

CONTRIBUIÇÃO DA ENERGIA DE BASE FLORESTAL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Sandra Lucia Soares MAYER - sandra_lsmayer@yahoo.com.br¹; Rodrigo SIMETTI - rodrigo.simetti@gmail.com¹; Rodrigo Medeiros RIBEIRO - rodrigo_medeiros13@yahoo.com.br¹; Dimas Agostinho da SILVA - dimass@ufpr.br².

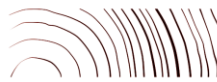
1- Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal - UFPR - Paraná, Brasil.

2- Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal - UFPR - Paraná, Brasil.

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise da contribuição da energia de base florestal (lenha e carvão vegetal) na matriz energética brasileira, e de sua importância no setor industrial. As informações utilizadas foram obtidas a partir de documentos que reúnem dados da matriz energética brasileira. Os dados foram compilados, e analisados para que fosse possível identificar a evolução da oferta e do consumo de combustíveis florestais nos diversos setores, com ênfase no setor industrial. Os resultados mostram que o consumo de energia da biomassa florestal (lenha e carvão vegetal) vem crescendo no cenário brasileiro dentro das fontes de energia renovável. Do total produzido de lenha 38% é transformado em carvão vegetal; 28% são consumidos no setor residencial; 0,3% no setor comercial; 9% no setor agropecuário e 25% no setor industrial. Do total de carvão vegetal produzido, 9% são consumidos no setor residencial; 2% no setor comercial; 0,15% no setor agropecuário e 87% no setor industrial. A maior parte da lenha produzida é utilizada para a produção de carvão vegetal, o maior consumo in natura é do setor residencial seguido do setor industrial. As tendências revelam que as florestas plantadas vem ganhando cada vez mais espaço na produção de lenha e carvão vegetal, em contrapartida a extração de lenha de florestas nativas e a produção de carvão vegetal destas florestas vem decrescendo. Devido entre outras razões, o investimento em tecnologias para melhorar a qualidade da carbonização da madeira e consequentemente a eficiência energética, contribuindo para a qualidade de serviços ambientais, como a redução das emissões do efeito estufa.

Palavras-chave: Carvão vegetal, lenha, biomassa, florestas.

Abstract: The aim of this study was an analysis of forest-based energy contribution (firewood and charcoal) in the Brazilian energy matrix, and its importance in the industrial sector. The information used was obtained from documents which gather data from the Brazilian energy matrix, the data were compiled, and from this it was possible to identify trends in supply and consumption of forest fuels in various sectors, with emphasis on the industrial sector. The power consumption of forest biomass (firewood and charcoal) has been growing in the Brazilian scene within the renewable energy sources. Of the total production of firewood 38% is transformed into charcoal; 28% are consumed in the residential sector; 0.3% in the commercial sector; 9% in the agricultural sector and 25% in the industrial sector. Of the total produced charcoal, 9% are consumed in the residential sector; 2% in the commercial sector; 0.15% in the agricultural sector and 87% in the industrial sector. Most of the produced wood is used for charcoal production, the largest in natura market is the residential sector followed



by the industrial sector. Plantation forests is gaining more space in the production of firewood and charcoal, in contrast to native forests for firewood extraction and charcoal production of these forests is declining. Due among other reasons, investment in technologies to improve the quality of carbonization of wood and consequently the energy efficiency, contributing to the quality of environmental services, such as reducing emissions of the greenhouse effect.

Keywords: Charcoal, firewood, biomass, forests.

1. INTRODUÇÃO

A substituição de combustíveis fósseis por fontes alternativas de energia tem se apresentado como uma forma promissora para a redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE's) oriundas de atividades antrópicas. Outra maneira de reduzir a concentração de GEE's na atmosfera é o sequestro e armazenamento de carbono na biomassa florestal, por meio da recomposição e plantio de florestas. Considera-se como biomassa qualquer material vegetal utilizado diretamente como combustível ou convertido em eletricidade ou calor (IEA - International Energy Agency, 2010).

Dentre as fontes de biomassa utilizadas, a madeira se destaca pelo seu potencial de uso na sua forma in natura (lenha), em produtos processados na forma sólida (carvão vegetal) ou líquida (óleos condensados da pirólise), ou ainda, no aproveitamento de resíduos da atividade florestal (restos de podas, galhos), ou industrial (costaneiras, resíduos de serrarias e laminadoras e briquetes), sendo uma fonte de energia renovável acessível e largamente utilizada ao redor do mundo, principalmente em países em desenvolvimento. (MOREIRA, 2011)

Segundo Goldemberg & Lucon (2007) no sentido de uso e produção de energias renováveis o Brasil apresenta uma relação bastante favorável em comparação ao resto do mundo. Os autores ainda citam que elas representam 41,3 % do consumo nacional total, enquanto no restante do mundo figuram apenas 14,4 %. No país, há dois grandes blocos que dividem tais fontes energéticas em hidrelétricas e de biomassa. Segundo os mesmos autores, como exemplos de tecnologia e produção de energia de biomassa podemos listar: a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, o carvão vegetal proveniente de plantios florestais, a cogeração de eletricidade com o bagaço da cana, o uso da biomassa industrial e florestal.

Conforme o MME - Ministério de Minas e Energia (2009), através dos dados apresentados pelo Balanço Energético Nacional, as diversas energias renováveis produzidas no país tiveram um aumento significativo. Como exemplo, tem-se o aumento de 188,7 % na produção de biodiesel disponibilizado no mercado interno, o aumento da produção de cana-de-açúcar em 1,5 %, e também 20,3 % a mais na produção de etanol. A geração de energia a partir da biomassa florestal merece destaque em virtude de sua importância econômica e ecológica. Esta fonte energética é estabelecida por meio de processos químicos, termoquímicos e biológicos.

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise da contribuição da energia de base florestal (lenha e carvão vegetal) na matriz energética brasileira, e de sua importância no setor industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar este estudo, as informações utilizadas foram obtidas a partir de documentos que reúnem dados da matriz energética brasileira. Os dados foram compilados, e analisados para que fosse possível identificar a evolução da oferta e do consumo de combustíveis florestais nos diversos setores, com ênfase no setor industrial, e seus impactos no setor florestal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004), o consumo de energia é usualmente associado ao grau de desenvolvimento do país. No entanto, a produção, o consumo e os subprodutos resultantes da oferta de energia exercem pressões sobre o meio ambiente e os recursos naturais. A limitação de uso de energia em países em desenvolvimento representa um grande risco e, portanto, o aumento da eficiência energética e do uso de fontes de energia renováveis é fundamental para um desenvolvimento sustentável equilibrando a oferta energética com o a preservação ambiental. Na Figura 1, é possível observar um comparativo da oferta de energias renováveis e não renováveis.

A maior oferta interna de energia, ainda é oriunda de energias não renováveis, tendo como principais fontes os derivados do petróleo e o gás natural, indicando ainda nossa dependência destes combustíveis.

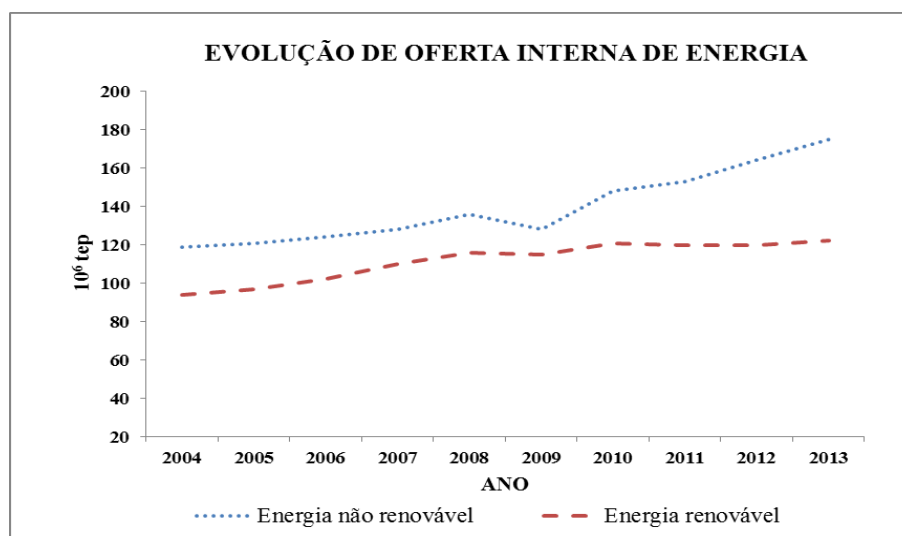


Figura 1. Evolução de oferta interna de energia no Brasil
Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil), 2014.

As principais fontes de energia renovável e suas contribuições na matriz energética brasileira podem ser observadas na Figura 2. Segundo Lamas et al (2013), o aumento da quota da biomassa na matriz energética brasileira está diretamente relacionada com a substituição de óleo combustível por carvão vegetal, a produção de álcool a partir do bagaço de cana-de-açúcar, e a expansão do carvão vegetal em processos metalúrgicos. Uma possível explicação para a cana-de-açúcar ser a fonte de maior contribuição é a existência de uma derivação através da sua reação com o álcool, produzindo um coproduto, hydratedalcohol, também conhecido como bioetanol.



A representatividade do já conhecido potencial hidroelétrico brasileiro é a segunda maior entre as energias renováveis. Beneficiada por sua topografia, essa ainda é uma fonte renovável utilizada e continuará sendo por um bom tempo.

Dentre as fontes, pode-se observar que a participação da biomassa florestal a partir de 2009 vem diminuindo, possivelmente devido à crise internacional que atingiu as indústrias de ferro-gusa, as maiores consumidoras de carvão vegetal, em contrapartida neste mesmo período, percebe-se o crescimento de outras fontes.

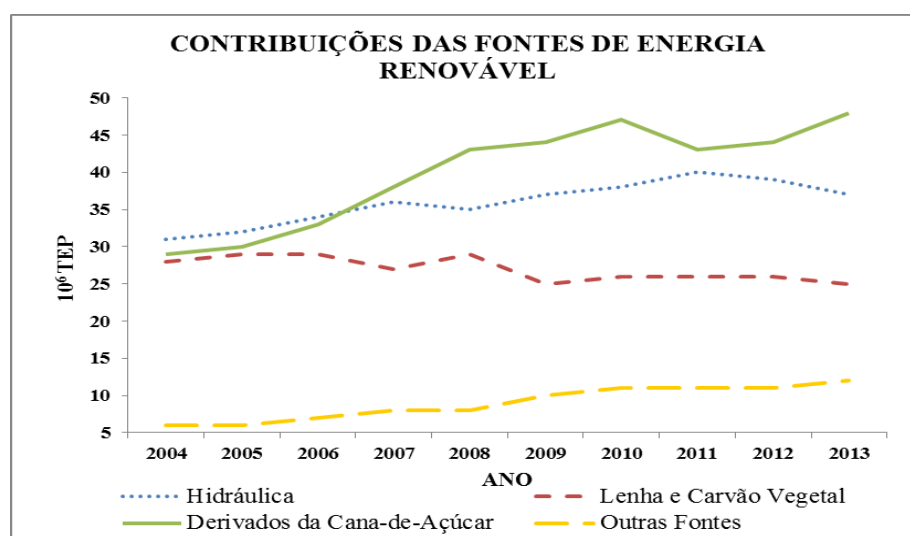


Figura 2. Contribuições das fontes de energia renovável
Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil), 2014.

A Tabela 1 apresenta um resumo da produção de lenha e carvão vegetal no Brasil no período de 2004 a 2013. Podemos observar que neste período o ano de maior produtividade foi em 2008 com 304,110³ton, e 2013 com a menor 255,8 10³ton. Do total produzido de lenha cerca de 38% é transformado em carvão vegetal; 28% é consumido no setor residencial; 0,3% no setor comercial; 9% no setor agropecuário e 25% no setor industrial. Sendo que a maior parte se destina à produção do carvão vegetal e o maior consumidor in natura é o setor residencial.

Do total de carvão vegetal produzido aproximadamente 9% é consumido no setor residencial; 2% no setor comercial; 0,15% no setor agropecuário e 87% no setor industrial. A produção de carvão vegetal é quase toda consumida pelo setor industrial, os demais setores tem pequena participação no consumo. O setor comercial é inexpressivo no consumo de biomassa florestal para a produção de energia.



Tabela 1. Fontes de energia primárias e secundárias da biomassa florestal no Brasil

FONTES DE ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL										
FONTES PRIMÁRIAS – LENHA (10³ TON)										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Produção	293,3	295,7	296,5	297,8	304,1	256,1	270,5	270,5	267,2	255,8
Consumo Total	293,3	295,7	296,5	297,8	304,1	256,1	270,5	270,5	267,2	255,8
Transformação	129,4	128,0	125,7	128,0	128,7	83,5	93,1	99,8	95,9	87,4
Geração elétrica	1,3	1,3	2,1	1,8	3,2	2,3	3,2	3,0	3,2	3,5
Produção de Carvão Vegetal	128,1	126,7	123,6	126,3	125,5	81,2	89,9	96,9	92,7	83,9
Consumo Final	163,9	167,7	170,8	169,7	175,4	172,6	177,4	170,7	171,4	168,4
Residencial	84,0	85,7	86,1	81,3	80,2	78,3	75,7	67,7	67,3	59,7
Comercial	0,74	0,76	0,77	0,81	0,81	0,84	0,93	0,99	1,0	1,0
Agropecuário	22,2	22,7	23,3	24,5	26,4	25,0	26,3	25,4	25,2	27,5
Industrial	57,0	58,6	60,4	63,1	68,0	68,3	74,5	76,6	77,8	80,2
FONTES SECUNDÁRIAS - CARVÃO VEGETAL (10³ TON)										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Produção	15,6	15,3	14,8	15,4	15,3	9,8	11,4	11,8	11,3	10,2
Consumo Total	15,2	15,0	14,6	15,0	14,9	9,5	11,1	11,5	11,0	10,0
Importação	0,08	0,14	0,25	0,02	0,002	0,002	0,002	0	0	0
Consumo Final	15,2	15,0	14,6	15,0	14,9	9,5	11,1	11,5	11,0	10,0
Residencial	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,2	1,2	1,1	963
Comercial	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,21	0,22	0,22	0,22
Agropecuário	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Industrial	13,8	13,6	13,2	13,5	13,4	7,9	9,7	10,1	9,6	8,8

Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil), 2014.

O maior consumidor de energia procedente de biomassa florestal é o setor industrial, tendo um consumo de 11.367 10³tep em 2013, o segundo maior consumidor é setor residencial com 6.143 10³tep, cerca de 45% menos do que o primeiro colocado (EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil), 2014).

Dentro do setor industrial a energia oriunda de biomassa florestal é consumida de formas diferentes entre os subsetores, como é possível observar na Tabela 2.



Tabela 2. Consumo de energia de base florestal no setor industrial brasileiro

CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL										
LENHA (TON)										
ANO/ SETOR	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Cimento	0	0	0	0	0	0	0	94	177	100
Ferro-gusa e aço	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferroligas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Química	158	161	168	165	165	145	158	155	152	161
Não ferrosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Têxtil	300	300	303	310	306	284	297	245	235	229
Alimentos e bebidas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papel e celulose	3.674	3.781	4.039	4.181	4.432	4.674	4.881	4.890	4.942	5.213
Cerâmica	5.197	5.516	5.684	6.081	6.845	6.713	7.339	7.700	7.929	8.487
Outras	2.332	2.268	2.335	2.426	2.574	2.526	2.819	2.897	2.868	2.926
CARVÃO VEGETAL (TON)										
ANO/ SETOR	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Cimento	440	385	404	344	385	85	98	276	220	198
Ferro-gusa e aço	7.588	7.437	7.176	7.392	7.243	4.217	5.220	5.406	5.167	4.676
Ferroligas	1.003	1.025	1.034	1.107	1.130	873	1.022	916	898	842
Química	25	26	26	26	26	28	31	31	29	29
Não ferrosos	12	12	12	14	14	12	14	14	15	17
Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alimentos e bebidas	2.743	2.807	2.834	2.918	3.094	3.156	3.509	3.579	3.590	3.519
Papel e celulose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerâmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Outras	15	15	15	17	17	17	19	20	20	20

Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil), 2014.

A indústria de cerâmica é o maior consumidor de energia oriunda da lenha, pois este combustível é amplamente utilizado nos fornos secadores da cerâmica.

O carvão vegetal é a fonte de energia mais utilizada pela indústria de ferro-gusa e aço, é também usado como redutor para produzir ferro metálico a partir do minério de ferro. Este combustível melhora a qualidade do ferro-gusa e do aço produzido, por não conter enxofre em sua composição, aumentando assim, o preço final do produto (UHLIG et al, 2008).

Segundo dados da ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (2013), no ano de 2012 cerca de 38,7% das florestas plantadas foram destinadas à produção de carvão vegetal, lenha e outros produtos florestais. Os principais estados brasileiros produtores de lenha são o Rio Grande do Sul e o Paraná, a qual é proveniente de florestas do gênero *Pinus* e consumida em quase sua totalidade nos estados da região Sul e Sudeste do país. Em regiões mais quentes, a lenha é proveniente de plantios do gênero *Eucalyptus*, é consumida principalmente nos estados do Pará, Mato Grosso e Bahia. As



florestas energéticas (denominadas assim, aquelas que são plantadas e manejadas com a finalidade energética), contribuem para o crescimento sustentável dos setores industriais consumidores de biomassa florestal.

A figura 3 apresenta a quantidade de lenha e carvão vegetal originados da extração vegetal e da silvicultura.

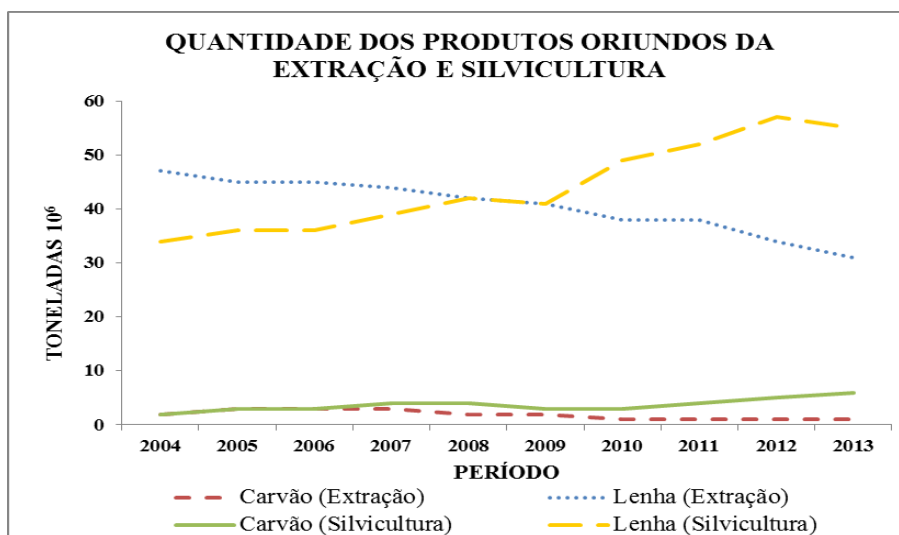


Figura 3. Quantidade dos produtos oriundos da extração vegetal e silvicultura
Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004 a 2013.

No período de 2004 a 2006 o carvão vegetal do extrativismo e o da silvicultura era produzido em quantidade semelhante, a partir desta data o carvão vegetal proveniente da silvicultura aumentou, em contrapartida o extraído de florestas nativas vem decrescendo, possivelmente, segundo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013) este fato ocorre devido à demanda industrial, o preço, a disponibilidade de mão de obra para a coleta e a atuação de órgãos ambientais que controlam e fiscalizam a atividade, que ora liberam a abertura de áreas para a prática da agricultura, ora intensificam a fiscalização, fechando serrarias e carvoarias. As condições climáticas da região também interferem na atividade extrativista.

A lenha extraída de florestas nativas era maior do que a lenha produzida a partir de florestas plantadas no período de 2004 a 2008, quando em 2009 a situação sofre uma inversão. Este fenômeno pode estar associado à crise financeira internacional iniciada em 2007 e agravada em 2008, que segundo BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil, 2009) a queda dos preços das commodities impactou setores que tinham a liderança de investimentos nas indústrias de extração de petróleo e minério de ferro, siderurgia e papel e celulose.

O consumo de carvão vegetal aumentou principalmente o de florestas plantadas, devido a alguns fatores, entre os quais se pode destacar a exigência e a pressão constante dos grandes consumidores nacionais e internacionais de ferro-gusa para redução ou até eliminação da utilização de carvão originário de florestas nativas, aliado às exigências ambientais nacionais. As indústrias de ferro-gusa estão melhorando a eficiência do processo de carbonização da madeira e do processo industrial, com o objetivo de aprimorar a sustentabilidade ambiental, econômica e social da produção de carvão vegetal e siderúrgica (ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013).

Segundo CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas (Brasil, 2015), cerca de 40% da lenha produzida no Brasil é transformado em carvão vegetal.

Com o aumento do consumo de carvão vegetal originários de reflorestamentos, conseqüentemente os preços da biomassa florestal também aumentaram (Figura 4), quanto maior a demanda maior o preço.

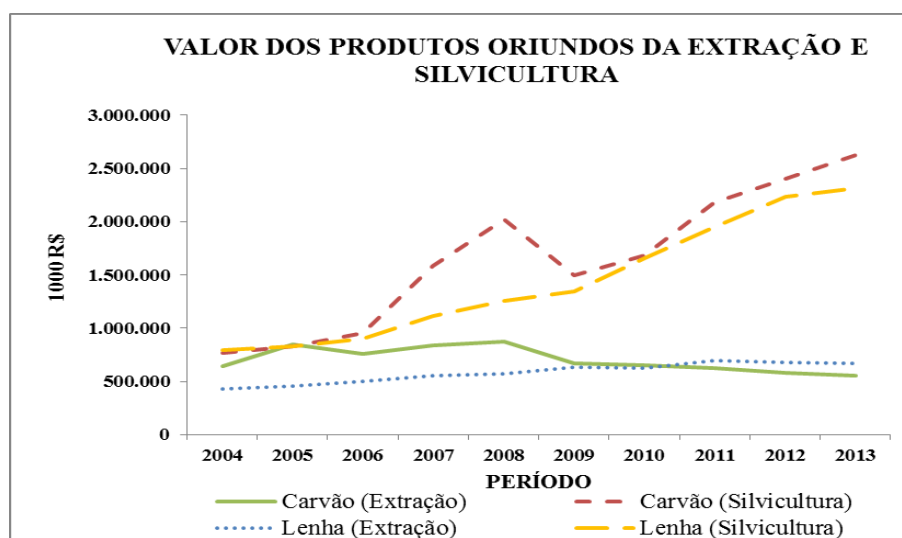


Figura 4. Valor dos produtos oriundos da extração vegetal e silvicultura
 Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004 a 2013.

Observa-se uma queda nos valores do carvão vegetal entre 2007 e 2009, devido à crise internacional, conforme já foi explicado. A lenha de florestas nativas e conseqüentemente a produção de carvão feita com essas madeiras vem tendo um decréscimo ou a estagnação, devido a menor procura por estes produtos, por motivos já comentados anteriormente.

Conforme ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (2013), é importante salientar que o ferro-gusa produzido com o carvão vegetal é de melhor qualidade e não contribui para poluição ambiental, como acontece com o coque siderúrgico. A produção do ferro-gusa feito com carvão vegetal é importante, pois estimula a valorização do gusa verde, cujo volume produzido tem aumentado, e o desenvolvimento de ações de divulgação das qualidades e da contribuição do mesmo na geração de serviços ambientais, principalmente, a redução de emissões dos gases do efeito estufa (GEE's).

4. CONCLUSÕES

O consumo de energia da biomassa florestal (lenha e carvão vegetal) vem crescendo no cenário brasileiro dentro das fontes de energia renovável. Possui algumas oscilações dentro do período estudado (2004 a 2013), houve uma queda drástica entre 2008 e 2009 por conta da crise internacional de 2007 que afetou as grandes consumidoras do carvão vegetal no setor industrial.

A maior parte da lenha produzida é para a produção do carvão vegetal, o maior consumo in natura é do setor residencial seguido do setor industrial. O carvão vegetal é na sua quase totalidade consumido no setor industrial.



A indústria de ferro-gusa e aço é a maior consumidora de carvão vegetal dentro do setor industrial, e a indústria de cerâmica é a maior consumidora de lenha neste mesmo contexto.

As florestas plantadas vem aumentando sua produtividade para a produção de lenha e carvão vegetal, em contrapartida a extração de lenha de florestas nativas e a produção de carvão vegetal destas florestas vem decrescendo, devido a pressões por parte das grandes indústrias interessadas, que estão investindo em tecnologias para melhorar a qualidade da carbonização da madeira e conseqüentemente a eficiência energética, contribuindo para a qualidade de serviços ambientais, como a redução das emissões do efeito estufa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148p.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Perspectivas de investimentos 2009/12 em um contexto de crise**. Nº 60. Brasil: BNDES, 2009. 10p.

CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. **Fontes Renováveis**. Brasil: CERPCH, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2014 ano base 2013**. Brasília: EPE, 2014.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e Meio Ambiente no Brasil. **Estudos avançados**. São Paulo, vol.21 nº 59, jan./abr 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci_arttext&lng=em>. Acesso em: 13 de março de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2004**. Volume 19. Brasil: IBGE, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2005**. Volume 20. Brasil: IBGE, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2006**. Volume 21. Brasil: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2007**. Volume 22. Brasil: IBGE, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2008**. Volume 23. Brasil: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2009**. Volume 24. Brasil: IBGE, 2009.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2010**. Volume 25. Brasil: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2011**. Volume 26. Brasil: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2012**. Volume 27. Brasil: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2013**. Volume 28. Brasil: IBGE, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **2010 key world energy statistics**. Paris, 2010, 82 p.

LAMAS, W. Q DE; GIACAGLIA, G.E.O. The Brazilian energy matrix: Evolution analysis and its impact on farming. **Energy Policy**. Nº63, dezembro 2013, p.321-327. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513009336>. Acesso em: 24 de agosto de 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2009 ano base 2008**. Brasil: MME, 2009.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na Matriz Energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 31 nº 68, p.363-372, abr./jun., 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/911476/1/28723841PB.pdf>.> Acesso em: 30 de setembro de 2014.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**. Vol. 14, nº2, 2º semestre de 2008, p.67-85.