



© Mark Thiesen/National Geographic

IMPRESSO
ENVELOPAMENTO AUTORIZADO
PODE SER ABERTO PELA ECT

Rotas para a Vanguarda

Editorial

Projeção das Energias Primárias na Geração de Eletricidade nos horizontes 2020, 2035 e 2060

Olga Y. Mafra,

Leonam dos Santos Guimarães,

Carlos Feu Alvim e Frida Eidelma

A nova Fronteira: o Mar Profundo

Carlos Feu Alvim,

Leonam dos Santos Guimarães,

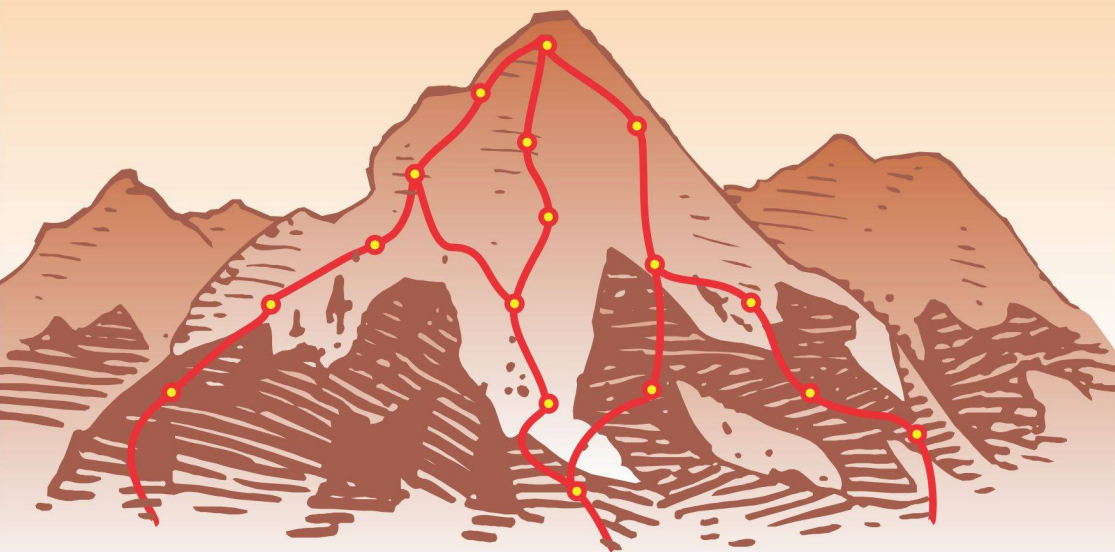
Luis Philippe Costa Fernandes

Conteúdo de carbono por energia contida em troncos e galhos de 11 espécies do cerrado

Ailton Teixeira do Vale

Frederico de Souza

Seminário Rotas para a Vanguarda



O processo inovador que contribuiu
para criar no Brasil instituições que
atingiram a excelência e a vanguarda mundial.

Dias 12 e 13 de junho, das 8h30 às 18h

**Local: Edifício Cidade Nova,
Rua Ulisses Guimarães 565 - Cidade Nova, RJ**



Economia e Energia

Nº 89:Abril / Junho de 2013

ISSN 1518-2932

Versões em Inglês e Português disponíveis em: <http://ecen.com>

Editorial:

Rotas para a Vanguarda

A Oscip Economia e Energia – e&e está realizando em parceria com o Espaço Centros e Redes de Excelência – ECENTEX/COPPE/UFRJ o Seminário Rotas para a Vanguarda.

A dificuldade de valorizar os sucessos alcançados é um traço marcante da sociedade brasileira, sobretudo e paradoxalmente na sua parte mais culta. Essa dificuldade de conviver com vitoriosos vale para empresas e organizações e também para os indivíduos. Quando se fala neles, não tarda para que os defeitos e deficiências de organizações e das pessoas sejam apontadas para reduzir o impacto do bom desempenho ressaltado.

Nossa sociedade costuma exigir extrema modéstia para aceitar seus vencedores. Até nos campos esportivo e artístico, nossos heróis incontestes, como Ayrton Senna, Clara Nunes e Francisco Alves, foram modestos e morreram tragicamente cedo.

O Seminário se concentra, ao contrário, em experiências de organizações e pessoas, a maioria com várias décadas de existência, que já provaram ser capazes de superar as naturais dificuldades de alcançar a vanguarda mundial em um país ainda em desenvolvimento. Venceram a “Síndrome da Autoconsistência do Subdesenvolvimento” a que se refere o Prof. José Israel Vargas, que seria a tendência de nossa sociedade a tentar reduzir as instituições que atingem a vanguarda mundial ao nível comum do subdesenvolvimento reinante.

Os casos abordados referem-se a Embraer, na aviação civil, a Fundação Oswaldo Cruz, na área das doenças tropicais, a Petrobras, na área de águas profundas e na formação da Rede Galileu, o Senai, na área de formação de pessoal técnico, o Centro Tecnológico da Marinha – CTMSP, no enriquecimento de urânio, a Embrapa na

agricultura tropical, a própria COPPE, na interação universidade-indústria e nos mecanismos de indução à inovação e excelência. Também é apresentado o caso da Empresa de Tecnologia Argentina – INVAP, na área de reatores nucleares multiuso. As áreas destacadas são muitas vezes apenas a ponta do iceberg da competência acumulada nessas organizações.

A estas instituições se associam outras envolvidas justamente no esforço de tornar possível o desenvolvimento tecnológico, como a FINEP, o Parque Tecnológico da UFRJ, a Universidade da Flórida, a Agência Brasileiro - Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares - ABACC, o BG Group, a Eletronuclear, o SENAI, com a Rede de Centros de Inovação e Tecnologia Industrial e a própria Universidade Petrobras, que hospeda o Seminário. Muitas dessas instituições reúnem em si qualidades para estar no grupo de excelência, mas foram chamadas, sobretudo, para falar de suas realizações e planos para manter e criar iniciativas vitoriosas como as que o Seminário reúne.

Ao lado dessas instituições notáveis, o Seminário tem a satisfação de contar com um conjunto de participantes eminentes, que são a razão principal do interesse despertado.

Neste número, a Revista *Economia e Energia* está aproveitando a oportunidade para lançar um olhar prospectivo para a situação da geração de eletricidade no longo prazo em alguns cenários. Alguns dão continuidade aos dos planejamentos oficiais existentes, mas num dos cenários, o Brasil finalmente se insere, em quarenta anos, entre as nações desenvolvidas.

Outro artigo procura apontar as presentes condições favoráveis para que o País participe destacadamente da conquista da última grande fronteira que se abre à humanidade na Terra: a conquista do Mar Profundo. O Brasil já está fazendo nesta área um grande esforço, tanto na área de petróleo como de submarinos, falta unificá-los como desafio nacional.

Sobre o Seminário Rotas para a Vanguarda, a Revista divulgará os resultados das palestras apresentadas cujo interesse despertado já supera os objetivos de seus organizadores.

Sumário

Projeção das Energias Primárias na Geração de Eletricidade com Avaliação da Demanda e Oferta de Energia, em Horizonte de Médio Prazo (2020), Longo Prazo (2035) e Muito Longo Prazo (2060)	4
1. Introdução	5
2. Resultados para o Cenário Básico.....	7
3. Resultados para o Cenário Brasil Desenvolvido.....	21
4. Resultados para o Cenário Desenvolvido 2.....	21
5. Conclusões.....	22
A nova Fronteira: o Mar Profundo	24
1. Introdução	25
2. DSVs (Deep Submersion Vehicles)	29
3. Submarinos Nucleares de Pequeno Porte.....	42
4. Os ROV no Brasil.....	43
5. O Brasil na Exploração do Mar Profundo	45
Conteúdo de carbono por energia contida em troncos e galhos de 11 espécies do cerrado.....	50
1. Introdução	50
2. Metodologia	51
3. Resultados.....	53
4. Conclusão	53
Referências bibliográficas.....	55

Artigo:

Projeção das Energias Primárias na Geração de Eletricidade com Avaliação da Demanda e Oferta de Energia, em Horizonte de Médio Prazo (2020), Longo Prazo (2035) e Muito Longo Prazo (2060)

Olga Y. Mafra ()*

*Leonam dos Santos Guimarães(**)*

Carlos Feu Alvim()*

Frida Eidelman()*

Resumo: Estima-se a demanda global de energia e a participação da eletricidade em cenários de médio prazo (2020), longo prazo (2035) e muito longo prazo (2060). É, também, avaliada a participação das diferentes energias primárias na geração de eletricidade e em função de sua disponibilidade estimada no País. Foram considerados três cenários econômicos e analisados diferentes hipóteses de participação da energia nuclear.

Palavras chave: Demanda de energia, demanda de eletricidade, energias primárias, projeção, Brasil.

Abstract:The Global Energy demand and the participation of electricity in scenarios of medium (2020), long (2035) and very long (2060) terms are estimated. It is also evaluated the share of different primary energies in electricity generation and their availability in the country. Three economic scenarios were considered and different hypothesis regarding the participation of nuclear energy were analyzed.

Keywords: energy demand, electricity demand, primary energy, projection, Brazil.

Autores:

(*) *Economia e Energia*

(**) *Assistente do Presidente da Eletrobras Eletronuclear e membro do Standing Advisory Group on Nuclear Energy (SAGNE) da Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA.*

1. Introdução

Na definição física, a energia é a capacidade de gerar trabalho. Na definição econômica, o trabalho (humano) é um dos insumos básicos para geração do valor econômico. Outro insumo fundamental é o capital, cuja contribuição para a produção provém do trabalho das máquinas a partir das fontes de energia, que por sua vez são outro insumo fundamental para a produção. Não é de se admirar que o uso de energia seja um indicador primordial da atividade econômica.

Desenvolvimento e energia estão, por isso, intimamente ligados na história das nações e o controle das fontes de energia é parte principal no jogo do poder; por isto energia, sobretudo a do petróleo e a nuclear, estão entre os objetivos maiores da Geopolítica.

Esse é o resumo de estudo prospectivo da oferta e demanda de energia elétrica em um horizonte de cinquenta anos (até 2060). A projeção leva em conta fatores que podem limitar o crescimento do Brasil, assim como de outros países. Uma análise de consistência macroeconômica, é realizada para o Brasil com o auxílio do software **projetar_e**. Estabelecidos cenários econômicos, hipóteses sobre a evolução global e setorial da razão energia/PIB e da participação da eletricidade no consumo energético, é possível projetar o consumo de energia como um todo e da energia elétrica em particular. As seguintes atividades foram desenvolvidas no contexto deste estudo:

1. Detalhamento do estudo;
2. Discussão dos cenários macroeconômicos nos horizontes 2019 e 2035 com extensão para 2060;
3. Avaliação da demanda de energia total e energia elétrica para os três cenários considerados e comparação com o planejamento oficial brasileiro;
4. Estimativa da participação das diferentes energias no atendimento da demanda, com destaque da participação da energia nuclear.

Os cenários macroeconômicos adotados no estudo são os seguintes:

- Cenário Básico;
- Cenário Brasil Desenvolvido;
- Cenário Brasil Desenvolvido 2.

Esses cenários foram comparados com um “Não-Cenário” Inercial no qual as limitações para o desenvolvimento brasileiro não seriam superadas.

O Cenário Básico é uma extensão do planejamento oficial existente (até 2030) para o horizonte 2060. Foram considerados principalmente os Planos Decenal (2020) e Nacional de Energia (2030).

O Cenário Brasil Desenvolvido, com duas variações, foi concebido como um cenário no qual o Brasil atingiria o desenvolvimento alcançando, no horizonte de planejamento adotado, o nível de renda da OCDE.

A evolução das variáveis econômicas projetadas obedece a critérios de consistência macroeconômica e de continuidade com os dados históricos conhecidos. Na escolha de tendências, leva-se ainda em conta o comportamento histórico dessas variáveis em países e regiões hoje desenvolvidos e também em países que se encontram atualmente em forte processo de crescimento.

Os resultados históricos e prospectivos para o Brasil, nos diversos cenários, foram ainda comparados com os de trabalhos prospectivos internacionais para os países mais relevantes. Um desses trabalhos (da OCDE) contém um estudo específico para o Brasil.

Delineados os cenários econômicos, para cada um deles, foi avaliada a demanda em energia equivalente. Essa abordagem permite levar em conta a diferença das eficiências relativas das diversas fontes por setor. Em seguida, a participação da energia elétrica na energia total é projetada.

Na etapa seguinte define-se a participação das fontes energéticas na geração elétrica e projeta-se sua eficiência nessa transformação. Obtém-se assim o consumo de cada fonte na geração de eletricidade e, através de coeficientes específicos, a emissão direta de gases de efeito estufa.

Na definição da trajetória econômica, dados históricos disponíveis de seis décadas foram analisados. Na projeção de uso das diversas fontes, os dados históricos disponíveis da produção, transformação e uso da energia do País de quatro décadas foram considerados. Isto permite, por exemplo, levar em conta nas projeções a capacidade demonstrada pela sociedade brasileira de

reação às circunstâncias econômicas, como os choques de petróleo e às crises econômicas.

O estudo ainda lançou mão da evolução histórica do uso das fontes energéticas na geração elétrica em grandes países ou regiões, procurando identificar as causas das varias opções adotadas. Concluiu-se que a escolha de cada país das fontes de energia para a geração de sua eletricidade sempre tem um forte componente estratégico. Isso torna importante, no caso brasileiro, considerar a disponibilidade conhecida e projetada das fontes no País e a confiabilidade do suprimento externo em função de reservas mundiais conhecidas e projetadas.

A influência prática das restrições à emissão de gases de efeito estufa na escolha do perfil de geração dos principais países foi avaliada. Também foi feita uma análise crítica das projeções de longo prazo disponíveis para regiões e países.

A tarefa de projetar a matriz de fontes a serem usadas para a geração elétrica parece, em princípio, extremamente difícil em um horizonte tão longo como o aqui proposto. A forte inércia demonstrada historicamente na mudança do perfil energético, a escassa disponibilidade de fontes e o lento processo de penetração de novas energias facilitam essas projeções. A utilização inteligente da experiência internacional acumulada é outro fator facilitador para o trabalho proposto.

2. Resultados para o Cenário Básico

Quatro tipos de centrais atenderiam a demanda das centrais de Serviço Público: as hídricas, as nucleares, outras renováveis (eólica e fotovoltaica), e térmicas convencionais. Para as térmicas, foi projetada a distribuição da geração por combustíveis fósseis. A participação da biomassa e das PCH (pequenas centrais hidrelétricas) foi considerada nos Autoprodutores.

A Tabela 1 mostra a demanda de geração de eletricidade em centrais de Serviço Público de dez em dez anos. O gráfico correspondente a todo período é mostrado na Figura 1.

Tabela 1: Geração de Eletricidade Centrais SP GW médio
Cenário Básico

	2010	2020	2030	2040	2050	2060
Hidráulica	44,0	59,4	74,2	85,1	93,0	98,3
Térmica	4,8	12,0	18,1	27,1	45,0	70,8
GN	2,7	6,3	11,5	17,6	29,3	46,0
Deriv. Petróleo e GN	1,5	3,2	1,8	2,2	3,6	5,7
Carvão Min. e Deriv.	0,7	2,5	4,8	7,3	12,2	19,1
Outras Renováveis	0,3	3,7	8,3	12,4	16,4	20,5
Nuclear	1,7	3,8	20,8	45,6	68,1	87,7
Total GW médio	50,7	78,8	121,4	170,2	222,6	277,4
Total TWh	444	691	1064	1492	1951	2431

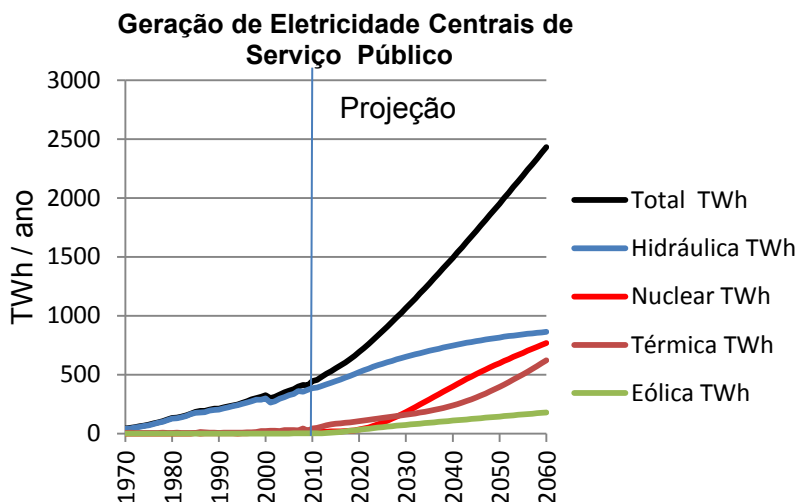


Figura 1: Geração de eletricidade por tipo de usina no Cenário Básico

A transposição da demanda em energia para a capacidade de geração a ser instalada foi feita mediante a extrapolação do fator de capacidade para o conjunto de centrais e para cada um dos tipos. O fator de capacidade – FC, para térmicas convencionais foi estimado

em um processo iterativo em que o comportamento do FC foi estimado para cada tipo de central para fixar este comportamento no conjunto das centrais. Em seguida, são feitos os ajustes na forma da curva para cada tipo de central e calcula-se pelo resíduo o FC para as térmicas. A evolução de FC para cada tipo de central foi extrapolado usando seu comportamento histórico no Brasil e valores médios de centrais no exterior. As térmicas completam a geração necessária. A alteração dos parâmetros dos demais tipos de centrais define o fator de capacidade projetado para as térmicas.

É interessante observar que para praticamente a totalidade de países estudados, o FC apresenta valores médios parecidos, média ligeiramente superior a 50%, que é determinado, sobretudo, por oscilações da demanda sazonal, semanal e ao longo do dia. Esta regularidade não depende essencialmente do perfil do parque de fontes usadas na geração. Valores um pouco superiores à média foram encontrados em países como o Canadá, onde existe uso ininterrupto de energia em algumas indústrias eletrointensivas.

A introdução de usinas de geração eólica, ainda limitada e mais significativa em países onde existe troca com o exterior, logicamente tenderá a reduzir o FC, mas seu efeito ainda não é perceptível nos valores médios por país. De qualquer forma, a introdução da energia eólica tem causado problemas operacionais relacionados à irregularidade da produção ao longo do ano e do dia e a dispersão da geração. No caso do Brasil a sazonalidade da eólica é complementar à da hídrica, mas resta resolver a forte variabilidade existente ao longo do dia na maioria dos locais. Esta variação diária também está presente na fotovoltaica. A geração dessas fontes é condicionada por fatores climáticos instáveis que não obrigatoriamente coincidem com a variação da demanda e sua utilização depende fortemente da complementação de outros tipos de centrais.

Existe um consenso preliminar de que este tipo de fonte não deve ser planejado para preencher mais de 15% da capacidade instalada. Deve-se chamar atenção que a entrada dessas fontes irá coincidir com um período em que o sistema hidroelétrico estará se tornando menos estável do ponto de vista sazonal (menores reservatórios) e mais vulnerável aos anos secos (oscilações plurianuais) e a complementação térmica será necessária para regular a produção.

Os valores históricos e projetados do fator de capacidade para o Brasil são mostrados na Figura 2.

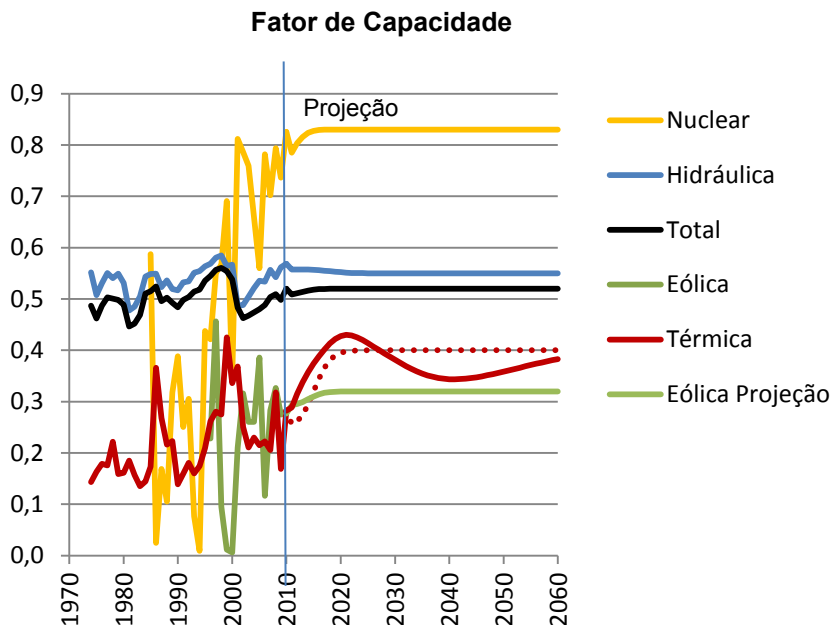


Figura 2: Evolução histórica e projetada dos fatores de capacidade para os diversos tipos de centrais.

Definidos os fatores de capacidade, chega-se à participação dos diferentes tipos de centrais na capacidade instalada. A capacidade hidráulica é definida mediante um ajuste de maneira a atingir uma fração, exogenamente introduzida, do total da capacidade existente a ser efetivamente aproveitada. No caso, foi suposto um aproveitamento de 80% do potencial. Procedimento semelhante é adotado para o potencial eólico (instalação de 45% do potencial). Uma participação da nuclear na capacidade instalada é definida (no caso, 20%) e a térmica é determinada por diferença. A participação ao longo do tempo é definida a partir do acoplamento de dados históricos a um valor exógeno para 2060, atuando-se sobre dois parâmetros que fixam a forma da curva. Procurou-se neste ajuste adequar sua forma

às previsões do Plano Decenal, que também são indicadas na Figura 3 e na Tabela 2.

Tabela 2: Capacidade Instalada Centrais de Serviço Público GW – Cenário Básico

	2010	Plano 2020	2020	2030	2040	2050	2060
Hidráulica	77,3	109,5	107,6	134,9	154,7	169,1	178,8
Térmica	17,5	25,5	28,0	47,5	78,8	125,5	184,9
GN	10,4	11,7	12,6	21,0	32,0	53,2	83,7
Deriv. Petróleo e GN	5,2	9,9	11,2	18,5	34,6	52,1	69,3
Carvão Min. e Deriv.	2,0	3,9	4,2	8,0	12,2	20,3	31,9
Eólica	0,9	11,5	11,4	26,1	38,9	51,3	64,0
Nuclear	2,0	3,4	4,5	25,0	54,9	82,1	105,7
Total	97,8	149,9	151,6	233,5	327,3	428,0	533,4

A Figura 3 mostra o ajuste realizado para os diversos tipos de central. Em um procedimento similar, a participação dos combustíveis na geração térmica convencional é definida. O potencial, ou reserva conhecida e esperada das fontes energéticas, é levado em consideração na projeção bem como a experiência de outros países no estabelecimento de seu parque gerador. Também foram considerados os estudos prospectivos internacionais disponíveis sobre a opção energética para outros países. Muito mais que as intenções anunciadas nos planos futuros, levam-se em conta as efetivas modificações havidas no perfil de geração dos outros países.

A Tabela 3 mostra as projeções para a geração nas Autoprodutoras, que adquiriram nos últimos anos considerável importância. No ano de 2010, esse tipo de geração era responsável por cerca de 66 TWh (13%) para uma geração total naquele ano. Nos registros do BEN, a quase totalidade das usinas de geração a partir da biomassa está computada como pertencente aos Autoprodutores. O mesmo acontece com as PCH. O critério no Plano Decenal não é idêntico. Neste trabalho estes tipos de centrais são tratados como no BEN.

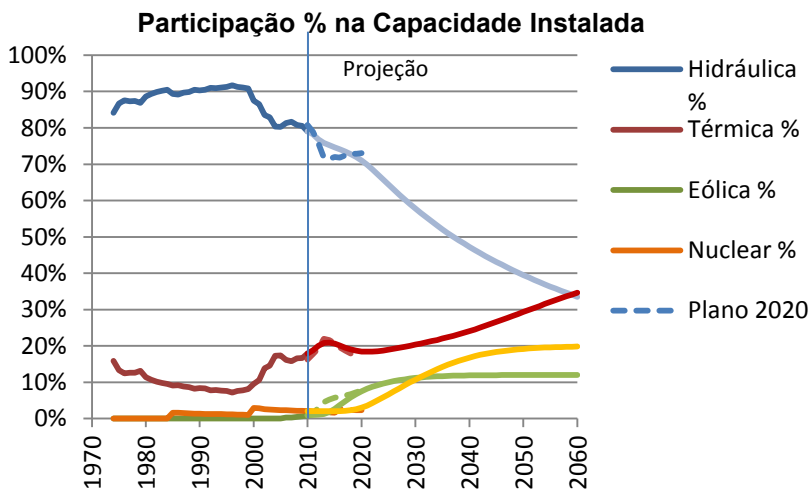


Figura 3: Capacidade Instalada por tipo de usina no Cenário Básico

Tabela 3: Geração de eletricidade por Autoprodutores (TWh/ano)
Cenário Básico

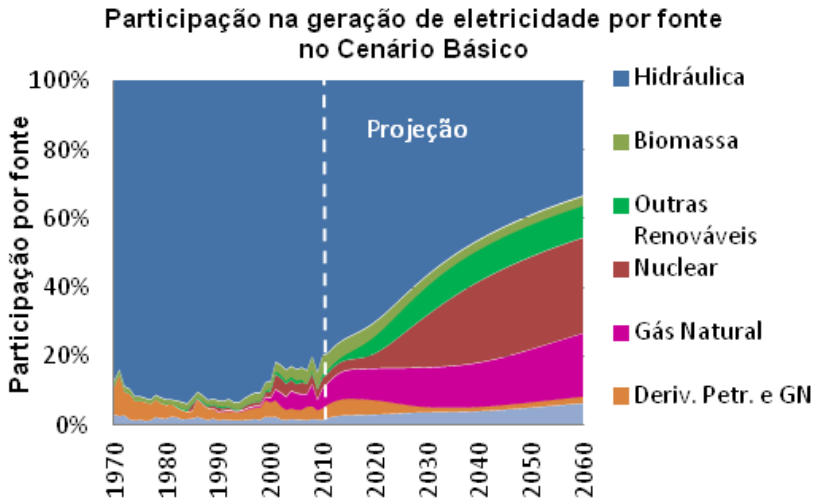
	2010	2015	2020	2030	2040	2050	2060
Hidráulica	21,6	25,8	30,7	35,0	38,2	49,0	61,0
Biomassa	26,8	28,6	32,0	37,6	46,7	60,3	75,1
Outras Renováveis	5,7	5,5	9,6	31,6	52,1	68,4	85,3
Gás Natural	5,4	10,7	16,1	36,2	61,4	81,8	102,0
Deriv. Petr.e GN	4,7	5,4	5,3	3,7	3,7	4,7	5,9
Carv. Min. e Deriv,	2,0	2,9	3,4	4,5	6,2	8,2	10,2
TOTAL	66,2	78,8	97,0	148,6	208,3	272,4	339,5

A Tabela 4 e a Figura 4 apresentam os valores para a geração da eletricidade no País como um todo, incluindo as centrais de Serviço Público e os Autoprodutores.

A Figura 4 mostra que a participação na geração de eletricidade das fontes fósseis é mantida abaixo de 20% durante mais de trinta anos, o que asseguraria uma baixa emissão de GEE por kWh gerado.

Tabela 4: Geração de eletricidade em Centrais SP + Autoprodutores (TWh/ano) Cenário Básico

	2010	2020	2030	2040	2050	2060
Hidráulica	407	552	685	784	864	923
Biomassa	27	32	38	47	60	75
Outras Renováveis	8	42	105	161	212	265
Nuclear	15	33	182	399	597	769
Gás Natural	29	71	137	216	338	506
Deriv. Petr. e GN	18	33	19	23	36	56
Carv. Min. e Der.	8	25	46	70	115	178
TOTAL	511	788	1.213	1.700	2.223	2.771

**Figura 4:** Participação das fontes, por energia elétrica produzida histórica e projetada para centrais de Serviço Público + Autoprodutores no Cenário Básico.

A extrapolação de rendimentos na geração permite deduzir a quantidade de combustível a ser consumido e a consequente emissão direta de gases de efeito estufa. A emissão direta de GEE na geração de eletricidade, histórica e projetada, é mostrada na Figura 5.

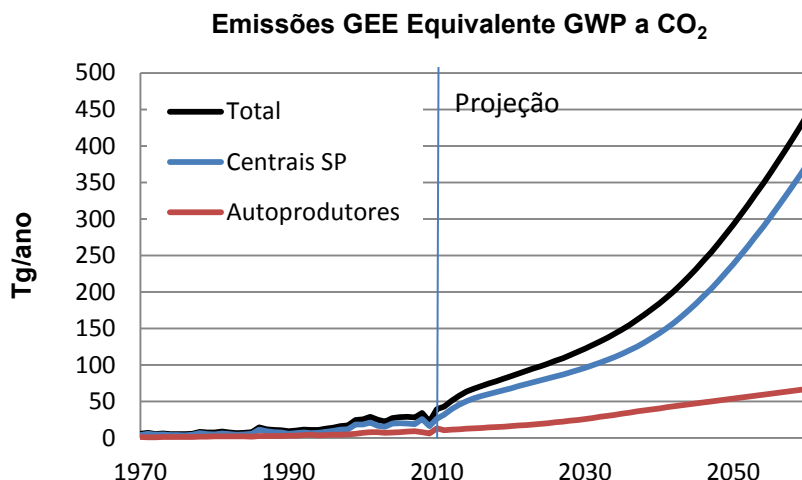


Figura 5: Emissão de GEE na geração de eletricidade separada em Centrais de SP e Autoprodutores.

A Figura 6 mostra a emissão por kWh, que é muito baixa quando comparada ao usual em outros países e as médias da OCDE e mundial. A Tabela 5 mostra o consumo de combustíveis e as emissões associadas.

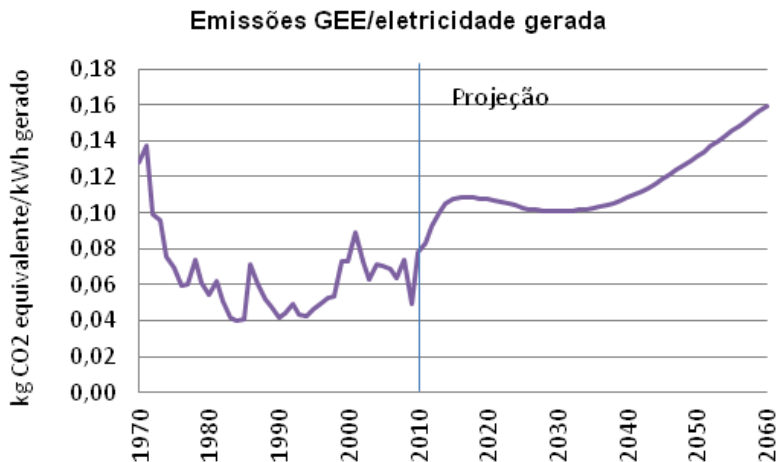


Figura 6: Emissões de GEE na geração de eletricidade histórica e projetada.

Tabela 5: Consumo de Combustível Fóssil e Emissões no Cenário Básico

Consumo de Combustível (milhão de tep)					
	2010	2020	2030	2040	2060
Térmicas	9,2	23,2	33,2	49,5	129,5
GN	4,8	10,9	19,4	29,5	77,1
Derivados Petróleo e GN	2,62	6,34	3,55	4,30	11,24
Carvão Mineral e Derivados	1,8	5,9	10,3	15,8	41,2
Emissões em milhões de t (Tg) de CO₂ equivalente					
	2010	2020	2030	2040	2060
Térmicas	26,3	68,3	96,3	143,4	375,1
GN	11,3	25,4	45,2	68,9	180,2
Derivados Petróleo e GN	8,2	19,8	11,1	13,4	35,0
Carvão Mineral e Derivados	6,9	23,1	40,0	61,1	159,8

A energia nuclear já respondia em 2010 por mais de 22% da energia elétrica gerada nos países da OCDE e cerca de 14% da energia elétrica no mundo. Na hipótese adotada por este cenário, a participação na capacidade instalada seria ainda inferior a 20%, mas

devido ao maior fator de capacidade, que é intrínseco à energia nuclear sua participação projetada na geração é de 28% para 2060 no Cenário Básico. A participação da energia nuclear neste horizonte é coerente com a suposição de que ela continuará sendo uma opção aceita para a geração de eletricidade por ser economicamente competitiva e por contribuir para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa.

Para melhor analisar a repercussão da opção adotada no presente cenário, foi utilizado o conjunto de programas em que se baseou esse trabalho (**projetar_e** e **bal_eec**) para comparar as emissões diretas que resultariam da substituição da energia nuclear por energia térmica supondo a mesma participação relativa dos combustíveis fósseis na geração térmica. As emissões aumentariam em cerca de 50%, mostradas na Figura 7.

O comportamento do valor da emissão de gases de efeito estufa em CO₂ equivalente por kWh gerado é mostrado na Figura 8.

A participação da energia nuclear na geração elétrica é apontada como importante em todos os estudos prospectivos de organizações oficiais que cuidam dos temas energia e emissão de gases de efeito estufa provenientes de seu uso. O renascimento nuclear que se configurava foi abalado pelos acontecimentos de Fukushima. Antes disso, restrições de entidades e partidos políticos ambientalistas haviam conseguido impor restrições ao uso da energia nuclear, sendo as mais notórias as alcançadas na Itália e Alemanha.

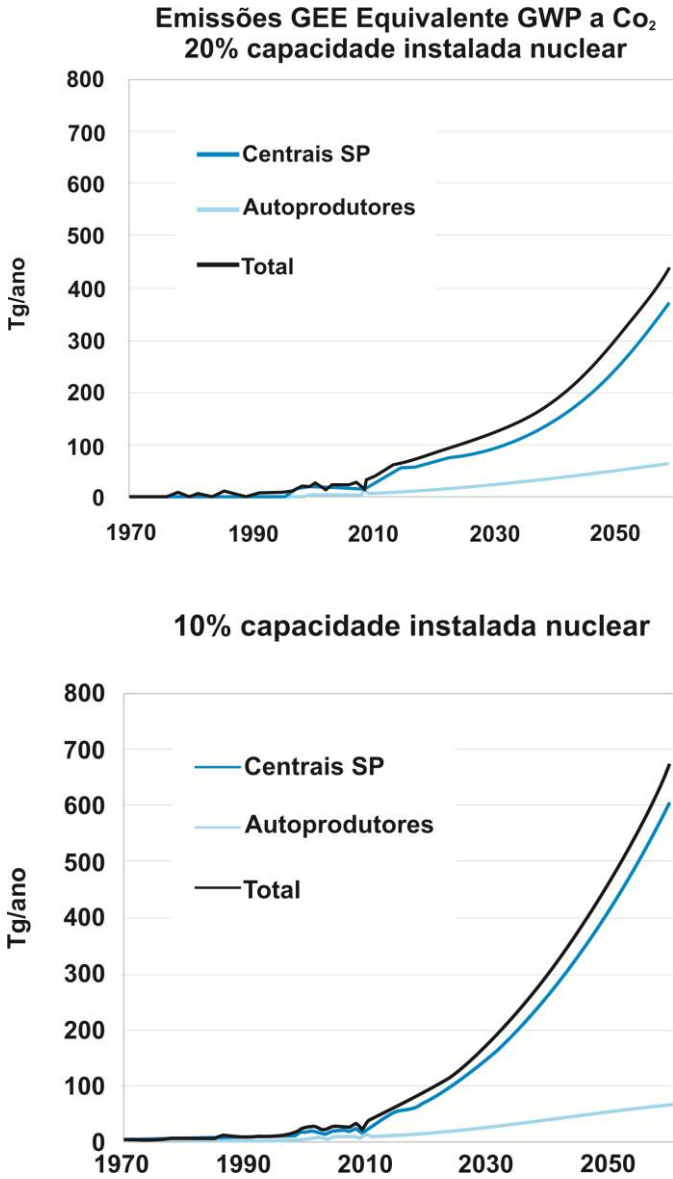


Figura 7: Comparação entre emissões de gases de efeito estufa GEE em CO₂ equivalente (GWP).

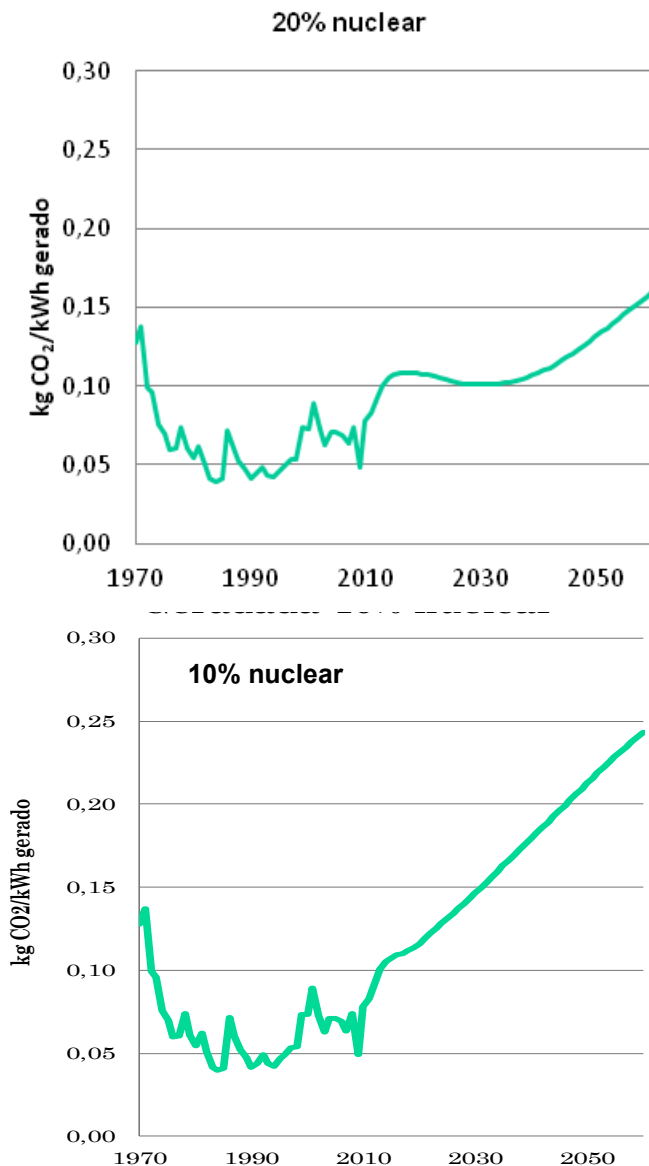


Figura 8: Emissão (em kg de CO₂ equivalente) por unidade de eletricidade (kWh)

No caso da Alemanha, houve uma forte opção pela energia eólica, mas o baixo fator de capacidade, a irregularidade de suprimento e os subsídios necessários à instalação já estão provocando dificuldades, tendo sido inaugurada nova central a carvão e 23 outras anunciadas.

A interrupção do uso da energia nuclear no Japão já provoca forte crescimento do consumo de combustíveis fósseis com a conseqüente pressão sobre a balança comercial do Japão e aumento das emissões de gás carbono.

Nos países de rápido crescimento, a opção foi, como mostrado, o uso de carvão mineral, mas na China está em curso um vigoroso programa nuclear que não será interrompido em virtude dos acontecimentos em Fukushima.

Igualmente existem perspectivas de crescimento de utilização da energia nuclear na Índia e Rússia. Portanto, a expectativa é maior uso da energia nuclear nos países do terceiro mundo. A grande incógnita em relação à energia nuclear segue por conta dos efeitos de Fukushima sobre o futuro da geração elétrica no Japão e na consolidação da posição da Alemanha, contrária à energia nuclear. O debate nestes países tem evoluído do campo político para o econômico, o que deve favorecer a continuação do uso da nuclear ou, pelo menos, a postergação de sua desativação.

O percentual apontado para o Brasil com o horizonte de 2060 é o que se pode esperar para um país que não dispõe de grandes reservas conhecidas de carvão e GN e que está comprometido em não agravar as emissões de efeito estufa. A escolha adotada para este cenário leva ainda em conta que, nesse horizonte, é previsto um forte declínio na disponibilidade do petróleo e seu uso já vem sendo progressivamente banido do uso regular para a geração. Prevê-se um expressivo aumento da participação de biomassa e outros renováveis, declínio da participação do petróleo na geração de eletricidade e que o potencial hidráulico estará praticamente esgotado.

A participação futura da energia nuclear na matriz da geração elétrica é uma discussão ainda em aberto. Ante um crescimento econômico que leve o Brasil a aproximar-se dos países mais desenvolvidos, mesmo em um cenário ainda insatisfatório como o Básico, a análise da disponibilidade de outros energéticos para a geração e o exame dos princípios que regem a escolha da matriz de geração elétrica em outros países sugerem que a energia nuclear terá

uma importância considerável para o futuro energético do Brasil. Papel fundamental na definição do futuro da energia nuclear no Brasil será exercido pela política que venha adotar o País no que concerne às emissões de gases de efeito estufa.

O Brasil ocupa uma posição bastante confortável no mundo, tanto no que concerne emissão de GEE por energia na geração de energia elétrica e térmica industrial como nas emissões por PIB, como pode ser visto na Figura 9 (dados do Banco Mundial para 2008). A energia nuclear é indispensável para manter essa condição.

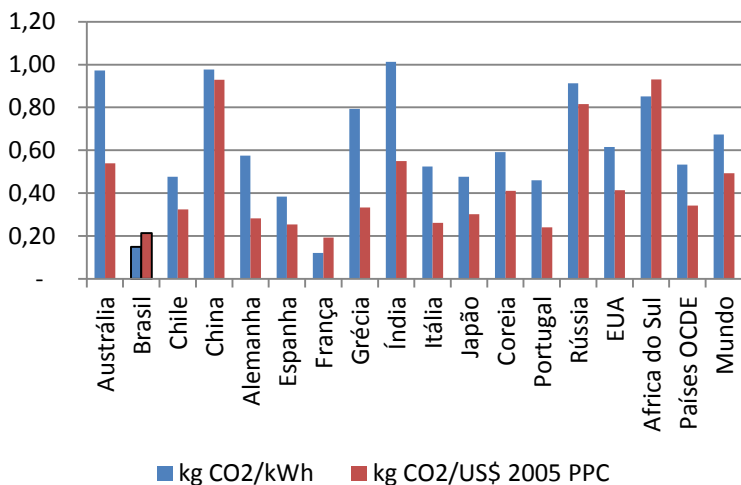


Figura 9: Emissões por geração de eletricidade e calor industrial e emissões por PIB em paridade de poder de compra para países escolhidos e valores médios para OCDE e Mundo.

Incluir a opção nuclear na geração elétrica no Brasil vai firmando-se como um consenso nacional pela simples razão de que não parece sensato descartar essa oportunidade para o futuro. Participar da geração nuclear e desenvolver comercialmente todas as etapas do ciclo de combustível é uma decisão estratégica brasileira que também merece consenso.

3. Resultados para o Cenário Brasil Desenvolvido

A Figura 10 mostra que a participação na geração de eletricidade das fontes fósseis chega a superar 30%, mas ela é reduzida no final do período para valores inferiores a 20%, o que possibilita reduzir as emissões. O Cenário asseguraria uma baixa emissão por kWh gerado no final do período e o nível de emissões por kWh continuaria relativamente baixo em relação a outros países.

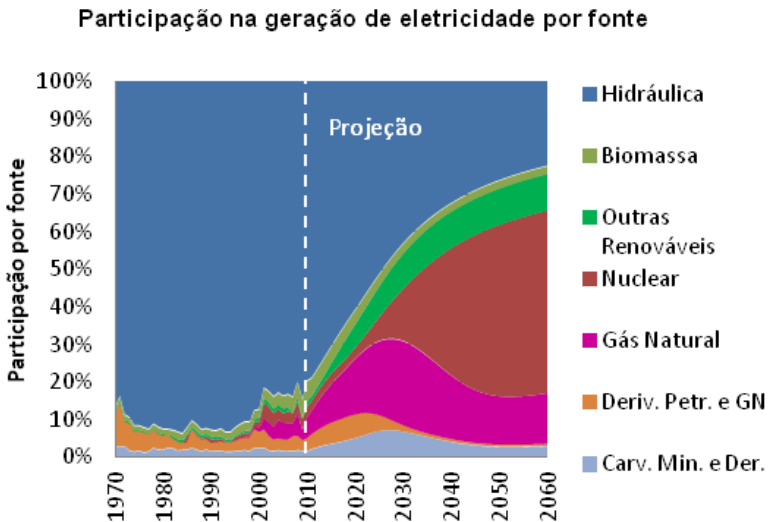


Figura 10: Participação das fontes, por energia elétrica produzida histórica e projetada para centrais de Serviço Público + Autoprodutores no Cenário Brasil Desenvolvido.

4. Resultados para o Cenário Desenvolvido 2

A Figura 11 mostra que a participação na geração de eletricidade das fontes fósseis chega a superar 50%. O Cenário aproxima a emissão por kWh do Brasil no final do período aos níveis mundiais. A disponibilidade de GN, suposta a reserva descoberta e a descobrir, limita seu uso, mas ele passa a ser a principal fonte na produção de energia elétrica.

Participação na geração de eletricidade por fonte

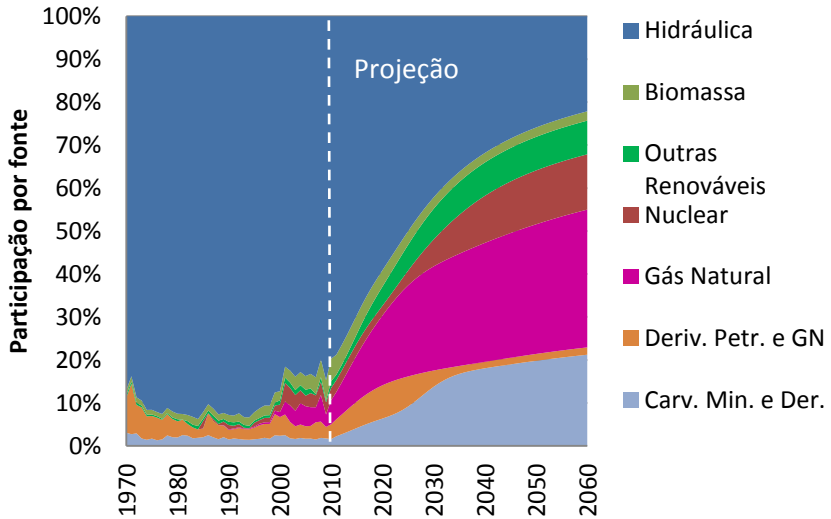


Figura 11: Participação das fontes, por energia elétrica produzida histórica e projetada para centrais de Serviço Público + Autoprodutores no Cenário Inercial.

5. Conclusões

O estudo aqui apresentado reforça a convicção de que existe uma janela de oportunidades para que o Brasil ingresse nos próximos cinquenta anos no rol dos países desenvolvidos. Na realidade prática mundial, isto significa entrar na lista dos países ricos e, com sorte e determinação, tornar-se também um País sem pobres.

Esta janela de oportunidades está estreitamente vinculada às fontes de energia petróleo, biomassa e nuclear em relação às quais o País é o mais bem situado no Ocidente. No que concerne ao petróleo, o US Geological Survey estima que é a América Latina e Caribe a região de onde virá o maior aporte de reservas mundiais a serem incorporadas; a segunda região é a África sub-saariana. A biomassa já é relevante no País, constituindo, eficiência a parte, 40% da nossa matriz energética sendo inclusive importante na geração elétrica onde

representa 4,5% da produção. Provavelmente continuará a sê-lo ainda que em proporção um pouco menor. Na energia nuclear, o País reúne a disponibilidade de reservas de urânio e tório, a posse de tecnologia do ciclo do combustível e uma indústria de base capacitada, estando ainda concretizando importantes etapas no seu uso na propulsão naval e na geração de energia. Na área naval, existe uma óbvia sinergia entre as atividades de exploração e produção de petróleo e gás, a propulsão nuclear e a construção e instalação dos futuros reatores.

O que ainda não ficou muito claro para os brasileiros é que os próximos anos serão de empenho e até sacrifício para realizar uma etapa de grandes investimentos que serão, no entanto, feitos na certeza de sua boa remuneração, e irão gerar recursos para novos investimentos que manterão o crescimento. A história brasileira recente e a de países que estão conseguindo romper com o subdesenvolvimento mostra que esses recursos terão de vir da poupança interna.

Nessas áreas estratégicas, o Brasil já está concretizando seu propósito de se valer da posse de recursos naturais para desenvolvimento de sua indústria e incorporação de tecnologia a seus produtos.

Petróleo e energia hídrica, apesar de sua grande importância, terão esgotado seu ciclo, ou quase, no horizonte de 50 anos adotado neste trabalho. Nas próximas décadas o gás natural, energia nuclear, energia eólica e muito provavelmente o xisto estarão adquirindo maior relevância.

Ensaio:**A nova Fronteira: o Mar Profundo***Carlos Feu Alvim(*)**Leonam dos Santos Guimarães(**)**Luis Philippe da Costa Fernandes(***)*

Resumo: O Mar Profundo é uma nova fronteira, talvez a última, que se abre como desafio à humanidade em nosso Planeta. O fundo do mar é uma fronteira do conhecimento que o Brasil tem todos os motivos e condições para explorar. Como nossos antepassados portugueses na conquista do Atlântico Sul e do Indico, temos vantagens comparativas importantes como o avanço da conquista do petróleo em águas profundas e um ambicioso programa na área de submarinos. A conjunção desses dois esforços pode estar na construção de minissubmarinos que auxiliem no conhecimento e na exploração das riquezas minerais das profundidades marinhas.

Palavras chave: Submarinos de pequeno porte, mar profundo, mar brasileiro, minissubmarinos, mineração marinha, petróleo, águas profundas.

Abstract: The deep sea is a new frontier, maybe the last one, that is a challenge for a humanity in our Planet. The bottom of the sea is a frontier of knowledge that Brazil has all reasons and conditions to explore. Like our Portuguese ancestors who conquered the South Atlantic and the Indian Ocean, we have important comparative advantages such as the conquest of oil in deep waters and an ambitious program in the submarine area. The combination of these two efforts may be the construction of mini-submarines that will help to know and explore mineral resources in the deep sea.

Keywords: small submarines, deep sea, Brazilian sea, mini-submarines, sea mining, oil, deep waters.

Autores:

() Economia e Energia*

*(**) Assistente do Presidente da Eletrobras Eletronuclear e membro do Standing Advisory Group on Nuclear Energy (SAGNE) da AIEA.*

*(***) Coordenador Executivo do Centro de Excelência do Mar Brasileiro - Cembra*

1. Introdução

O Mar Profundo é uma nova fronteira, talvez a última, que ainda se apresenta como desafio à humanidade em nosso Planeta. O fundo do mar não é só uma fronteira do conhecimento que o Brasil tem todos os motivos e condições para explorar.

A imprensa¹ destaca o fato de que, nos Estados Unidos, empresas importantes, capitaneadas por milionários de visão, não hesitam em investir grandes somas visando o desenvolvimento de minisubmarinos de pesquisa em grandes profundidades. É o caso, por exemplo, do fundador do “império” Virgin – Richard Bronson e do presidente executivo da Google (2011) – Eric Schmidt, fundador do Schmidt Ocean Institute. Não parece ser o interesse científico a motivação maior de tais investimentos, mas o lucro. Cogita-se de cobrar US\$ 250 mil a quem se dispôr a conhecer o que revelam as profundidades da Fossa das Marianas (10,9 km de profundidade em seu ponto mais fundo, a Depressão Challenger).

De fato, são múltiplos os interesses relacionados à exploração do Mar Profundo, não cabendo aqui esmiúça-los, todos. Mas há que se fazer menção às suas óbvias aplicações militares (e.g., operações de inteligência e de minagem) e até à sua utilidade na pesca de fundo. No campo da exploração científica dos grandes fundos, a utilização de submersíveis especiais pode ser de grande importância para a localização e a exploração científica das fontes hidrotermais – cujo descobrimento é relativamente recente – que remete biólogos e químicos ao fascinante estudo dos organismos que, em temperaturas muitíssimo elevadas, dependem para viver não mais da fotossíntese, mas da quimiossíntese. A própria fauna pelágica de águas profundas, por suas peculiares adaptações, também é objeto de grande interesse biológico.

As profundezas do mar guardam, por outro lado, riquezas minerais que já estão sendo objeto de pesquisas e, em alguns casos, de exploração comercial.

Transcendendo a óbvia utilização dos minisubmarinos para a localização de minerais de interesse estratégico na plataforma continental de cada país, há que considerar-se, em termos da exploração dos recursos da “Área”, conforme previsto na Convenção

¹ O segredo do abismo – O Globo, 3 agosto. 2011, pg. 30

das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), que o seu emprego poderá facilitar de muito o equilíbrio, em termos de valor comercial, das duas áreas a serem estabelecidas pelos países interessados em tal exploração, visando a escolha, pela Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos, de uma delas, para a exploração, a seu cargo². Note-se que, na atualidade, a Rússia, a China, a Coréia e a França já possuem áreas de exploração de sulfetos polimetálicos, atribuídas pela Autoridade³.

Por ocasião do acidente de vazamento de petróleo no Golfo do México, o mundo assistiu, perplexo, às enormes dificuldades dos meios governamentais do mais poderoso país do mundo em diagnosticar e resolver o problema. Parte disso se explica pelo fato de o acidente ser de responsabilidade de uma empresa privada e que, portanto, por ela deveria ser resolvido. Para a solução do problema foi de grande valia a utilização de veículos e robôs telecomandados. Tais robôs também são usados no Brasil em tarefas de exploração e pesquisa de petróleo e de manutenção de equipamentos.

Parece lógico considerar que a presença de submarinos tripulados poderia ser de grande utilidade em uma circunstância como aquela. O assunto foi debatido em reunião do Centro de Excelência para o Mar Brasileiro - Cembra⁴ quando foi exposta certa surpresa por, aparentemente, não ter a Marinha Americana recursos para fazer as necessárias intervenções. Na ocasião, chegou a ser indicado que tais atividades não estariam dentro das atribuições precípua da US Navy, cuja missão é a de defesa, apenas intervindo em caso de ameaças de natureza militar. Ficou a dúvida, no entanto, se havia ou não, nos EUA, os recursos para fazê-lo. Essa dúvida será esclarecida um pouco mais adiante neste trabalho, ao abordar-se o submersível Alvin.

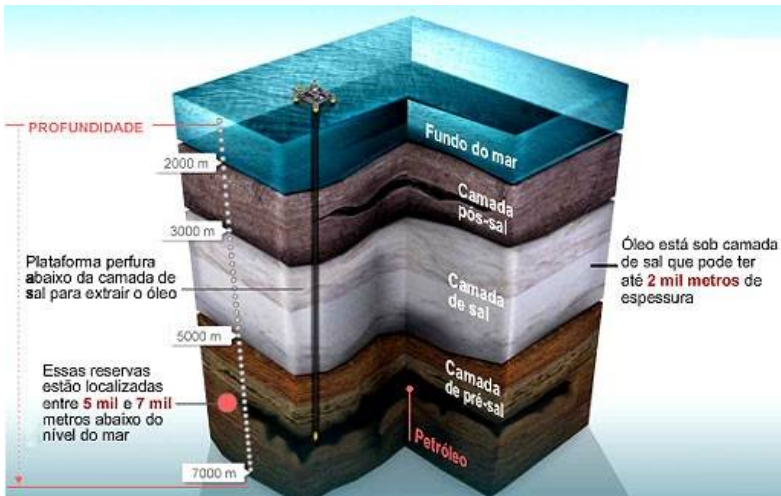
² Nos termos da CNUDM, “Área” significa “o leito do mar, os fundos marinhos e o seu subsolo, além dos limites da jurisdição nacional”. A Área e seus recursos são considerados patrimônio comum da humanidade. A “Autoridade” é a organização que organiza e controla as atividades na Área, particularmente com respeito a seus recursos.

³ O Brasil e o mar no Século XXI – Relatório aos tomadores de opinião do País, Ed. virtual em www.cembra.org.br, Capítulo V – Recursos Minerais, p. V-12.

⁴ <http://cembra.org.br/>

À época, a internet mostrava que o recorde de profundidade de uma embarcação tripulada cabia ao batiscafo (submersível para grande profundidade) Trieste, projeto de um cientista suíço, construído na Itália. Pesquisa posterior mais aprofundada revelou, em seguida, que o referido projeto fora encampado pela Marinha Americana, que assumiu sua coordenação, mantendo o núcleo da equipe original, como reconhecimento ao papel fundamental de seus idealizadores.

Mas há um aspecto que diz respeito, especificamente ao nosso País e que está a merecer destaque especial. O Brasil foi e continua sendo pioneiro na exploração do petróleo em águas profundas. Recentemente está desbravando uma nova fronteira que envolve não somente o mar profundo, mas também o correspondente subsolo profundo. Para explorar o petróleo na camada pré-sal é necessário vencer, em alguns casos, profundidades de 7 km, dos quais 2 km de água e 5 km de subsolo, incluindo 2 km de camada de sal.



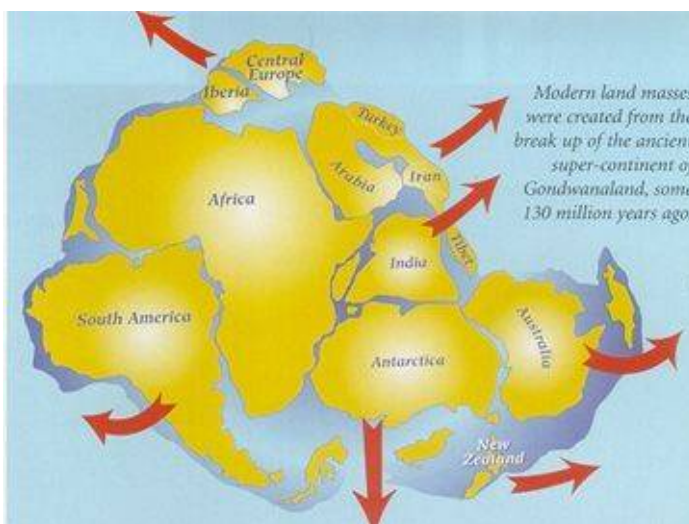
A camada pré-sal.⁵

Assim como os EUA promoveram um grande esforço para analisar as pedras coletadas na Lua pelas missões Apollo (que finalmente não geraram resultados espetaculares), deveríamos estar

⁵ http://www.passeiweb.com/saiba_mais/atualidades/1252441608

realizando um esforço investigativo sobre esse sal e sobre outros materiais existentes ao longo do trajeto das sondas. Análises isotópicas, químicas e biológicas deveriam merecer atenção especial dos cientistas brasileiros.

Na avaliação dos geólogos, este sal se acumulou paulatinamente no fundo do mar interior do continente comum que unia América do Sul e África há muitos milhões de anos, na última fase da separação do Gondwana⁶.



Gondwana

Sucessivos períodos de inundação e seca teriam contribuído para essa formação, que se repete na margem africana do Atlântico, onde também o petróleo do pré-sal está presente. Nas avaliações do USGS (United States Geological Survey) sobre o petróleo e gás natural a ser descoberto nos próximos anos, o maior volume está na

⁶ Grande massa continental localizada no hemisfério sul há cerca de 180 milhões de anos e composta pelas atuais América do Sul, África, Oceania, Antártica e o sub-continente indiano (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Gondwana>)

América do Sul e Caribe (45% no Brasil) seguido da África Subsaariana⁷.

2. DSVs (Deep Submencege Vehicles)

Trieste

A Wikipédia⁸ mostra que o batiscafo foi um projeto suíço construído na Itália, para pesquisar o mar profundo com uma tripulação de dois passageiros. O Trieste foi lançado no Mediterrâneo em 1953 e atingiu uma profundidade máxima recorde de 10.911 metros, na parte mais profunda conhecida dos oceanos, o Deep Challenger, na Fossa das Marianas perto de Guam, em 23 de janeiro de 1960, tripulado por Jacques Piccard (filho do designer do barco, Auguste Piccard) e o tenente da Marinha dos EUA Don Walsh, que alcançou a meta do Projeto Nekton⁹ de chegar às maiores profundidades do oceano.

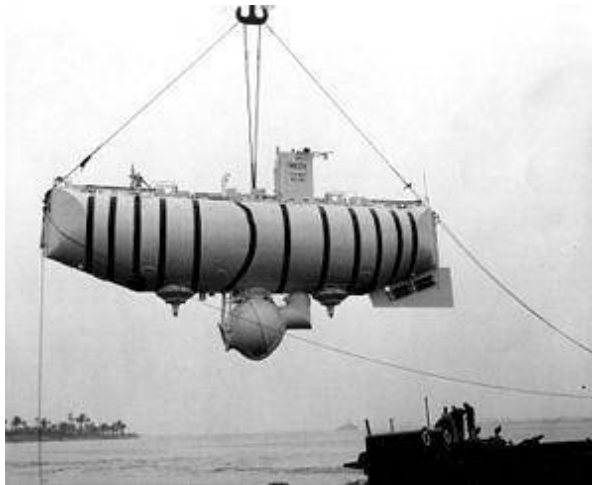
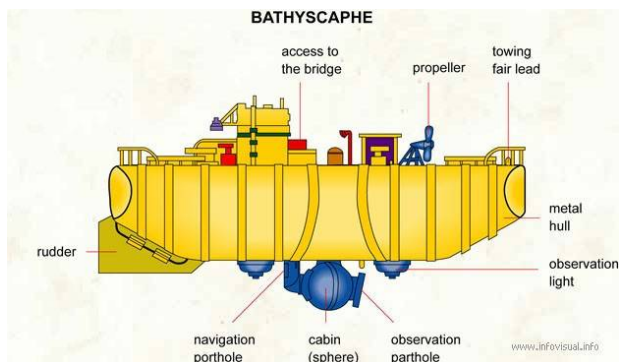


Foto do Batiscafo Trieste

⁷ An Estimate of Undiscovered Conventional Oil and Gas Resources of the World, 2012 <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3042/fs2012-3042.pdf>

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Bathyscaphe_Trieste

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Project_Nekton

Batiscafo Trieste¹⁰

O Trieste está em exposição no estacionamento do Museu Nacional de Submarinos – HNSA dos EUA, ao lado da Escola de Guerra Naval Submarina, em Keyport, Washington¹¹.

O habitáculo (esfera de pressão) do Trieste é mostrado a seguir. É ela que abriga os mergulhadores. A concepção da nave resultou das experiências do seu criador, Auguste Piccard, com balões que chegavam próximo à estratosfera.



Photo # NH 96805 Trieste's pressure sphere, ca. 1958-59

Habitáculo do Trieste¹²

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bathyscaphe_Trieste.jpg

¹¹ <http://www.hnsa.org/ships/triesteii.htm>

O batiscafo tinha a capacidade de atuar independentemente do navio-mãe, não precisando de cabos umbilicais. Uma janela cônica de *plexiglass* permitia a observação direta. Lastros metálicos, presos magneticamente, permitiam aumentar o peso do batiscafo para acelerar a descida. Quando retirados, o empuxo fazia a nave emergir (efeito análogo ao dos sacos de areia que carregam os balões). Como estavam acoplados magneticamente, em caso de falha da eletricidade (provida por baterias) os pesos se desprenderiam e o Trieste voltaria automaticamente à superfície. Um sistema de reciclagem do ar (cilindros de oxigênio e absorção química do CO₂) permitia purificar o ar, como nos submarinos militares.

É interessante notar que o Trieste, após seu lançamento, passou a ser operado pela Marinha Francesa e mais tarde (1958) foi adquirido pela Marinha Americana por 250 mil dólares (cerca de dois milhões de dólares em moeda de hoje). O Trieste foi aperfeiçoado pelos americanos, dentro do Projeto Nekton, e alcançou o ponto mais fundo do mar em 1960, como já indicado.

Deepsea Challenger

A façanha do Trieste só seria repetida, em Março de 2012, pelo cineasta James Cameron a bordo do Deepsea Challenger (ver esquema do submersível mais adiante). Sua expedição foi patrocinada pelo National Geographic com algum apoio da Rolex, sendo objeto de um filme em 3D.

O equipamento de James Cameron pode ser visto em pequenos vídeos disponíveis na internet¹³. Como também ocorreu no Trieste em 1960 um relógio experimental Rolex foi colocado no exterior do batiscafo, tendo suportado as altíssimas pressões do fundo e funcionado perfeitamente. Há um vídeo no mesmo site que conta a história da experiência do Trieste¹⁴.

¹² http://www.ifovisual.info/05/062_en.html

¹³ <http://deepseachallenge.com>

¹⁴ <http://deepseachallenge.com/the-expedition/rolex-deepsea-history/>



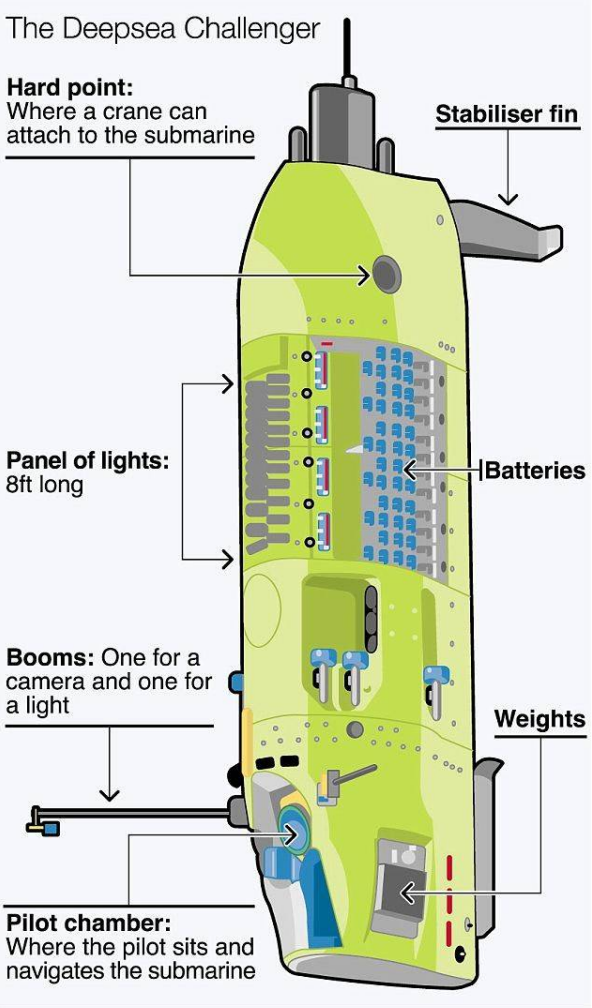
DeepSea Challenger

O Deepsea Challenger foi fabricado na Austrália, sendo o construtor Acheron Project Pty Ltd. O chefe da equipe foi Ron Allun, responsável pela elaboração do material para a espuma que reduz a densidade do submarino. Este material, denominado isofloat, tem forte resistência à compressão, sendo composto de resina contendo bolas de vidro ocas, que fazem o papel da gasolina no Trieste, o de reduzir a densidade e tornar o batiscafo capaz de flutuar sem o contrapeso. O isofloat tem uma densidade de 0,7 e preenche 70% do batiscafo. O peso total é menos de um décimo do Trieste, o que facilita seu tempo de subida e descida.

Deepsea Challenger submarine

Hollywood director James Cameron has completed his journey to the deepest point of the ocean

Cameron used a specially designed submarine to dive nearly seven miles in the Mariana Trench, about 200 miles south west of the Pacific island of Guam



Press Association Graphic

Source: National Geographic

Em fevereiro de 2012¹⁵ vários outros veículos estavam em desenvolvimento para atingir profundidades similares. Os grupos com projetos em desenvolvimento incluem:

- Triton Submarines, de uma companhia privada, com sede na Florida, que projeta e fabrica submarinos privados, cujo veículo, Triton 36000/3, pretende levar de um a três tripulantes ao ponto mais profundo do mar em cerca de 120 minutos.
- Virgin Oceanic, patrocinado pelo Grupo de Virgin de Richard Branson, que está desenvolvendo um submersível projetado por Graham Hawkes, chamado DeepFlight Challenger, em que um único tripulante descerá ao ponto mais profundo do mar em 149 minutos.
- DOER Marine, de uma companhia com sede em São Francisco, que está desenvolvendo o veículo Deepsearch (Ocean Explorer HOV Unlimited) com algum apoio de Eric Schmidt, da Google, e que pretende atingir o ponto mais fundo do mar em cerca de 90 minutos.

Jialong (China)

A China, com o desenvolvimento de um submersível denominado Jiaolong, acaba de entrar nesta corrida com objetivos que estão longe do simples desafio de conhecer novas fronteiras. O nome vem de um dragão da água da mitologia chinesa. Ele foi concebido para atingir 7.000 m de profundidade. Em Julho de 2011, estava sendo testado para mergulhar a 5.000 m.

O submersível chinês, embora concebido dirigido para atividades de pesquisa, também pode ser empregado em atividades de exploração mineral. Dispõe de visores de observação, braços mecânicos e meio de propulsão. Sua tripulação foi treinada nos EUA, utilizando o submarino Alvin, que é abordado a seguir.

Em 25 de Junho de 2012, o Jialong atingiu a profundidade de 7.020 m, que é seu novo recorde. O veículo, na ocasião, era tripulado por três "oceanautas", recebidos na China como heróis nacionais. Todos os detalhes de uma missão anterior de 47 dias, anunciada em 2011, foram considerados secretos. Em Julho de 2012, em

¹⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Deepsea_Challenger

solenidades comemorativas do recorde de profundidade na China, o submersível foi exposto à visita pública.



Jialong

Um detalhe interessante é que o Jialong é parte do programa 863 da China¹⁶, de alta tecnologia, que também se ocupa da estação espacial Shenzhou.

O governo chinês pretende assumir posição destacada na exploração de depósitos minerais no fundo do mar. No contexto, assinou um acordo com a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (International Seabed Authority – ISA) para mapear uma área de 30.000 milhas quadradas no Pacífico. A China, que tem limitados recursos naturais, estaria se habilitando para explorar, com licença da ISA, recursos minerais que vão desde o petróleo até o cobre e o carvão¹⁷, segundo Wang Pinxian, chefe do Laboratório Estatal de Geologia Marinha de Universidade de Tongji.

¹⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/863_Program

¹⁷ http://news.xinhuanet.com/english/photo/2012-07/16/c_131718236_7.htm

Alvin (EUA)

O Alvin¹⁸, lançado em 1964 pelos EUA, protagonizou várias missões importantes, como a recuperação de uma bomba H perdida no Mediterrâneo (acidente de Palomares, sobre a Espanha, com um B52, durante abastecimento em voo¹⁹) e a localização de um submarino de propulsão nuclear naufragado, armado com torpedos nucleares (USS Scorpion SSN-589²⁰). O próprio Alvin também naufragou (1968) e esteve alguns anos afundado, sendo recuperado posteriormente (1973). Participou, ainda, da monitoração do acidente da BP no Golfo do México. Ou seja, houve participação de autoridades americanas monitorando o mencionado acidente petrolífero.



Alvin

¹⁸ http://pt.wikipedia.org/wiki/DSV_Alvin

¹⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/1966_Palomares_B-52_crash

²⁰ [http://pt.wikipedia.org/wiki/USS_Scorpion_\(SSN-589\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/USS_Scorpion_(SSN-589))

Os trabalhos realizados com o Alvin deram origem a cerca de 2.000 artigos científicos. Em 2011, estava sendo remodelado, sendo prevista a instalação de um novo habitáculo (esfera inferior) de titânio, um pouco maior que o original. O Alvin pesa 17 toneladas e tem lugar para dois cientistas e um piloto. Outras unidades similares da linha Alvin foram construídas para a Marinha, mas somente o Alvin presta serviços à National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA).

Em Agosto de 2004, a National Science Foundation anunciou a criação de um Human Occupied Vehicle (HOV) capaz de atingir os 6.500 m de profundidade, de acordo com notícia publicada no site da Woods Hole Oceanographic Institute (WHOI). Esse tipo de unidade deverá substituir os da classe Alvin, capazes de mergulhar somente até 4.500m. Devido a leis de restrição de exportação, este tipo de submersível não pode ser vendido para fora dos EUA.

Mir (Rússia)

O MIR²¹ é um DVS russo capaz de transportar três tripulantes e atingir 6000 m de profundidade. A esfera de contenção tem 2 m de diâmetro e é feita de uma liga aço-níquel.



MIR

²¹ [http://en.wikipedia.org/wiki/Mir_\(submersible\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Mir_(submersible))

Nautile (França)

O Nautile é capaz de atingir uma profundidade de 6000 m. Utiliza tecnologias derivadas do desenvolvimento de submarinos nucleares e é operado pelo Instituto Francês para a Exploração do Mar (IFREMER).



Nautile

Trabalha principalmente em pesquisa, mas também atende demandas especiais do governo francês. Recentemente se ocupou da procura dos restos do avião da Air France que caiu no mar em voo Rio de Janeiro - Paris.

Shinkai 6500 (Japão)

O DVS japonês Shinkai 6500 operou, recentemente, ao largo de nosso litoral, por força de um convênio firmado entre o Brasil (Serviço Geológico do Brasil) e o Japão (Agência Ciência e Tecnologia para o Mar e a Terra), a partir do Navio-Oceanográfico Yokosuka. O Shingai, capaz de mergulhar até 6.500 m, manteve o recorde de profundidade para esse tipo de veículo, até 2012.

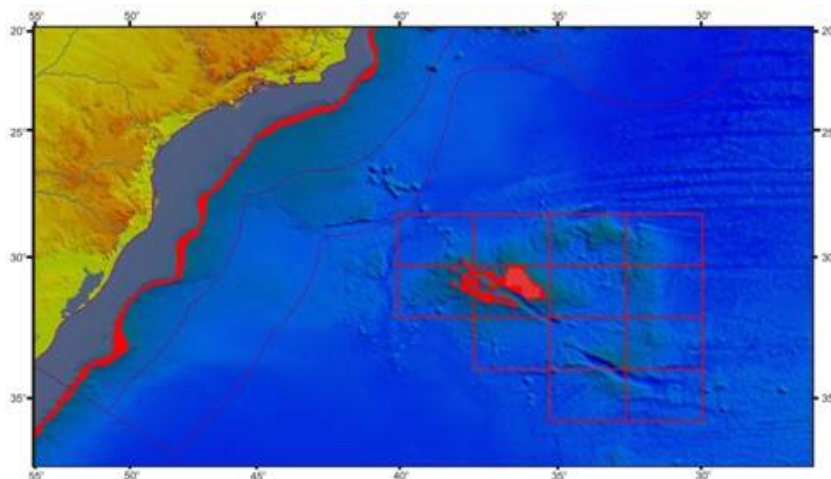
Segundo a imprensa (O Globo, 7 de maio de 2013²²), a expedição conjunta denominou-se latá-Piuna (o que, em tupi guarani significa “navegando em águas profundas”). Cientistas brasileiros participaram das atividades de coleta de amostras no fundo do mar, em sete expedições, em profundidades de cerca de 2.000 m. Os trabalhos incluíram a Dorsal de São Paulo e iriam estender-se ao Platô de mesmo nome.



Shinkai 6500

Em outra área de trabalho, a Elevação do Rio Grande, foram encontradas claras evidências de que tal região submarina constituir-se-ia parte submersa de nosso litoral, configurando o que está sendo denominado de “Atlântida Brasileira”. Cabe indicar que, a se confirmarem tais primeiras evidências, o fato poderá assumir importantes implicações no que respeita à demarcação de nossa plataforma continental.

²² <http://oglobo.globo.com/ciencia/encontrada-no-fundo-do-oceano-atlantida-brasileira-8311057>



Topografia geral da Elevação de Rio Grande. Os retângulos indicam a localização de folhas cartográficas da região, na escala de 1:1.000.000. ²³

DSRV Deep Submergence Rescue Vehicle (EUA)

Os dois Deep Submergence Rescue Vehicle – DRSV²⁴ da US Navy (Mystic e Avalon) são veículos de submersão profunda usados para socorro e salvamento de submarinos avariados ou em missões de inteligência. DRSV é um termo usado pela Marinha America. Outras marinhas utilizam outras siglas para o mesmo tipo de veículo.

²³ Op cit., Capítulo V – Recursos Minerais, p. V-11.

²⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Deep-submergence_rescue_vehicle



DSRV

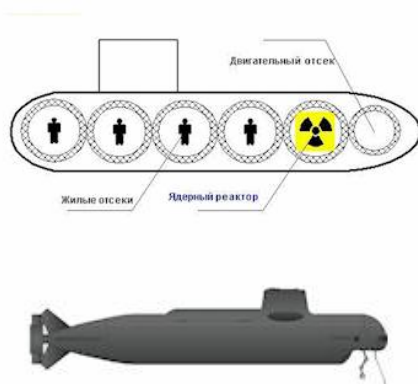
O DSRV é projetado para resgatar 24 pessoas ao mesmo tempo, em profundidades de até 600 m (2.000 pés). Atinge a profundidade máxima de 1.500 m (5.000 pés). A energia é fornecida por duas baterias de grande porte, a vante e a ré, que alimentam os sistemas de suporte elétrico, hidráulico e de sobrevivência. Ele pode acoplar-se ao submarino em dificuldade, mesmo que adernado de 45° e ser transportado por um avião do tipo C-5 Galaxy Lockheed da Força Aérea Americana. Austrália, China, França, Noruega, Reino Unido, Coreia, Rússia, e até Singapura têm esse tipo de veículo.

Embora a profundidade de operação desses veículos seja inferior aos dos anteriormente tratados, a presença deste tipo de veículo em tantas marinhas significa que o desenvolvimento de um veículo capaz de atingir grandes profundidades tem sinergia com os veículos de socorro e salvamento submarino.

3. Submarinos Nucleares de Pequeno Porte

Losharik (Rússia)

Dentre os submarinos de pequeno porte pode-se citar ainda o “Losharik” russo²⁵ que seria uma composição de esferas de batiscafo e submarino nuclear capaz de operar até a 6000 m de profundidade. Este navio estaria sendo usado em perfurações exploratórias no fundo do Ártico.



Losharik

NR-1 (EUA)

Às suas atividades, sempre foi atribuído alto grau de sigilo, pela US Navy. A ele atribui-se a instalação do sistema SOSUS²⁶ de escuta submarina, no auge da Guerra Fria.

Suas principais características eram: deslocamento de 400 toneladas, comprimento de 45 metros, boca de 3,8 metros, e

²⁵ <http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/210.htm>

²⁶ Sound Surveillance System dos EUA para monitorar, através de sinais sonoros, submarinos soviéticos <http://en.wikipedia.org/wiki/SOSUS>

tripulação de 13 homens. Atingia profundidades da ordem de 800 metros e era movido por um pequeno reator nuclear²⁷.



NR-1

4. Os ROV no Brasil

Os HOV, acima mencionados, se contrapõem aos ROV (Remotely Operated Vehicle). O ROV é extensivamente usado na exploração de petróleo inclusive no Brasil. Existem empresas que se especializam em locação de ROV para a indústria do petróleo. É o caso, por exemplo, da Fugro²⁸. No Guia Oil & Gas Brasil, quatorze empresas oferecem serviços de ROV²⁹.

27

http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR1395/MR1395.ch2.pdf

²⁸ <http://www.fugro-br.com/rov.asp>

²⁹ <http://www.guiaoilegas.com.br/>



FCV 3000 da Furg

Mais baratos do que os HOV, permitem a participação simultânea de pesquisadores de várias áreas em cada operação, graças a projeção das imagens obtidas em telas de vídeo, nos laboratórios dos navios a partir dos quais operam.

Seu uso em explorações científicas é bastante limitado em nosso país. Publicação do Cembra³⁰ já apontava, como possível Projeto Estruturante, o desenvolvimento de submersível para pesquisas, no País. À época (2010), somente USP e Labomar/UFC possuíam veículos ROV deste tipo, mas limitados a cerca de uma centena de metros de profundidade. Na Marinha do Brasil, o seu Instituto de Pesquisas – IPqM – já efetuava estudos sobre componentes essenciais dos ROV, parte de programa mais amplo. A Furg (Universidade Federal do Rio Grande) tem um programa visando a construção de ROV, com trabalhos experimentais na área.

Recentemente, chegou ao País o ROV denominado Glider (primeiro de três), operado pela firma Prooceano, para explorar o litoral entre o Rio de Janeiro e São Paulo, na área do pré-sal. Os trabalhos, que constituem o chamado Projeto Azul, visam obter informações científicas que serão analisadas em laboratório da Coppe, visando o desenvolvimento de um modelo matemático capaz

³⁰ Conceitos Básicos e Estratégia, 5ª atualização, 01 jul. 2010 (encontrado em www.cembra.org.br).

de prever as condições oceanográficas, a exemplo da previsão meteorológica. Tal ROV pode submergir até 1.000 m. Movido a bateria de lítio, tem autonomia de seis meses e é capaz de coletar dados sobre temperatura da água, pressão, oxigênio dissolvido, nível de turbidez e clorofila³¹.

As atividades do pré-sal propiciaram uma intensa procura por ROVs, já estando em curso esforços para produzi-los no Brasil. O primeiro ROV parcialmente fabricado no País, Brasil, tipo Light Work Class, alcançaria 30% de nacionalização³². A expectativa é que tal o ROV, chamado Dragão do Mar, possa executar até 60% das operações submarinas possíveis, como atividades de montagem, inspeção e manutenção, coleta de materiais e pesca, entre outras. O equipamento, que é mais leve e possui menores dimensões que os ROVs tradicionais, terá capacidade para operar em lâmina d'água de até 3.000 m de profundidade. A Armtec, uma das empresas responsáveis pelo projeto, já desenvolveu ROVs capazes de operar até 300m e faz parte da incubadora de empresas da Universidade Federal do Ceará. A empresa também está desenvolvendo um ROV-AUV para a Marinha do Brasil, projeto orçado em R\$ 3 milhões, sendo R\$ 2,6 milhões financiados pela Finep. O equipamento atuará como varredura de minas submarinas, mas também poderá ter aplicações na indústria de óleo e gás.

5. O Brasil na Exploração do Mar Profundo

O Brasil deveria criar um programa de governo cujo objetivo maior fosse avançar na fronteira do conhecimento tecnológico no Mar Profundo, com o propósito de explorar nossa plataforma continental e regiões da “Área”, de nosso maior interesse. A atuação científica e a tecnologia brasileira na fronteira do mar profundo são ainda modestas em relação a seu interesse econômico e estratégico para o País. No entanto, o mar profundo já é uma prioridade econômica, na medida em que nosso petróleo vem e virá de águas profundas.

Esta é uma área tecnológica de ponta e a exploração do pré-sal, entre outras circunstâncias, cria todas as condições para que passemos a atribuir prioridade à solução do problema: a construção

³¹ O Globo, RJ, Robô chega à Bacia de Campos para estudar mar sobre o pré-sal. 5 mar. 2013, p. 32.

³² <http://portalmaritimo.com/2012/06/01/rov-nacional-com-30-de-conteudo-local/#more-23148>

(ou a obtenção, de forma mais ampla) de um submersível com capacidade para três ou quatro tripulantes/cientistas visando a realização de pesquisas científicas/exploração mineral.

Uma etapa intermediária seria buscar uma participação no esforço atual de levar veículos monotripulados a grandes profundidades. A empreitada mostrou-se ao alcance de empreendedores privados (National Geographic, Google e outras empresas) como já ocorrera, 50 anos atrás, na fabricação do Trieste, graças a iniciativa suíço-italiana, com a participação da Rolex.

Associar-se ou até mesmo comprar um desses veículos (como fizeram os americanos quando se interessaram pelo Trieste) seria um caminho. No momento, parece que não existe um impedimento explícito à exportação ou transferências de tecnologia envolvendo projetos de menor porte de HOVs existentes, embora os três outros anteriormente citados (além do de Cameron), sejam americanos e possivelmente sujeitos a algum tipo de restrição de transferência de tecnologia.

Na área dos multitripulados, as dificuldades para obter tecnologia externa podem ser maiores, pelo menos em relação aos EUA, mas existem alternativas como a MIR russa, e o Nautille Francês. Este, quem sabe, poderia ser objeto de uma extensão do acordo já vigente entre o Brasil e a França para construção de submarinos. O que não parece lógico é o Brasil estar ausente nesta área de ponta tecnológica.

Esta iniciativa seria apenas uma, no contexto do grande esforço científico/tecnológico que se faz necessário para que o País avance no estratégico conhecimento das águas profundas e no domínio das essas tecnologias correlatas.

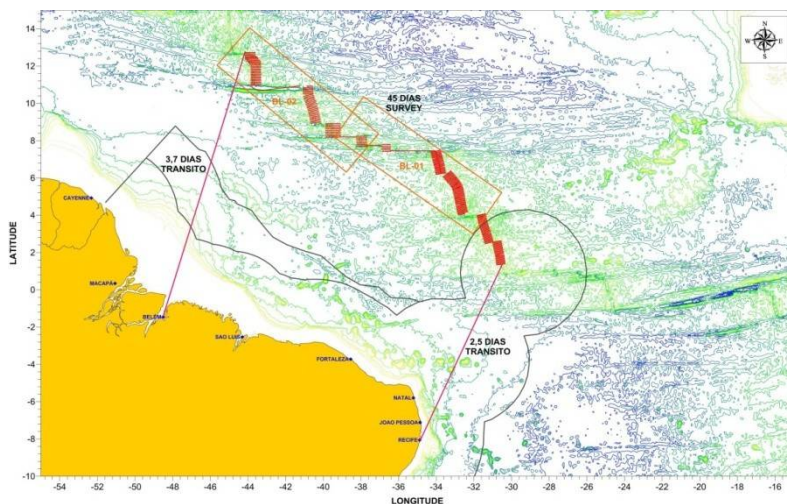
Todos estes DSV têm contribuído para a elaboração de milhares de trabalhos científicos. No Brasil, além de servir de plataforma para tais atividades científicas, tais veículos submarinos serviriam para formar e manter grupos de cientistas trabalhando em áreas que dariam retorno às atividades de exploração das riquezas do fundo do mar.

Vale, nesta altura do trabalho, indicar que, já na primeira edição de "O Brasil e o Mar [...]", pelo Centro de Excelência para o Mar Brasileiro (Cembra), em 1998 (com repetição em sua segunda edição - 2012), consta o seguinte:

“Outro ponto a ser considerado, com a indispensável utilização da Marinha e da Petrobras, seria a análise de alternativas que viabilizem o início, no País, da familiarização de grupos de pesquisa com veículos subaquáticos, tripulados ou não, que permitam o estudo de fenômenos oceanográficos e/ou possibilitem o desenvolvimento de tecnologias por observação direta, abaixo da superfície”.

Com a inclusão do MCTI, tal consideração é muito atual, nos dias que correm, cabendo reafirmar a disposição do Cembra em conduzir estudos exploratórios neste sentido.

A obra acima citada, já com edição virtual posterior à segunda, alinha informações, no capítulo V – Recursos Minerais, sobre a importância política e estratégica, senão até geopolítica, de o Brasil lançar-se à exploração mineral dos recursos minerais existentes em sua plataforma e, mirando o futuro, dos recursos minerais das áreas contíguas da “Área”, de maior interesse. A propósito, Programa conduzido pelo Serviço Geológico do Brasil – o Proarea – já tem os primeiros resultados sobre ocorrências de minérios em nossa plataforma e em certas regiões contíguas da “Área”, para o que foram utilizados o NHI Canopus, da Marinha do Brasil e contratados dois outros navios oceanográficos estrangeiros: o NO Marion Dufresne, do Instituto Polar Francês e o NO Ocean Stalwart. Para a indispensável complementação de tais levantamentos, o País viu-se obrigado a utilizar, como já mencionado, o DVS japonês Shinkai 6500. A disponibilidade de um DVS nacional para a realização de tais trabalhos, de vital importância estratégica para o País, permitiria evitar a dependência de submersíveis estrangeiros.



Localização geral da área mapeada pela CPRM na Cordilheira Meso-Atlântica, visando a identificação de depósitos hidrotermais associados à presença de sulfetos polimetálicos³³

A construção de um submersível como o Deepsea Challenger australiano parece perfeitamente ao alcance dos recursos nacionais, já que tanto sua construção como a do Trieste há sessenta anos atrás foram praticamente financiados pela iniciativa privada em sua versão inicial.

A etapa seguinte seria a construção pela Marinha do Brasil de um DSV nacional que poderia aproveitar a experiência francesa de construção do Nautilus, dentro do acordo vigente com a França ou em cooperação com outros países que detêm essa tecnologia. Esse tipo de minissubmarino de águas profundas é visto como instrumento essencial para a exploração das riquezas do fundo do mar e no atendimento de eventuais emergências.

Como uma janela para o futuro, a Rússia já está ensaiando o uso de um minissubmarino nuclear para a exploração em águas profundas. Como se sabe, a necessidade de calor e força motriz é um dos grandes obstáculos na exploração do petróleo ou outro recurso mineral no mar profundo.

³³ Op. cit. Cap. V – Recursos Minerais.

Como disse o Presidente Kennedy quando engajou os EUA no projeto Apolo, este é um novo oceano que devemos navegar. Na verdade o Brasil parece já estar navegando no mar profundo. Falta assumir esta tarefa como um Desafio Nacional.

Conteúdo de carbono por energia contida em troncos e galhos de 11 espécies do cerrado.

Ailton Teixeira do Vale^{*}; Frederico de Souza^{*}

Resumo: A avaliação das emissões de gases de efeito estufa e das medidas de mitigação do efeito que provocam passa pelo conhecimento do conteúdo de carbono nos materiais existindo ainda carência de medidas para a biomassa de madeiras no Brasil.

Palavras Chave: biomassa, poder calorífico, conteúdo de carbono, gases de efeito estufa, GEE, Brasil.

Abstract: The evaluation of greenhouse effect gases emissions and mitigation measures regarding their effect needs the knowledge of carbon content in the materials but there is still a gap of measurements regarding biomass from wood in Brazil.

Keywords: biomass, calorific value, carbon content, greenhouse effect gases, Brazil.

Autores:

(*) Professor Associado II. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. ailton.vale@gmail.com.

(*) Doutorando em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. fredericodesouza@hotmail.com.

1. Introdução

O Brasil faz parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e tem o compromisso de realizar levantamentos periódicos das emissões de gases causadoras do efeito estufa. A abordagem padrão para as emissões de gases do efeito estufa, definida pelo IPCC (International Panel on Climate Change), segundo Ferreira (2006), está mais voltada para perfis energéticos em que a biomassa é menos importante, em função do

seqüestro do dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera pelo processo fotossintético.

No entanto, segundo o mesmo autor, deve ser dado um tratamento mais cuidadoso para a biomassa no que tange às suas emissões, primeiro pela significativa participação da biomassa na matriz energética brasileira; segundo pela inclusão do metano (CH₄), um gás contabilizado nas emissões da biomassa, no inventário e por último a importância do conhecimento dos mecanismos de reciclagem do carbono na atmosfera a partir da biomassa para uma melhor compreensão do fenômeno do aquecimento global.

Com 62 % de seu território coberto por florestas, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de madeira destinada ao setor energético (FAO, 2011), tendo consumido em 2010, 84.100.000 toneladas de lenha na forma direta ou transformados em carvão vegetal (BEN, 2011), sendo 37.401.613t de lenha de origem nativa, daí a importância da biomassa e mais especificamente, a madeira nativa no cenário energético brasileiro.

Os coeficientes (fc) utilizados para exprimir o teor de carbono por energia contida no combustível são indispensáveis no cômputo das emissões de gases do efeito estufa. No entanto, segundo Alvim et al. (2005) os coeficientes utilizados para a lenha, e por conseguinte para biomassa, são menos confiáveis quando comparados com outros combustíveis e desta forma a determinação da massa de carbono contida também é menos confiável.

O IPCC (1996) recomenda $fc=29,9 \text{ tC/TJ}$ usado na aproximação "Top-Down". Alvim et al. (2005) utilizaram $fc=25,5 \text{ tC/TJ}$ para realização de um balanço de carbono nas emissões causadoras do efeito estufa. Ferreira (2006), baseando na madeira de eucalipto como representativa para uso energético e utilizando um valor médio de carbono e de poder calorífico inferior, sugere $fc=28,6\text{tC/Tj}$.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo determinar o coeficiente de teor de carbono por energia contida na biomassa aérea de madeira e casca de 11 espécies do cerrado.

2. Metodologia

As árvores foram coletadas em uma área de 63,54ha da Fazenda Água Limpa, de propriedade da Universidade de Brasília, baseado na metodologia utilizada por Vale (2000). Para cada espécie foi coletada pelo menos uma árvore, de acordo com ocorrência no

local. De cada árvore foram retirados discos de 2,5cm de espessura ao longo do tronco nas posições correspondentes a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura do tronco. A madeira foi separada da casca em laboratório, foi picada, moída em moinho de faca, classificada em peneira de 60mesh. Amostras compostas de cada espécie foram submetidas ao ensaio de análise elementar para determinação dos teores de carbono.

O poder calorífico superior da madeira foi determinado segundo a norma ABNT NBR 8633. O poder calorífico inferior, em base seca, foi obtido pela expressão de Kollmann e Coté (1968):

$$PCI = [PCS - 600 (U+9h)] / (1+u)$$

Onde:

PCI – poder calorífico inferior (kj/kg)
 PCS – poder calorífico superior (kj/kg)
 h – teor de hidrogênio em base seca
 u – umidade (%)

Simplificada para umidade a 0%:

$$PCI = PCS - 540 (9h)$$

E para teor de hidrogênio de 6% (Oliveira et. al., 1982).

$$PCI = PCS - 296,46$$

A quantidade de carbono por energia contida na lenha, dado em tonelada de carbono por tera joule de energia foi determinada pela expressão (Ferreira, 2006):

$$f_c = (C/PCI) * 10^6$$

Onde:

f_c – conteúdo de carbono por energia contida na lenha (tC/Tj)
 C – quantidade de carbono por unidade de massa de lenha (t)
 10^6 – constante para transformar o resultado para tC/Tj.

O teor de carbono por energia contida na lenha, para as 11 espécies do cerrado, foi calculado por uma média ponderada, onde a frequência das árvores por espécie foi considerada como fator de ponderação.

3. Resultados.

Observa-se na Tabela 1 uma variação nos teores de carbono da madeira, entre 45,73% (*Blepharocalix salicifolium*) a 48,95% (*Pterodon pubescens*), com média de 47,41%. Oliveira et. al., 1982 apresentam uma tabela com os resultados de pesquisas de cinco autores acerca da análise elementar da madeira e os valores médios apresentados para a condição anidra; de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio são, respectivamente, 49,7%, 43,5%, 6,0% e 0,3%.

Para a madeira de eucalipto a presença da casca no cômputo da bioenergia total por árvore não tem muita importância, uma vez que a relação madeira/casca é alta. No caso das espécies do cerrado, onde a ocorrência de incêndios florestais é recorrente, as árvores protegem seus câmbios com a casca, cujo volume pode ser maior que o de madeira na fase jovem, para algumas espécies. Assim é importante o estudo da produção de casca das espécies de cerrado, bem como a análise elementar de sua estrutura. Desta forma na Tabela 2 estão apresentados os valores dos teores carbono elementar para a casca variando de 42,26% (*Schefflera macrocarpum*) a 51,27% (*Ouratea hexasperma*), com média de 48,16%.

Com os valores médios dos teores de carbono para madeira e para a casca e considerando 6% de hidrogênio para ambos e os poderes caloríficos inferiores foram determinados os conteúdos de carbono por energia contida das 11 espécies estudadas. A média encontrada foi de 24,12 tC/Tj para a madeira e de 23,75 tC/Tj para a casca.

A média ponderada tendo como fator de ponderação o número de árvores que ocorre por espécie foi de 23,86tC/Tj para madeira e 23,67tC/Tj para a casca e a média geral ponderada para madeira+casca foi de 23,76tC/Tj.

4. Conclusão

A biomassa aérea das 11 espécies de cerrado (tronco com diâmetro acima de 5cm, tomado a 30cm do solo e galhos com diâmetro acima de até 3cm) apresentou um valor médio de carbono para a madeira e para a casca de 47,41 e 48,16%, respectivamente. Os poderes caloríficos médios, em base seca, apresentados pelas espécies de cerrado foram elevados quando comparados com a

madeira de eucalipto e iguais a 19.844kJ/kg para a madeira e de 20.284kJ/kg para a casca. Com estes elevados poderes caloríficos, essas espécies de cerrado apresentam um valor médio de 23,76tC/Tj de energia contida na biomassa dessas espécies, ou seja, uma diferença de 6,34tC/Tj de energia em relação ao coeficiente recomendado pelo IPCC, que é de 29,9tC/Tj.

Tabela 1 – Teores de carbono e hidrogênio elementar, poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) e conteúdo de carbono por energia contida na biomassa aérea de madeira e de casca de 12 espécies de cerrado.

Espécies (Madeira)	Nº de árv.	Carbo- no	Poder calorífico (kJ/kg)		Fc (tc/TJ)
			PCS	PCI	
<i>Acosmium dasycarpum</i>	1	49,36	20.884	20.592	23,97
<i>Blepharocalix salicifolium</i>	7	45,73	18.904	18.612	24,57
<i>Caryocar brasiliense</i>	8	47,62	20.256	19.964	23,85
<i>Dalbergia miscolobium</i>	10	48,31	20.495	20.203	23,91
<i>Lafoensia pacari</i>	23	47,10	20.043	19.750	23,85
<i>Ouratea hexasperma</i>	27	47,58	20.620	20.328	23,41
<i>Pouteria ramiflora</i>	29	46,52	20.005	19.713	23,60
<i>Pterodon pubescens</i>	32	48,95	20.733	20.441	23,95
<i>Qualea grandiflora</i>	33	47,09	19.825	19.533	24,11
<i>Qualea parviflora</i>	35	46,85	19.716	19.424	24,12
<i>Schefflera macrocarpum</i>	37	46,39	19.842	19.550	23,73
Média		47,41	20.136	19.844	24,12
Média ponderada*					23,86

Tabela 1 (Continuação):

Espécies (Casca)	Nº de árv.	Carbo- no	Poder calorífico (kJ/kg)		fc (tc/TJ)
			PCS	PCI	
<i>Acosmium dasycarpum</i>	1	48,75	21.269	20.977	23,24
<i>Blepharocalix salicifolium</i>	7	46,13	20.114	19.822	23,27
<i>Caryocar brasiliense</i>	8	48,06	19.930	19.637	24,47
<i>Dalbergia miscolobium</i>	10	48,86	21.332	21.040	23,22
<i>Lafoensia pacari</i>	23	50,31	20.876	20.583	24,44
<i>Ouratea hexasperma</i>	27	51,27	21.889	21.597	23,74
<i>Pouteria ramiflora</i>	29	50,92	21.236	20.943	24,31
<i>Pterodon pubescens</i>	32	48,19	20.587	20.295	23,74
<i>Qualea grandiflora</i>	33	47,75	19.766	19.474	24,52
<i>Qualea parviflora</i>	35	47,01	19.524	19.231	24,45
<i>Schefflera macrocarpum</i>	37	42,26	20.319	20.027	21,10
Média		48,16	20.576	20.284	23,75
Média ponderada*					23,67

*Média ponderada pelo número de árvores por espécie.

Referências bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8633: Carvão vegetal: determinação do poder calorífico, 1984.

BEN – Balanço Energético Nacional 2011: Ano base 2010. Ministério das Minas e Energias. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2011. 267p.

IPCC - International Panel on Climate Change. Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions – Revised IPCC Guidelines for

National Greenhouse Gas Inventory, Vol. 1,2,3 – IPCC,IEA, OECD. 1996.

KOLLMANN, F. ; CÔTÉ Jr., W. A. Principles of wood science and technology in solid wood. New York: Springer Verlag, 1968. 592 p.

FERREIRA, O.C. Teor de carbono em combustíveis da biomassa. Economia & Energia. Ano X, n.57.. 2006. 5p.

MEGATON, A.S.; Oliveira, R.; Lopes,O.R.; Milagres,F.R.; Piló-Veloso, D.; Colodette,J.L. Composição química da madeira de espécies de eucalipto. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia-SP. 2006.

OLIVEIRA,J.B.; FILHO,A.V.; MENDES,M.G.; GOMES,P.A. Produção de carvão vegetal – aspectos técnicos. Pág. 59-73. In.: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC. Produção e utilização de carvão vegetal. Compilado por Penedo,W.R. Belo Horizonte, 1982. 1v. (Série de Publicações Técnicas, 8).

VALE, Ailton Teixeira Do ; DIAS, I. S. ; SANTANA, M. A. E. . Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. Ciência Florestal (UFSC. Impresso) , v. 20, p. 137-146, 2010.

Seminário Rotas para Vanguarda

Apoio Master:



Apoio:



Revista - Economia e Energia *e-ee* **Economy and Energy**
Editor Chefe: Frida Eidelman [frida@ecen.com]

Organização **Economia e Energia - e-ee - OSCIP**
Diretor Superintendente: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com]

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 2242-2085
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290
Belo Horizonte MG
Internet :<http://ecen.com>.

Editor Gráfico: Marcos Alvim

Parceria:



ECEN - Consultoria Ltda.

Apoio:



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



Remetente:

Revista - Economia e Energia

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 - Centro
CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ