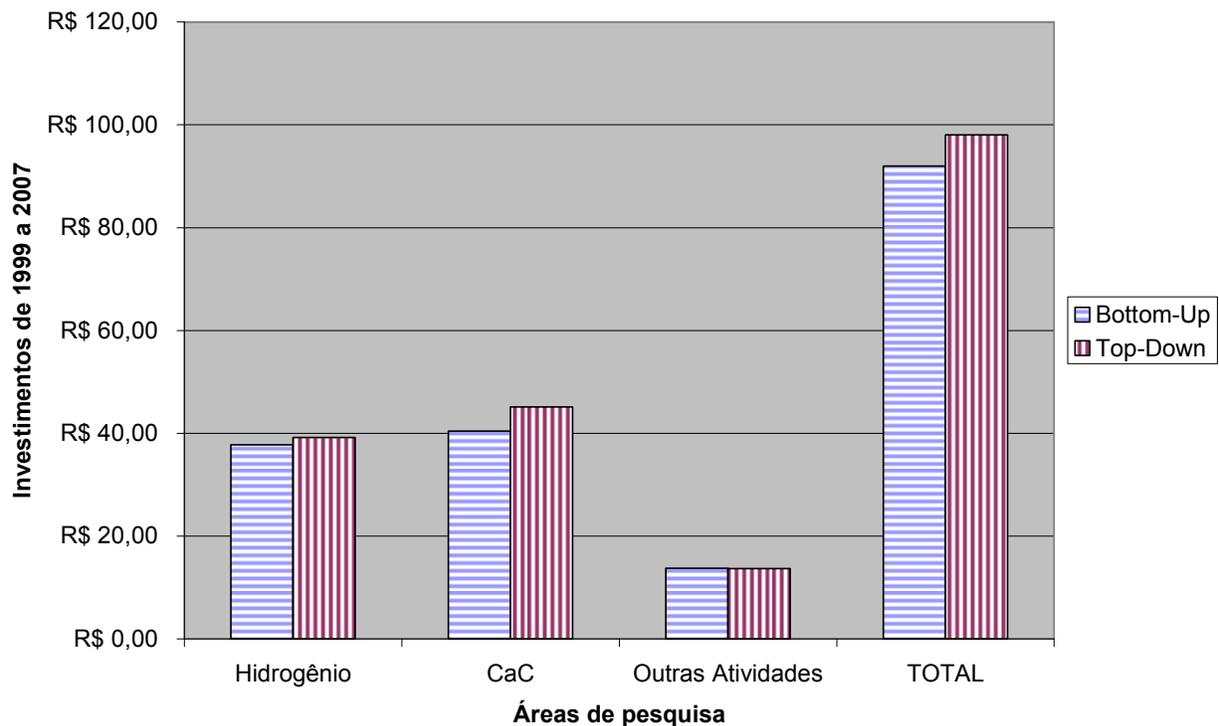


Figura 4.6: Investimentos em milhões de reais em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no Brasil desde 1999 a 2007 de acordo com as metodologias *Bottom-up e Top-Down*

Tabela 4.20: Investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no Brasil de 1999 a 2007 de acordo com as metodologias *Bottom-Up e Top-Down*.

Área	Investimentos <i>Bottom-Up</i>		Investimentos <i>Top-Down</i>	
	Milhões de reais	Percentual	Milhões de reais	Percentual
Hidrogênio	R\$ 37,80	41%	R\$ 39,20	40%
CAC	R\$ 40,40	44%	R\$ 45,10	46%
Outras Atividades	R\$ 13,80	15%	R\$ 13,70	14%
TOTAL	R\$ 92,00	100%	R\$ 98,00	100%

O valor encontrado na metodologia *Top-Down* (98 milhões de reais) foi maior do que o obtido na metodologia *Bottom-Up* (92 milhões de reais). A diferença calculada, de 6 milhões de reais, corresponde a 6% de 98 de milhões de reais. Entretanto, o que mais impressionou foi a diferença na quantidade de projetos entre uma metodologia e outra, que atingiu a cifra de 200. Uma possível explicação para isso é que 43% dos grupos não responderam ao questionário, além do que parte dos 54% que responderam enviaram respostas incompletas. Outro motivo a ser apontado foi a grande dificuldade na obtenção de informações por parte das agências de fomento. A única exceção foi a P&D ANEEL, que possui um banco de dados no seu site onde estão relacionadas todas as informações dos projetos financiados pela agência. Entretanto, mesmo neste caso, as informações precisaram ser corrigidas, pois havia projetos repetidos. Adicionalmente, a FAPESP pode ter apoiado um grande número de projetos de pequeno porte ou contabilizado bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado como projetos. Isso infelizmente não pode ser verificado, pois foram ignorados os vários pedidos de esclarecimento encaminhados à instituição.

A primeira planilha informada pelo CNPq continha 29 projetos. Entretanto, a partir dos questionários respondidos pelos grupos de pesquisa foram encontrados mais 14 projetos, que posteriormente foram confirmados pelo CNPq. Sendo assim, desde 1999 a 2007 o CNPq financiou 43 projetos.

A planilha informada pela FINEP continha 21 projetos, mas a partir dos dados obtidos pelos pesquisadores foram encontrados mais 9 projetos. Até dezembro de 2008, a instituição de fomento não havia confirmado o financiamento desses projetos.

A FAPESP informou o número de projetos e os investimentos totais por ano na área de hidrogênio e células a combustível, entretanto, não informou quais foram às instituições beneficiadas com estes recursos e nem os tipos de projetos beneficiados. Sendo assim, tornou-se praticamente impossível a verificação da compatibilidade de dados entre as duas metodologias, pois dos 199 projetos informados pela FAPESP somente 12 projetos foram informados pelos grupos de pesquisa. A quantidade de projetos da FAPESP corresponde a 69% do número total de

projetos da metodologia *Top-Down*. Entretanto, eles correspondem a apenas 28% do total de recursos contabilizados pela mesma metodologia, podendo-se concluir que uma parcela significativa dos projetos financiados pela FAPESP foi de pequeno porte.

Para se chegar a um valor mais aproximado do que foi investido no país na área de estudo foi feita a junção dos 87 projetos obtidos na metodologia *Bottom-Up* com os 287 projetos da *Top-Down*, tomando-se um grande cuidado para que nenhum projeto fosse contabilizado mais de uma vez. A Figura 4.7 sintetiza as informações dos conjuntos *Top-Down* e *Bottom-Up* e o conjunto interseção entre as duas metodologias.

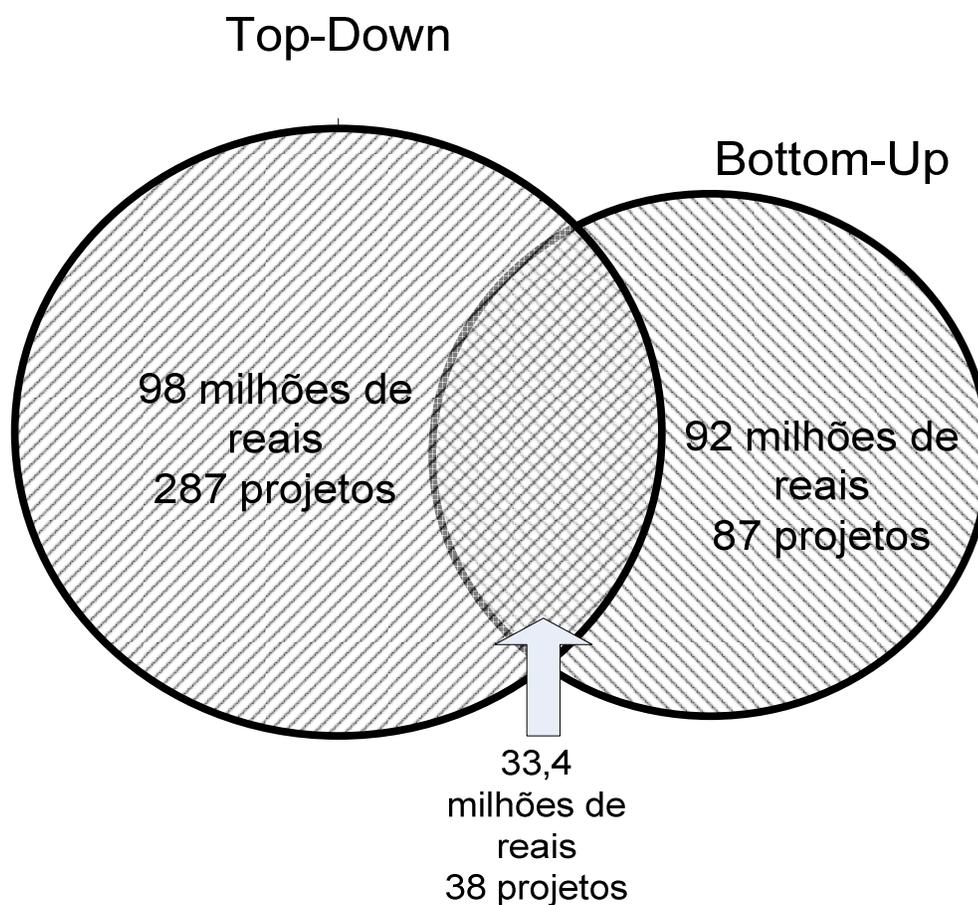


Figura 4.7: Diagrama Esquemático com as principais informações dos conjuntos *Top-Down* e *Bottom-up* e conjunto interseção entre as duas metodologias

Foram totalizados 336 projetos diferentes de 1999 a 2007 nas áreas de hidrogênio e de células a combustível no valor total de 156,6 milhões de reais. A Tabela 4.21 representa os

investimentos totais obtidos pela junção das duas metodologias classificados nas seguintes áreas: Hidrogênio, Célula a Combustível (CaC) e Outras Atividades.

Tabela 4.21: Investimentos *Bottom-Up* e *Top-Down* por área de 1999 a 2007

Investimentos <i>Bottom-Up</i> e <i>Top-Down</i>		
Área	Milhões de reais	Percentual
Hidrogênio	R\$ 61,00	39%
CAC	R\$ 75,20	48%
Outras Atividades	R\$ 20,40	13%
TOTAL	R\$ 156,60	100%

4.3.1 Bottom-up e Top-Down: Verificação dos investimentos

Desses 336 projetos contabilizados, apenas 38 projetos (11%) foram confirmados pelas duas metodologias. Sendo assim, a partir dessa amostra tentou-se verificar se os valores aprovados foram efetivamente liberados. Percebeu-se que a maior parte dos valores aprovados foram efetivamente liberados pelas fontes de fomento, entretanto, normalmente os recursos são liberados cerca de 1 ou 2 anos após a data prevista, com poucas exceções.

4.4 Contingenciamento de Recursos do CT-Energ

As reservas de contingência do CT-Energ só passaram existir a partir de 2003. Nos anos de 2001 e 2002 havia os limites de empenho, que eram praticamente iguais às reservas. De 2001 a 2007, a arrecadação destinada ao CT-Energ foi de aproximadamente 1 bilhão de reais, entretanto, apenas 59% destes recursos, que correspondem a 590 milhões de reais, foram alocados em projetos de energia. Os 41% restantes, correspondendo a 410 milhões de reais, foram para reserva de contingência mostra a Tabela 4.22 (MCT, 2009).

Após examinar as planilhas do MCT sobre as reservas de contingência e considerando que o mesmo percentual dos recursos do fundo seriam aplicados na área, pode-se estimar que 9 milhões de reais do CT-Energ deixaram de ser aplicados na Economia do Hidrogênio no Brasil. Esses recursos não seriam suficientes para equiparar os investimentos brasileiros com os realizados por russos ou chineses. Contudo, se 31% das reservas de contingência do CT-ENERG,

no período de 2001 a 2007, tivessem sido utilizados, os investimentos brasileiros já seriam equiparáveis ao que foi aplicado nessa área por chineses ou russos.

Tabela 4.22: Arrecadação e Reservas de Contingência do CT-Energ

Ano	Arrecadação	Reservas de Contingência
1999	-	-
2000	-	-
2001	R\$ 60.843.929,00	R\$ 50.380.000,00
2002	R\$ 123.620.071,00	R\$ 27.536.655,00
2003	R\$ 142.142.017,00	R\$ 97.099.000,00
2004	R\$ 158.483.118,00	R\$ 69.931.997,00
2005	R\$ 146.086.237,00	R\$ 25.573.240,00
2006	R\$ 164.805.622,00	R\$ 1.293.314,00
2007	R\$ 200.254.874,00	R\$ 134.225.539,00
TOTAL	R\$ 996.235.868,00	R\$ 406.039.745,00

Capítulo 5

Investimentos Brasil X Maiores investidores X BRIC

5.1 Investimentos em Hidrogênio e Células a Combustível realizados no Mundo

A *International Energy Agency* (IEA) estima que o investimento público em P&D de tecnologias relacionadas ao hidrogênio é da ordem de 1 bilhão de dólares por ano. O valor impressiona, mas é bastante modesto quando comparado aos investimentos realizados em outras formas de energia ou, por exemplo, aos gastos das guerras do Iraque e do Afeganistão, dos seus inícios até setembro de 2007, foram da ordem de 604 bilhões de dólares (USA TODAY, 2007). Nos países membros da *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), estima-se que os investimentos em hidrogênio correspondem a 15% do total dos orçamentos em P&D de energia por ano (IEA, 2004a).

Em 2001, o total investido em P&D de energia pelos países da OECD foi 8,9 bilhões de dólares, sendo que: 3,8 bilhões de dólares (42,7%) em energia nuclear, 700 milhões de dólares (7,9%) em combustíveis fósseis e 760 milhões de dólares (8,5%) em energias renováveis (IEA, 2004b).

Os maiores programas em hidrogênio no mundo são os dos Estados Unidos, do Japão e da União Européia, como pode ser observado na Tabela 5.1 e na Figura 5.1. Esses países são responsáveis por cerca de 2/3 dos investimentos públicos em P&D de tecnologias relacionadas ao hidrogênio (UNEP, 2006).

**Tabela 5.1: Investimentos Mundiais Públicos em P&D para Economia do Hidrogênio, 2003
(valores em milhões de dólares).**

País	Hidrogênio	Combust. Fósseis	Energias Renováveis	Nuclear	% de H ₂
Reino Unido	3,00	5,00	20,00	nd	0,3%
Brasil	6,22	nd	nd	nd	0,6%
China	24,07	nd	nd	nd	2,4%
Rússia**	37,00	nd	nd	nd	3,7%
Índia***	18,97	nd	nd	nd	1,9%
Canadá*	24,00	47,00	30,00	47,00	2,4%
Alemanha*	34,00	14,00	74,00	154,00	3,4%
Itália	34,00	15,00	61,00	107,00	3,4%
França*	45,00	33,00	27,00	359,00	4,5%
UE	137,45	nd	nd	nd	13,7%
Estados Unidos	294,00	416,00	243,00	371,00	29,4%
Japão	270,00	nd	nd	nd	27,0%
Outros	72,29	nd	nd	nd	7,3%
Total	1.000,00	nd	nd	nd	100,0%

*Ano base 2002 **Ano base de 2004 ***Ano base 2005

Fonte: Adaptada de IEA, 2004b.

Investimentos Mundiais Públicos para Economia do Hidrogênio em 2003

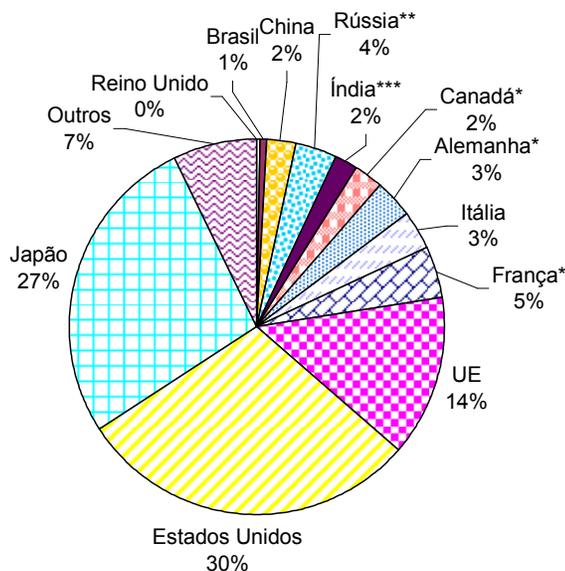


Figura 5.1: Investimentos Mundiais Públicos para Economia do Hidrogênio, 2003

Sendo assim, neste capítulo serão apresentados os investimentos realizados pelos maiores investidores na área de hidrogênio e células a combustível no mundo: Estados Unidos, Japão e União Européia. Apesar de existirem projetos significativos em outros países como Canadá, Alemanha e Islândia, eles não serão apresentados neste trabalho. Serão apresentados também os investimentos da Rússia, da China e da Índia, uma vez que fazem parte do BRIC e possuem de certo modo nível de desenvolvimento semelhante ao do Brasil.

5.2 Estados Unidos

O Programa de Hidrogênio norte-americano tem como missão central pesquisar, desenvolver e validar a produção, o transporte, o armazenamento do hidrogênio e da tecnologia das células a combustível. Produzir hidrogênio para fins energéticos através de diversos recursos domésticos com o objetivo de assegurar ao país uma energia abundante, confiável e limpa por todo o século XXI (HYDROGEN POSTURE PLAN, 2006).

Existem algumas agências federais nos Estados Unidos que trabalham em parceria no desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível como o *U.S Department of Agriculture (USDA)*, *U.S Department of Commerce*, *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, *U.S Department of Defense*, *U.S Department of Transportation*, *Environmental Protection Agency (EPA)*, *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, *National Science Foundation*, *U.S Department of Energy (DOE)* e *United States Postal Service (IEA, 2007)*.

Os valores do orçamento americano destinados ao hidrogênio e às células a combustível foram divididos pelos departamentos do governo citados, sendo que 73% do valor total foram destinados ao DOE. Na Tabela 5.2, pode ser observado o orçamento total por ano do Governo Americano em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível.

Tabela 5.2: Orçamento Federal Americano para o desenvolvimento da Economia do Hidrogênio de 2001 a 2008 (valores em milhões de dólares)

Ano Fiscal	Total em milhões de dólares
2001	209,7
2002	240,7
2003	294,0
2004	298,5
2005	222,0
2006	232,5
2007	289,0
2008	309,0
TOTAL	2.095,4

A partir de 2008 cada setor do DOE já teria linhas de pesquisa específicas em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e a células a combustível. O setor de energia fóssil continuará os estudos de dimensionamento de reatores e separação de CO₂/ H₂ nas tecnologias de uso do carvão baseado em sistemas de hidrogênio. Os estudos do setor de energia nuclear são experimentos com eletrolisadores de alta temperatura e reações termoquímicas de enxofre/iodo com objetivo de recolher dados de operação e taxas de reação. O setor de Ciência irá expandir pesquisas básicas em nanomateriais para armazenamento, catalisadores para células a combustível, bioprodução e produção solar de hidrogênio (U.S. DOE, 2008).

O Departamento de Transporte irá desenvolver normas nacionais de segurança para possibilitar a introdução de veículos abastecidos a hidrogênio no mercado. Os estudos do setor *Energy Efficiency & Renewable Energy* (EERE) estão detalhados na Tabela 5.3, sendo provavelmente esse o setor do DOE que mais recebe recursos para investir em tecnologias do hidrogênio (U.S DOE, 2008).

Tabela 5.3: Detalhamento do orçamento do setor de *Energy Efficiency and Renewable Energy* (EERE) em pesquisas relacionadas a economia do Hidrogênio por ano fiscal (valores em milhões de dólares)

Atividades	2005	2006	2007	2008	Total	Percentual
P&D em Componentes para Módulos de células a combustível	31,7	31,6	38,1	44,0	145,4	19,9%
Validação da tecnologia	26,1	33,6	39,6	30,0	129,3	17,7%
P&D Armazenamento do Hidrogênio	22,4	26,6	34,6	43,9	127,5	17,4%
P&D Produção e Distribuição do Hidrogênio	13,3	8,5	36,8	40,0	98,6	13,5%
Total de Atividades direcionadas pelo Congresso	40,2	42,5	0,0	0,0	82,7	11,3%
Segurança, Códigos e Padrões	5,8	4,7	13,8	16,0	40,3	5,5%
Análise de Sistemas	3,2	4,9	9,9	11,5	29,5	4,0%
Sistema de Células a combustível para transportes	7,3	1,1	7,5	8,0	23,9	3,3%
Sistema de Células a combustível para geração distribuída	6,8	1,0	7,4	7,7	22,9	3,1%
P&D Processadores de Combustível	9,5	0,6	4,1	3,0	17,2	2,4%
Educação	0,0	0,5	2,0	3,9	6,4	0,9%
P&D em Manufatura	0,0	0,0	2,0	5,0	7,0	1,0%
Apoio Total em Tecnologia e Programas	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1%
Total Tecnologia do Hidrogênio	166,8	155,6	195,8	213	731,2	100%

Fonte: U.S. DOE, 2008.

Na Tabela 5.3 pode-se observar que a maior parte dos recursos financeiros foi destinada ao item “P&D em Componentes para Módulos de células a combustível”. Na segunda e terceira posições há praticamente um empate entre a “Validação da tecnologia” e “P&D de Armazenamento do Hidrogênio”, e em quarto lugar, aparece a “Produção e distribuição do hidrogênio”.

Nos itens seguintes serão detalhados as iniciativas e os programas mais relevantes nos Estados Unidos na área de hidrogênio, o *Hydrogen Fuel Initiative* e *FreedomCar*.

5.2.1 Iniciativa do Presidente Bush para Economia do Hidrogênio

Em Janeiro de 2003, o presidente Bush anunciou que iria investir 1,2 bilhões de dólares em pesquisas relacionadas às tecnologias do hidrogênio, de 2004 a 2008, com destaque para aplicação veicular. Ele afirmou que “nossos cientistas superarão obstáculos para levar estes veículos dos laboratórios para as ruas para que o primeiro veículo dirigido por uma criança

nascida hoje possa ser movido a hidrogênio e livre de poluição”. A liberação desse orçamento ficou como conhecido como *Hydrogen Fuel Initiative* (HFI). Na Tabela 5.4 é apresentada a alocação anual de recursos no programa (HYDROGEN POSTURE PLAN, 2006).

Tabela 5.4: Recursos alocados no *Hydrogen Fuel Initiative* (valores em milhões de dólares)

Ano Fiscal	Total em milhões de dólares
2004	157,00
2005	222,00
2006	232,00
2007	289,00
2008	309,00
TOTAL	1.209,00

Fonte: U.S. DOE, 2008.

5.2.2 FreedomCar e Fuel Partnership

O *FreedomCAR* e *Fuel Partnership* é uma parceria do governo e da indústria, incluindo o U.S. DOE, o *U.S. Council for Automotive Research* (os membros incluem as empresas *Ford Motor*, *General Motors Corporation*, e *DaimlerChrysler Corporation*), e cinco grandes empresas energéticas (*BP America*, *Chevron Corporation*, *ConocoPhillips*, *ExxonMobil Corporation*, e *Shell*) (HYDROGEN POSTURE PLAN, 2006).

O principal objetivo da parceria é identificar e desenvolver tecnologias necessárias para permitir um volume elevado de produção de veículos, com preço acessível, equipados com células a combustível e abastecidos a hidrogênio, bem como uma infra-estrutura nacional adequada para a frota. Além disso, a parceria também precisa ativar a penetração de híbridos elétricos e veículos de combustão avançados, que também ofereçam a possibilidade de reduzir significativamente a dependência de petróleo importado (HYDROGEN POSTURE PLAN, 2006).

O Programa *EERE Freedom Car* e *Vehicles Technologies* (FCVT) é importante para HFI uma vez que promove pesquisas e desenvolvimentos necessários para tornar os veículos com

célula a combustível técnica e economicamente viáveis. Na Tabela 5.5 são mostrados os valores investidos no programa FCVT.

Tabela 5.5: Orçamento do FCVT por ano fiscal (valores em milhões de dólares)

Ano Fiscal	Total em milhões de dólares
2004	86,60
2005	85,60
2006	99,00
2007	125,40
2008*	126,60
TOTAL	523,20

*valor solicitado

Fonte: U.S. DOE, 2008.

A estratégia do governo americano é concentrar o financiamento em pesquisas de alto risco sobre tecnologias em fases iniciais de desenvolvimento, além de realizar parcerias com o setor privado.

5.3 Japão

O Japão foi primeiro país a ter um grande programa de P&D em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível, 18 bilhões de ienes (153,34 milhões de dólares americanos) de 1992 a 2002 (FUELCELLS2000, 2008).

Foi considerado apenas para efeito de cálculo que o valor total de 18 bilhões de ienes (aproximadamente 153,34 milhões de dólares) foi investido igualmente ao longo do período de 1992 a 2002, ou seja 1,8 bilhões de ienes (em torno 15,33 milhões de dólares) por ano. Entretanto, esses valores não são coincidentes com os dados reais apresentados na tabela 5.7.

Em 2003, foi lançado o projeto *New Hydrogen* que tinha foco na comercialização. Em 2005, o orçamento foi de 3,5 bilhões de ienes (33,7 milhões de dólares americanos de acordo com

o câmbio do dia 01 de fevereiro de 2005) em atividades de pesquisas em hidrogênio (FUELCELLS2000, 2008).

Para a aplicação veicular de células a combustível, *New Energy and Industrial Technology Development Organization* (NEDO) está desenvolvendo pesquisas visando entender o mecanismo de reação e degradação dos mecanismos. Além de desenvolver tecnologias para melhorar a eficiência e a durabilidade dos sistemas de células a combustível (IEA, 2007).

No campo de aplicação estacionária, o NEDO está aprimorando os mecanismos básicos do processo de armazenamento do hidrogênio, incluindo a fragilização e a absorção de hidrogênio, e o desenvolvimento da tecnologia de utilização do hidrogênio. A criação de normas e a avaliação de segurança da tecnologia têm dois focos principais: introduzir uma futura frota de veículos equipados com células a combustível e promover a infra-estrutura para a utilização do hidrogênio como vetor energético (IEA, 2007).

O NEDO e *Ministry of Economy, Trade and Industry* (METI) são as instituições que possuem a maior parte dos projetos relevantes na área de tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível. Em virtude disso, serão descritos o orçamento do NEDO para o ano fiscal de 2007 e do METI para o período de 2000 a 2006.

No ano fiscal de 2007, o NEDO possui um orçamento total de 23,78 bilhões de ienes (197,12 milhões de dólares americanos câmbio do dia 01 de fevereiro de 2007) que foi dividido nas seguintes áreas como pode ser observado na Tabela 5.6 (IEA, 2007):

Tabela 5.6: Investimentos do NEDO em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível no ano de 2007

Atividades	Milhões de ienes	Milhões de dólares	Percentual
P&D Célula PEMFC	5.130,00	42,52	21,6%
Projetos Demonstrativos de sistemas residências de célula PEMFC	3.420,00	28,35	14,4%
Códigos e Normas	2.550,00	21,14	10,7%
Segurança e Infraestrutura do Hidrogênio	2.250,00	18,65	9,5%
Projeto Demonstrativo de H2 e CaC no Japão, fase II	1.800,00	14,92	7,6%
Gaseificação do carvão	1.800,00	14,92	7,6%
P&D em Bateria veicular de alta performance	1.700,00	14,09	7,1%
Projeto de pesquisa fundamental em Hidrogênio	1.660,00	13,76	7,0%
P&D Célula SOFC	1.530,00	12,68	6,4%
Demonstração em célula SOFC	760,00	6,30	3,2%
P&D em Armazenamento do Hidrogênio	750,00	6,22	3,2%
Normas para aplicação avançada de CaC	340,00	2,82	1,4%
P&D Membranas altamente duráveis para reformadores GLP	90,00	0,75	0,4%
Total		197,12	100%

*Câmbio de acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) para o dia 01 de fevereiro de 2007, 1dólar = 120,64 ienes

Fonte: IEA, 2007.

O orçamento do METI do Japão para o período de 2000 a 2006 está representado na Tabela 5.7 (FUELCELLS2000, 2008).

Tabela 5.7: Orçamento do METI para o desenvolvimento da Economia do Hidrogênio de 2000 a 2006 (valores em milhões de dólares)

Ano Fiscal	Total Milhões de ienes	*Câmbio 1 dólar= X ienes	Total milhões de dólares
2000	8.600,00	107,96	79,66
2001	13.700,00	115,75	118,36
2002	22.000,00	133,33	165,00
2003	30.700,00	120,05	255,73
2004	32.900,00	105,93	310,58
2005	35.400,00	103,82	340,97
2006	34.000,00	117,98	288,18
TOTAL	177.300,00		1.558,49

*Câmbio de acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) para o dia 01 de fevereiro de cada ano fiscal

OBS: O valor 1.558,49 milhões de dólares americanos foi calculado através da soma dos valores convertidos de 2000 a 2006.

Fonte: FUELCELLS2000, 2008.

Sendo assim, o valor total dos orçamentos do METI e do NEDO no período de 2000 a 2007 foi da ordem 1,76 bilhões de dólares americanos, entretanto, considerando que o setor privado investiu valor semelhante, tem-se que o Japão já investiu para o mesmo período um valor aproximado de 4 bilhões de dólares americanos (KIMMEL, 2008).

5.4 União Européia (UE)

O financiamento total da União Européia, não incluindo os orçamentos nacionais, espera-se que seja de 2,8 bilhões de euros (3,3 bilhões de dólares) de 2001 até 2011, sendo que metade será oriundo do setor privado. Na Tabela 5.8, foi considerado apenas para efeito de cálculo que o valor total de 2,8 bilhões de euros foi investido igualmente ao longo do período de 2001 a 2011, ou seja, 254,55 milhões de euros por ano. Sendo que o investimento público considerado equivale à metade dos valores apurados. (IEA, 2007).

Tabela 5.8: Investimento da União Européia em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 2001 a 2007

Ano Fiscal	Total em milhões de euros	*Câmbio 1 euro=	Total em milhões de dólares
2001	254,55	0,94	239,27
2002	254,55	0,86	218,91
2003	254,55	1,08	274,91
2004	254,55	1,25	318,18
2005	254,55	1,31	333,45
2006	254,55	1,21	308,00
2007	254,55	1,30	330,91
Total	1.781,85		2.023,63

*Câmbio de acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) para o dia 01 de fevereiro de cada ano fiscal

Muitos países da UE são os mais ativos mundialmente no desenvolvimento de tecnologias e conceitos que preparam a transição para a economia do hidrogênio. A UE está procurando promover uma maior cooperação entre os membros através do compartilhamento dos recursos e da harmonização de esforços. Os objetivos são a redução dos impactos ambientais negativos provenientes da utilização de energia e a melhoria da segurança no abastecimento energético.

A visão de longo prazo da UE é ter um sistema de fornecimento de energia baseado em fontes renováveis energia, além de utilizar o hidrogênio para abastecimento de células a combustível dentro de 20 a 30 anos.

A principal iniciativa da UE em P&D é o *European Research Area* (ERA), cujo financiamento em 2001, em projetos de pesquisa relacionados às tecnologias do hidrogênio e células a combustível foi de 2,5 milhões de euros (aproximadamente 2,4 milhões de dólares americanos de acordo com o câmbio do dia 01 de fevereiro de 2001), enquanto em 2002 foi de 30 milhões de euros (aproximadamente 25,8 milhões de dólares americanos de acordo com o câmbio do dia 01 de fevereiro de 2002).

Os projetos mais significativos da UE são:

- *European Integrated Hydrogen Project* (EIHP1 e EIHP2): estudo das normas e dos aspectos regulatórios relativos ao vetor energético hidrogênio e células a combustível em harmonia com as normas da UE;
- Os projetos *CUTE* e *ECTOS*. A produção, testes e operação de 30 ônibus do tipo Citaro da empresa *Daimler Chrysler* equipados com células a combustível e hidrogênio armazenado sob pressão, em 10 cidades europeias, desde 2003. A UE já contribuiu com 21 milhões de euros para este projeto;
- HYPNET: a criação de uma rede europeia de informação sobre hidrogênio;
- ELEDRIIVE: rede temática sobre veículos elétricos, incluindo veículos híbridos e células a combustível;
- HYWAYS: projeto integrado por instituições de pesquisa, pela indústria e pela *European Commission* (EC), visando descrever sistematicamente os passos necessários para

produção do hidrogênio em larga escala, bem como sua inserção no setor de transportes e no mercado.

Existem duas associações européias:

- *European Fuel Cell Group* (EFCG);
- *European Hydrogen Association* (EHA): federação de associações nacionais existentes.

5.5 Rússia

Em 2003, foi feito um acordo entre a *Russian Academy of Science* (RAS) e a empresa *Norilsk Nickel* para desenvolvimento do programa de hidrogênio e células de combustível. O financiamento total do acordo foi de 120 milhões de dólares americanos de 2004 a 2007, sendo 30 milhões de dólares por ano (FUELCELLS2000, 2008).

Em 2004, primeiro ano deste projeto, *Norilsk Nickel* fez grandes mudanças organizacionais no programa, criou a empresa chamada *New Energy Projects* (NEP), que é agora responsável pela gestão deste projeto. Esta decisão foi adotada a fim de evitar a grande burocracia da RAS e as dificuldades administrativas em pesquisa nas instituições acadêmicas (FUELCELLS2000, 2008).

Há também uma nova iniciativa educacional em torno de 7 milhões de dólares americanos que irá ser realizada pelo *Educational Methodical and Research Centre Sokolinaya Gora* que foi fundado em 2004 pela Universidade de *Radio Engineering, Electronics and Automation* (MIREA) e Faculdade de Química da Universidade Estadual de Moscou (MGU). Para este projeto está prevista a assistência da Associação Nacional de Hidrogênio, do Ministério da Economia Russo da Educação e Ciência para conduzir a investigação científica e proporcionar conhecimentos técnicos sobre as questões do hidrogênio trabalhando com institutos em toda a Rússia (FUELCELLS2000, 2008).

5.6 Índia

O governo indiano orçou 2,5 bilhões de rúpias (aproximadamente 57,70 milhões de dólares americanos) para financiar projetos em hidrogênio e células a combustível nas universidades e laboratórios do governo ao longo de 2005 a 2007 (UNEP, 2006).

Na Tabela 5.9, considerou-se para efeito de cálculo que o valor total de 2,5 bilhões de rúpias foi investido igualmente ao longo do período de 2005 a 2007, ou seja, 833,33 milhões de rúpias por ano.

Tabela 5.9: Investimentos da Índia em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 2005 a 2007

Ano Fiscal	Total em milhões de rúpias	*Câmbio 1 dólar=	Total em milhões de dólares
2005	833,33	43,93	18,97
2006	833,33	44,22	19,85
2007	833,34	44,12	18,89
Total	2.500,00		57,71

*Câmbio de acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) para o dia 01 de fevereiro de cada ano fiscal

A indústria automobilística pretende investir mais 5 bilhões de rúpias (aproximadamente 117,65 milhões dólares americanos) de 2006 a 2010 como mostra a Tabela 5.10 (UNEP, 2006).

Tabela 5.10: Investimentos da indústria automobilística indiana em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível de 2006 a 2010

Ano Fiscal	Total em milhões de rúpias	*Câmbio 1 dólar=	Total em milhões de dólares
2006	1.000,00	44,22	22,61
2007	1.000,00	44,12	22,67
2008	1.000,00	39,38	25,39
2009	1.000,00	42,57**	23,49**
2010	1.000,00	42,57**	23,49**
Total	5.000,00		117,65

*Câmbio de acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) para o dia 01 de fevereiro de cada ano fiscal

**Câmbio médio

5.7 China

Os investimentos na China em P&D na área são motivados pela poluição atmosférica das grandes cidades, além da preocupação com a segurança energética. De acordo com o “*Tenth Five-year Plan (2001-2005)*” da China, o financiamento para programas relacionados às tecnologias do hidrogênio e células a combustível corresponderam a 997,75 milhões de yuans (aproximadamente 120,36 milhões de dólares americanos), ou seja, 40% do total do orçamento de pesquisa em energia. A Tabela 5.11 apresenta as áreas em que os recursos foram alocados (SHI, 2006a).

Tabela 5.11: Investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível do Governo Chinês de 2001 a 2005

Atividades	Milhões de yuans	Milhões de dólares	Percentual
Projeto de Inovação em hidrogênio e células a combustível	57,75	6,97	49%
Fundamentos de sistemas em larga escala da produção, armazenagem e transporte	30,00	3,62	25%
Pesquisa básica de produção de hidrogênio em escala utilizando a energia solar	20,00	2,41	17%
Projeto temático Pós-fóssil de hidrogênio e células a combustível:	10,00	1,21	8%
Projeto-chave em automóvel elétrico	880,00	106,15	1%
Total	997,75	120,36	100%

*Câmbio de acordo com o Banco Central do Brasil (BACEN) para o dia 01 de fevereiro de cada ano fiscal, sendo o valor do câmbio médio nos anos de 2001 a 2005 encontrado foi igual a 1 dólar=8,29 yuans

Em agosto de 2006, o governo chinês lançou a chamada de propostas de projeto para o Programa Temático 863. O orçamento para *Advanced Energy Technology* foi totalizado em 224 milhões de yuans (aproximadamente 28,11 milhões de dólares de acordo com câmbio do dia 01 de agosto de 2006, 1 dólar = 7,97 yuans). Esta área é composta por cinco componentes temáticos: hidrogênio e células a combustível; eficiência energética; energia distribuída; carvão limpo e energia renovável. O orçamento total para hidrogênio e células de combustível é 75 milhões de yuans (aproximadamente 9,4 milhões de dólares americanos de acordo com o câmbio de 01 de agosto de 2006), a Tabela 5.12 apresenta as áreas em que os recursos foram alocados em 2006 (SHI, 2006b).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5.12 pode se observar que no ano de 2006 os maiores investimentos foram em Armazenamento e Transporte de Hidrogênio, juntamente com os investimentos em Células a combustível, correspondendo a 16% cada um. E que os investimentos em Produção de hidrogênio e Células SOFC foram equivalentes, cada um correspondendo a 13% do valor total.

Tabela 5.12: Investimentos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio e às células a combustível do Governo Chinês em 2006

Atividades	Milhões de yuans	Milhões de dólares	Percentual
Armazenamento e Transporte de Hidrogênio	12,00	1,51	16%
Célula a combustível	12,00	1,51	16%
Produção de hidrogênio	10,00	1,25	13%
Célula SOFC, incluindo células tubulares e planares	9,5	1,19	13%
Novas Tecnologias para armazenamento do hidrogênio, incluindo Hidretos metálicos e tanques de alta pressão	9,0	1,13	12%
Tecnologias chaves para estação de hidrogênio	8,0	1,00	11%
Produção distribuída de hidrogênio em pequena escala	5,0	0,63	7%
Célula PEMFC para aplicação estacionária	5,0	0,63	7%
Segurança do Hidrogênio	4,0	0,50	5%

Fonte: Shi, 2006b.

5.8 Comparação dos investimentos em hidrogênio e células a combustível no mundo

Os dados mais importantes apresentados nos itens anteriores foram consolidados na Tabela 5.13e na Tabela 5.14:

Tabela 5.13: Investimentos dos Governos Federais para Economia do Hidrogênio do BRIC: Brasil, Rússia, Índia e China (valores em milhões de dólares americanos)

Ano	Brasil <i>Top-Down</i>	Brasil <i>Top-Down e Bottom-Up</i>	Rússia	Índia	China
1999	0,59	3,38	nd	nd	nd
2000	10,51	13,45	nd	nd	nd
2001	1,15	4,09	nd	nd	24,07
2002	4,99	7,93	nd	nd	24,07
2003	5,52	8,45	nd	nd	24,07
2004	3,03	5,97	37,00	nd	24,07
2005	5,29	8,23	30,00	18,97	24,07
2006	3,73	6,66	30,00	19,85	9,40
2007	9,00	11,94	30,00	18,89	
TOTAL	43,81	70,10	127,00	57,71	129,75
%	***	18,23%	33,02%	15,01%	33,74%
TOTAL GERAL	***	384,56			

Tabela 5.14: Investimentos dos Governos Federais para Economia do Hidrogênio: BRIC, EUA, Japão e EU (valores em milhões de dólares americanos)

Ano	BRIC	EUA	Japão	EU*
1999	3,38	nd	nd	Nd
2000	13,45	nd	79,66	Nd
2001	28,16	209,70	118,36	119,64
2002	32,00	240,70	165,00	109,45
2003	32,52	294,00	255,73	137,45
2004	67,04	298,50	310,58	159,09
2005	81,27	221,70	340,97	166,73
2006	65,91	232,46	288,18	154,00
2007	60,83	267,56	197,12	165,46
TOTAL	384,56	1.764,62	1.755,60	1.011,82
%	7,82%	35,89%	35,71%	20,58%
% EUA, JP e EU	***	38,94%	38,74%	22,33%
Total: BRIC, EUA, JP e EU	4.916,60			
Total: EUA, JP e EU	4.532,04			

* Conforme informado previamente, os investimentos do setor público da EU correspondem a 50% dos valores constantes na Tabela 5.8.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5.13 e na Tabela 5.14, pode-se observar que existem algumas lacunas, devido às dificuldades de obtenção das informações. Em alguns casos o idioma constituiu uma barreira para obtenção de dados mais detalhados do Japão, China, Índia e Rússia, por exemplo. A intenção original era obter os dados completos de 1999 a 2007 a fim de comparar os investimentos em todos os anos com os realizados no Brasil.

Sendo assim, será escolhido período semelhante para se efetuar as comparações. Na Tabela 5.13 foi escolhido o intervalo de 2001 a 2007 por possuir dados para todos os países. Então foi construído a Figura 5.2 onde as diferenças entre os investimentos ficam mais evidentes.

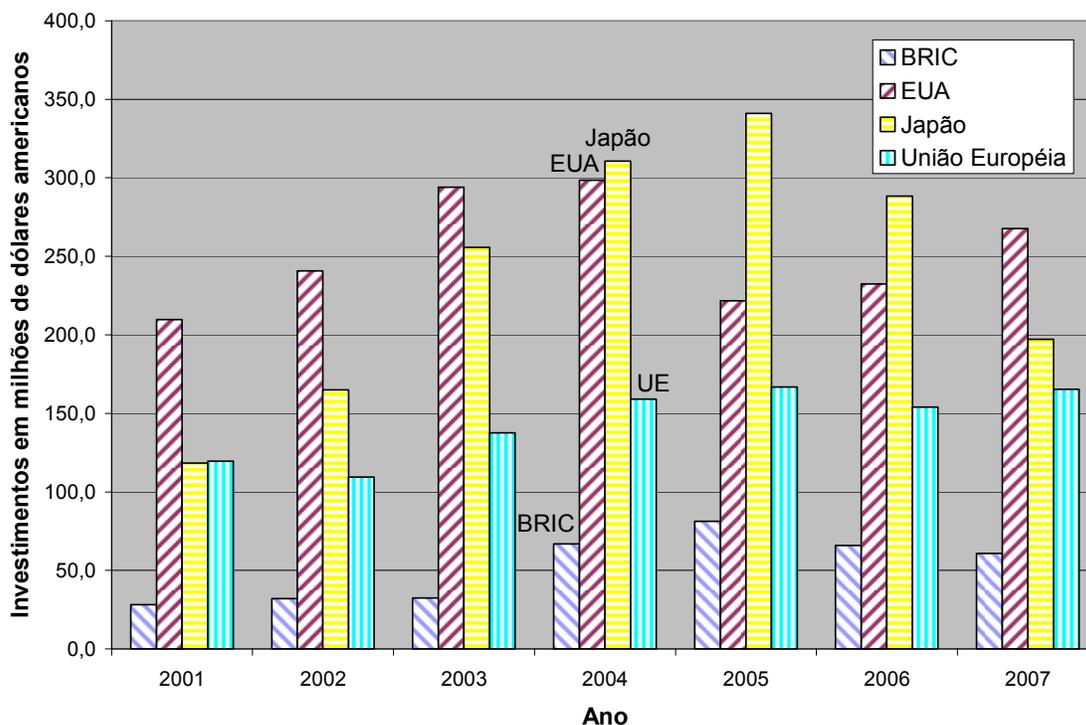


Figura 5.2: Investimentos federais para Economia do Hidrogênio do BRIC, dos Estados Unidos, do Japão e da União Européia.

De fato, a Tabela 5.14 evidencia que os investimentos do BRIC no período considerado foram bastante modestos, correspondendo a 7,82% do valor total dos investimentos realizados pelo BRIC, Estados Unidos, Japão e União Européia. O valor total investido pelo BRIC é da

mesma ordem de grandeza dos investimentos anuais realizados pelos Estados Unidos, Japão ou União Européia, individualmente.

De acordo com os dados da Tabela 5.13, a Índia foi o país do BRIC que menos investiu, correspondendo a 15,01% do valor total dos investimentos realizados pelo BRIC. Entretanto, essa informação pode ser contestada, uma vez que os dados da tabela não estão completos. Contudo, mesmo assim, pode-se verificar que o Brasil investiu menos que a Rússia e a China no período de 1999 a 2007. Além disso, no período de 2005 e 2006, o Brasil foi o país do BRIC que menos investiu na área, vide Figura 5.3.

Se 31% (aproximadamente 56,90 milhões de dólares) das reservas de contingência do CT-ENERG, do período de 2001 a 2007, fossem utilizados para economia do hidrogênio já seria suficiente para equiparar os investimentos brasileiros com os chineses ou russos. O Brasil teria feito, então, um investimento de 127,81 milhões de dólares.

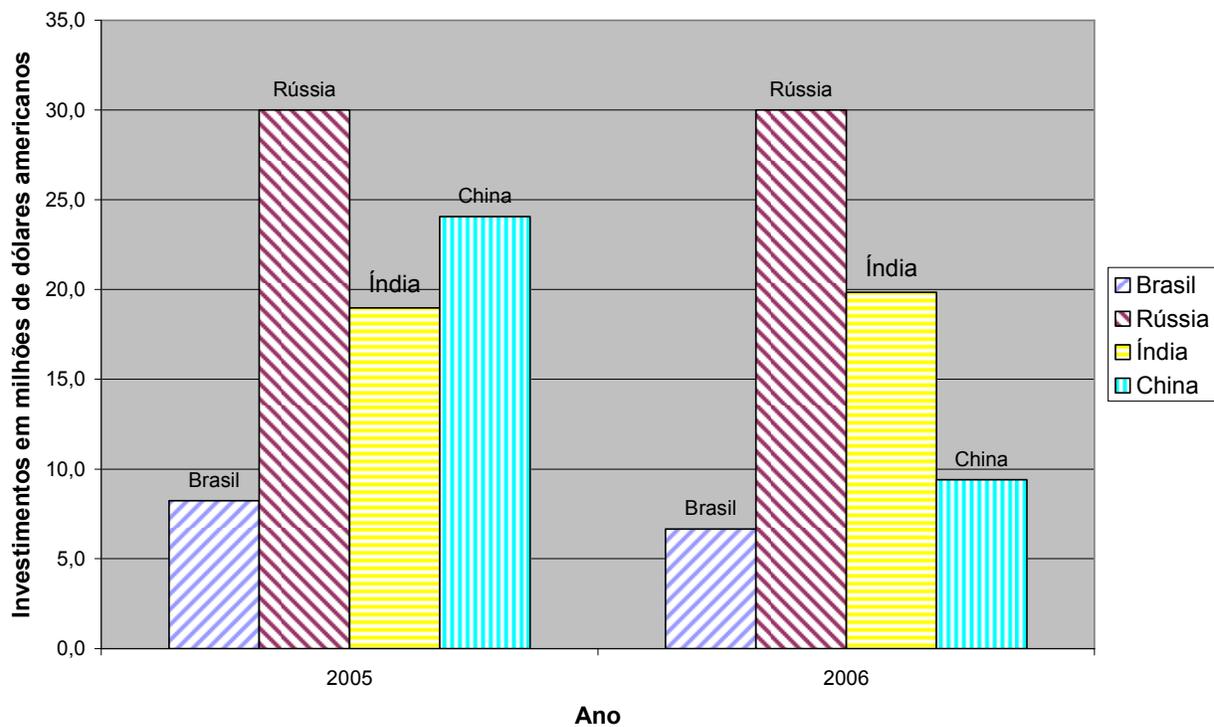


Figura 5.3: Investimentos Financeiros em hidrogênio e em células a combustível para os países do BRIC

Capítulo 6

Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Nesta dissertação propôs-se realizar uma estimativa dos investimentos financeiros em células a combustível e hidrogênio no Brasil, trabalho que foi desenvolvido de acordo com os objetivos apontados na seção 1.2.

A falta de critérios claros para classificar os investimentos na área deste estudo, por parte das instituições de fomento, pode ser apontada como uma das maiores dificuldades para o desenvolvimento deste trabalho, bem como a falta de interesse de uma parte significativa dos grupos de pesquisa que não deram nenhum tipo de resposta aos e-mails enviados.

Apesar dos esforços empreendidos, as agências de fomento, notadamente FINEP, FAPESP, CNPq, não forneceram informações adequadas sobre os projetos financiados por elas, tais como: relação dos projetos, identificação dos executores, valores financiados, palavras-chave, dentre outros. A exceção foi o programa de P&D Aneel que disponibiliza as informações publicamente no próprio site de forma organizada.

De acordo com a metodologia *Top-Down* a agência de fomento que mais investiu na área foi a FINEP com 40,63 milhões de reais, em segundo a FAPESP com 26,99 milhões de reais. A P&D ANEEL ficou em terceiro com 21,32 milhões de reais e o CNPq ficou em quarto lugar com 8,93 milhões de reais.

A diferença de aproximadamente 150 mil reais entre os valores das bolsas do ProH2, informados pelo CNPq, e os valores contidos nas propostas dos projetos das Redes, aprovados pela FINEP, evidencia a necessidade de melhorar os procedimentos para organização das informações e contabilização dos recursos alocados na área por parte das instituições de fomento de P&D.

De acordo com os resultados obtidos através das metodologias *Bottom-Up* e *Top-Down* estima-se que foram investidos no total quase 157 milhões de reais, no período de 1999 a 2007, sendo: 48% na área de células a combustível; 39% na área de hidrogênio; e 13% em outras atividades.

A maior parte dos investimentos realizados em células a combustível no Brasil foi destinada às células do tipo PEMFC, com 56%, seguida pela SOFC, com 37%. Com relação à área de Hidrogênio (Produção, Armazenamento e Distribuição), a reforma do etanol correspondeu a 95% do valor investido, sendo que a parcela mais significativa foi alocada no desenvolvimento de catalisadores para reforma.

De acordo com os dados disponíveis, no período de 1999 a 2007, o valor total investido pelo BRIC, que corresponde a 384,60 milhões de dólares, é da mesma ordem de grandeza dos investimentos públicos anuais realizados pelos Estados Unidos, Japão ou União Européia individualmente. Entretanto, também é notória a participação do setor privado nestes países, enquanto no Brasil essa participação é quase inexistente.

Mesmo não dispondo dos dados completos para os demais países do BRIC no período de interesse, verificou-se que o Brasil investiu cerca de 55% dos valores investidos individualmente por Rússia ou China. Estes resultados permitem concluir que para melhorar sua participação no mercado de equipamentos e serviços relacionados à Economia do Hidrogênio o Brasil necessitará aumentar seus esforços em pesquisa, desenvolvimento e inovação na área. Para tanto poderiam ser utilizadas novas fontes de recursos ou até mesmo fazer melhor uso das fontes já existentes. Por exemplo, a utilização de cerca de 31% (aproximadamente 56,90 milhões de dólares ou

127 milhões de reais) das reservas de contingência do CT-ENERG, entre 2001 a 2007, já seriam suficientes para equiparar os investimentos do Brasil com a Rússia ou a China no período.

A diferença entre a quantidade de projetos entre as duas metodologias aplicadas foi de 200. Embora não tenha sido possível comprovar, um motivo provável para esta grande diferença se deve a FAPESP possuir um grande número de projetos de pequeno porte, como por exemplo, bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado, que foram contabilizados como projetos.

Por fim esta dissertação atingiu os maiores objetivos da autora, do CENEH e do MCT que foram: realizar o levantamento dos projetos em células a combustível e hidrogênio no Brasil, identificar as áreas em que foram concentrados os recursos financeiros e posicionar os investimentos brasileiros diante do BRIC, bem como do BRIC diante dos líderes na área (Estados Unidos, Japão e União e Européia).

Trabalhos futuros nesta área deveriam contar com bancos de dados mais organizados pelas instituições de fomento, uma vez que são investimentos públicos e nenhuma informação sigilosa precisaria ser divulgada. Para tanto, o CNPq, a FINEP e a FAPESP deveriam organizar e tornar acessíveis ao público seus dados de modo semelhante ao que tem sido feito pela ANEEL em seu programa de P&D. Outra sugestão que poderia trazer benefícios para o país seria a realização de visitas às instituições de fomento e aos principais grupos de pesquisa, de modo a obter informações mais detalhadas sobre os projetos, o que permitiria avaliar os resultados alcançados, a evolução das tecnologias em desenvolvimento no país e os impactos destes investimentos.

Finaliza-se a dissertação descrevendo as contribuições para o ambiente acadêmico, para o governo e para as agências de fomento. No meio acadêmico, existem poucas dissertações e teses que tratam do tema e as que o fazem, em grande parte têm por objetivo analisar elementos tecnológicos, não quantificando de modo detalhado os recursos financeiros efetivamente alocados nas áreas e subáreas de interesse. Para o governo e para as agências de fomento, esta dissertação fornece dados que podem auxiliar na tomada de decisões em termos de uma melhor alocação de recursos em hidrogênio e células a combustível e na definição dos rumos de uma política nacional para a Economia do Hidrogênio.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, S. C. S. **Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil**. In: Anais do 4º Workshop Internacional sobre Hidrogenio e Células a Combustível - WiCaC. Campinas/SP. Disponível em:
<http://www.ifi.unicamp.br/ceneh/WICaC2008/PDF/Symone_Araujo.pdf>. Acesso em: nov 2008.
- CAMARGO, J. C. **O Etanol como Fonte de Hidrogênio para Células a Combustível na Geração Distribuída de Energia Elétrica**. Tese de doutorado. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas/SP. 2004.145p.
- CHUM, H. L., **Relatório Final Preliminar Situação do Brasil em 2001 e Sugestões**. Colaboração de Newton Pimenta Neves Jr da Unicamp e Enes Gonçalves Marra da CGEE da UFG. Fev. 2002. 71p.
- CNPq **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Disponível em:
<http://www.cnpq.br/cnpq/index.htm> Acesso em: nov 2008.
- CORDER, S. M. **Financiamento e Incentivos ao Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação: Quadro Atual e Perspectivas**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas/SP. 2004. 247p.

CRESPI, V.; GALSTYAN, A.; LERMAN, K. *Comparative Analysis of Top-Down and Bottom-Up Methodologies for Multi-Agent System Design*. Proceedings of the 4 th International Conference on Autonomous Agents. 2005. pp.1267-1268.

EG&G Technical Services, Inc. *Fuel Cell Handbook*. U.S Department of Energy Office of Fossil Energy. National Energy Technology Laboratory. 7ª Edição. pp.2004.1-20

FAPESP **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.fapesp.br/>. Acesso em: nov 2008.

FONSECA, F. C. Comunicação via email. **Pesquisador do IPEN**. Jan 2009

FUELCELLS 2000. *International Hydrogen and Fuel Cell Policy and Funding*. Disponível em: <http://www.fuelcells.org/InternationalH2-FCpolicyfunding.pdf>. Acesso em: dez 2008.

GOLDENBERG, J. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo. USP. 1998. 42p.

GOLDMAN SACHS. **BRICS and BEYOND**. 2007. Disponível em: <http://www2.goldmansachs.com/ideas/brics/book/BRIC-Full.pdf>. Acesso em: jan 2009.

HERCULANO, S. C. **Do Desenvolvimento (in) Suportável à Sociedade Feliz**. Goldenberg, Mirian (coordenador). Ecologia, ciência e política. Rio de Janeiro: Revan, 1992. pp.9-48

HYDROGEN POSTURE PLAN. *An integrated Research, Development and Demonstration Plan*, 2006.82p. Disponível em: http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/hydrogen_posture_plan_dec06.pdf Acesso em: set 2008.

IEA *International Energy Agency*. **Energy Policies of IEA Countries, IEA/OECD**. Paris. 2004b. 544p. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/compendium.pdf> Acesso em: dez 2008.

IEA *International Energy Agency. Hydrogen and Fuel Cells: Reviews of National R&D Programmes*, IEA/OECD. 2004a, Paris.

IEA *International Energy Agency. Hydrogen Implementing Agreement 2007 Annual Report. Agreement on the production and utilization of hydrogen*. 195p. Disponível em: http://www.ieahia.org/pdfs/2007_annual_report.pdf Acesso em: nov 2008.

IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change. Evaluating the Costs of Mitigation of Greenhouse Gas Emissions by Sources and Removals by Sinks. Second scientific assessment report. Working group III. Cambridge University Press*. Cambridge. 1996.

IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007 Synthesis Report*. Disponível em: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf. Acesso em: 28 dez 2008.

IPHE *International Partnership for Hydrogen Economy*. Disponível em: <http://www.iphe.net>. Acesso em: set 2007.

LINARDI, M. Comunicação via email. **Pesquisador do IPEN**. Jan 2009.

KIMMEL, T. B. *National Perspectives: Hydrogen Systems for Canada*. In: Anais do 4º Workshop Internacional sobre Hidrogênio e Células a Combustível - WiCaC. Campinas/SP. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/ceneh/WICaC2008/PDF/Symone_Araujo.pdf>. Acesso em: nov 2008.

MCT **Ministério de Ciência e Tecnologia. Programa Brasileiro de Sistemas Célula a Combustível – PROCaC**. 34p. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/ceneh/pub/PROCaC.pdf>. Acesso em: nov 2007.

MCT **Ministério de Ciência e Tecnologia**. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0023/23095.pdf. Acesso em: jan 2009.

MME **Ministério de Minas e Energia. Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil.** pp8. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=2590>.

Acesso em: maio 2007.

NASCIMENTO, M. M. S. F., Comunicação via email. **Analista de C&T do CNPq.** Nov 2007.

P&D Aneel **Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Dados Projetos.** Disponível em:

<<https://ped.aneel.gov.br/consultaPublica/consultarProjetos.asp>>. Acesso em: out 2008.

OLIVEIRA, A. **Energia e Sociedade.** Ciência Hoje. Nº 29. 1987.

ROHRICH, S. S., **Descarbonização do Paradigma Energético: Trajetórias Tecnológicas e Perspectivas para Economia do Hidrogênio no Brasil.** Tese de doutorado. Política Científica e Tecnológica. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas/SP. 2007.

SANTOS, A. M. R., **Tendências Tecnológicas das Células a Combustível para o Uso do Hidrogênio Derivado do Petróleo e do Gás Natural.** Tese de doutorado submetida a defesa. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas/SP. 2007.

SEQUEIRA, L. Comunicação via email. **Secretário Técnico de Energia da FINEP.** Nov 2007.

SHI, D. **Chinese Hydrogen Update.** In: Proceedings of the 5th IPHE steering Committee Meeting em Vancouver/Canada. 2006a. Disponível em:
http://www.iphe.net/docs/Meetings/Canada_3-06/China_Statement.pdf. Acesso em: out 2008.

SHI, D. **Chinese Hydrogen Update**. In: Proceedings of the 6th IPHE steering Committee Meeting em Reykjavik/ Iceland. 2006b. Disponível em: http://www.iphe.net/docs/Meetings/Iceland_9-06/China_Statement.pdf. Acesso em: out 2008.

SILVA, E. et al. **Energia a partir do Uso do Hidrogênio**. Fontes Renováveis de Energia no Brasil. In: Tolmasquim. M.T., Editora Interciência. COPPE/UFRJ Rio de Janeiro. 2003a.

SILVA, E. P.; CAMARGO, J.; SORDI, A. M.R. **Recursos Energeticos, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Revista Eletrônica Multiciência. 6p. 2003b. Disponível em: www.multiciencia.unicamp.br Acesso em: out 2008

U.S. DOE Department of Energy. **Energy Efficiency and Renewable Energy. Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructure Program**. Disponível em: <http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/budget.html> Acesso em: out 2008.

UNEP **United Nations Environment Programme. The Hydrogen Economy: A non-technical review**. 2006. Disponível em: http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=3771. Acesso em: out 2008.

USA TODAY **War Costs May Total \$2.4 Trillion**. 2007. Disponível em: http://www.usatoday.com/news/military/2007-10-23-wacosts_N.htm. Acesso em abril 2009.

Anexo I

Carta enviada aos grupos de pesquisa



**Ministério da
Ciência e Tecnologia**

Campinas, 16 de maio de 2008.

Prezado Líder de Grupo,

O Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio – CENEH está realizando uma estimativa dos investimentos financeiros em projetos de células a combustível e hidrogênio no Brasil, desde 1999, pelos setores público e privado, atendendo a uma solicitação do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT.

A presente carta tem por objetivo solicitar o apoio das instituições de fomento e grupos de pesquisa e desenvolvimento para fornecimento dos dados necessários à elaboração desta estimativa.

Os dados compilados, bem como sua análise, integrarão um relatório a ser entregue ao MCT, o qual certamente contribuirá para a tomada de decisões relativas aos futuros investimentos a serem realizados nesta importante área de conhecimento. Estes dados também serão utilizados como fonte básica de informação para a dissertação de mestrado da aluna Maiana Brito de Matos, a ser apresentada no curso de Planejamento de Sistemas Energéticos da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas.

Assim sendo, gostaríamos de contar com a sua importante colaboração para fornecimento dos dados solicitados. Visando facilitar o seu trabalho, foram criadas planilhas auto-explicativas que, depois de preenchidas, deverão ser encaminhadas diretamente à Maiana, maianabm@ifi.unicamp.br, que também ficará responsável pelo esclarecimento das dúvidas relacionadas a esta pesquisa, sempre que necessário.

Certo de contar com sua atenção, agradecemos antecipadamente a sua importante colaboração.

Cordialmente,

Maiana Brito de Matos
Mestranda

Newton Pimenta Neves
Secretário Executivo

Anexo II

Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio

Grupos de pesquisa contatados

Foram consultadas inicialmente 154 pessoas, entretanto, após uma filtragem chegou-se uma lista com 83 pesquisadores que estão diversos em 68 grupos de pesquisa

Estado	Cidade	Instituição	Contato
SP	São Paulo	ELECTROCELL	Gerhard Ett
MG	Belo Horizonte	CEMIG	José Henrique Diniz
RJ	Rio de Janeiro	CENPES	Maria Helena Troise Frank
RJ	Rio de Janeiro	CEPEL	Eduardo Torres Serra- Líder
MG	Belo Horizonte	CLAMPER	Ailton Ricaldoni
SP	São Paulo	IPEN	Alcideo Abrão
RJ	Rio de Janeiro	COPPE	Helcio Rangel Barreto Orlande
RJ	Rio de Janeiro	COPPE	Martin Schmal - Líder
RJ	Rio de Janeiro	COPPE	Paulo Emílio Valadão de Miranda
SP	São Paulo	ELECTROCELL	Gilberto Janólio
SP	São Paulo	EMTU	Carlos Zundt
RJ	Rio de Janeiro	UFRJ	Mariana de Mattos Vieira Mello Souza- Líder
SP	Campinas	HYTRON	Paulo Fabricio Palhavam Ferreira
RJ	Rio de Janeiro	UFRJ	Ailton de Souza Gomes
RJ	Rio de Janeiro	INT	Fábio Bellot Noronha
RJ	Rio de Janeiro	INT	Maria Conceição Greca
SP	São Paulo	IPEN	Emília Satoshi Miyamaru Seo
SP	São Paulo	IPEN	José Octávio Armani Paschoal
SP	São Paulo	IPEN	Almir Oliveira Neto
SP	São Paulo	IPEN	Estevam Vítório Spinace
SP	São Paulo	IPEN	Fábio Coral
SP	São Paulo	IPEN	Fátima Maria S. Carvalho
SP	São Paulo	IPEN	Marcelo Linardi
SP	São Paulo	IPT	João Guilherme Rocha Poço
SE	Aracaju	ITP	Renan Tavares Figueiredo
PR	Curitiba	LACTEC	Mauricio Pereira Cantão

SP	Campinas	NIPE	Luiz Antonio Rossi
SP	Sta B. D'Oeste	NovoCell	Valdermar Stelita Ferreira
RJ	Rio de Janeiro	PUC-Rio	Fernando Lázaro Freire Junior
PR	Maringá	UEM	Nádia Regina C. Fernandes Machado
RJ	Rio de Janeiro	UENF	Herval Ramos Paes Junior
BA	Salvador	UFBA	Jaime Soares Boaventura Filho
BA	Salvador	UFBA	Luiz Rogério Pinho de Andrade Lima
BA	Salvador	UFBA	Maria do Carmo Rangel Santos Varela
BA	Salvador	UFBA	Soraia Texeira Brandão
ES	Espirito Santo	UFES	Alfredo Gonçalves Cunha
RJ	Rio de Janeiro	UFF	Fábio Barbosa Passos
MA	São Luis	UFMA	Auro Atsushi Tanaka
MA	São Luis	UFMA	Carlos William de Araujo Paschoal
AM	Manuas	UFAM	Raimundo Ribeiro Passos
MG	Belo Horizonte	UFMG	Rosana Zacarias Domingues
PA	Belém	UFPA	José Pio lúdice de Souza
PR	Curitiba	UFPR	Aldo Jose Gorgatti Zarbin
PR	Curitiba	UFPR	Lucimara Stolz Roman
PR	Curitiba	UFPR	Marcelo Risso Errera
RS	Porto Alegre	UFRGS	Marla A Lansarin
RS	Porto Alegre	UFRGS	Roberto Fernando de Souza Freitas
RJ	Rio de Janeiro	UFRJ	Ana Maria Rocco
RJ	Rio de Janeiro	UFRJ	Claudio José de Araujo Mota
RN	Natal	UFRN	Antonio Eduardo Martinelli
RN	Natal	UFRN	Carlson Pereira de Souza
RN	Natal	UFRN	Dulce Maria de Araújo Melo
SC	Florianópolis	UFSC	Dachamir Hotza
SC	Florianópolis	UFSC	Edson Bazzo
SC	Florianópolis	UFSC	Ivo Barbi
SC	Florianópolis	UFSC	Luiz F.D. Probst
SC	Florianópolis	UFSC	Orestes Estevam Alarcon
SP	São Carlos	UFSCAR	Dulcina Maria Pinatti Ferreira de Souza
SP	São Carlos	UFSCAR	José Maria Correa Bueno
SP	São Carlos	UFSCAR	Luis Otávio de Sousa Bulhões
MG	Uberlândia	UFU	Carla Eponina Hori
SP	Bauru	UNESP	Antonio Carlos Dias Angelo
SP	Araraquara	UNESP	Hebe de Las Mercedes Villullas
SP	Araraquara	UNESP	Joelma Perez
SP	Botucatu	UNESP	Margarida Júri Saeki
SP	Campinas	UNICAMP	Carlos Alberto Luengo
SP	Campinas	UNICAMP	Ennio Peres da Silva
SP	Campinas	UNICAMP	Newton Pimenta Neves Jr
SP	Campinas	UNICAMP	José Antenor Pomílio
SP	São Carlos	UNICEP	Dorival Marcos Milani
SP	Cajobi	UNITECH	Antonio Cesar Ferreira
SP	Ribeirão Preto	USP - Ribeirão Preto	José Mauricio Rosolen
SP	Ribeirão Preto	USP - Ribeirão Preto	Paulo Olivi
SP	São Carlos	USP - São Carlos	Edson Antonio Ticianelli

SP	São Carlos	USP - São Carlos	Elisabete M. Assaf
SP	São Carlos	USP - São Carlos	Ernesto Rafael Gonzalez
SP	São Carlos	USP - São Carlos	Eugenio Foresti
SP	São Carlos	USP - São Carlos	Germano Tremiliosi Filho
SP	São Carlos	USP - São Carlos	Luis Alberto Avaca
SP	São Paulo	USP - São Paulo	Jonas Gruber
SP	São Paulo	USP - São Paulo	Luiz Cortés
SP	São Paulo	USP - São Paulo	Flávio Maron Vichi