



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GET/11

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - GET**

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA,  
DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO - GET**

**Prospecção Tecnológica para Estimativa do Potencial Técnico de Conservação  
de Energia Elétrica e Térmica no Setor Industrial Brasileiro**

**Humberto Jantim Neto(\*)**  
**UNICAMP**

**Gilberto de Martino Jannuzzi**  
**UNICAMP**

**Conrado Augustus de Melo**  
**UFABC**

**RESUMO**

Segundo o levantamento do Balanço Energético Nacional 2016 (EPE/MME, 2016), o setor industrial é o que mais consome eletricidade no Brasil com participação de 33%. Quanto aos combustíveis, esse responde por 34,2% do consumo total, atrás apenas do setor de transportes, cuja parcela é de 42,2%. Portanto, a indústria figura como o mais importante consumidor global de energia. É nessa oportunidade que se busca realizar uma estimativa, à luz das novas tecnologias já disponíveis no mercado, do potencial técnico de conservação de energia elétrica e térmica na indústria brasileira. O estudo revela um potencial técnico total de 16.791 Mtep.

**PALAVRAS-CHAVE**

Conservação de Energia, Indústria Brasileira, Potencial Técnico, Prospecção Tecnológica.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A importância da Eficiência Energética como mecanismo de aumento da produtividade associada às reduções de demanda energética e, sobretudo, aos benefícios ambientais tem tido notório reconhecimento. É nesse contexto que este artigo apresenta uma breve investigação de melhores tecnologias disponíveis no mercado para realizar uma estimativa do potencial técnico de conservação de energia nos segmentos industriais energo intensivos, considerando-se os usos finais da força motriz e do aquecimento direto.

Por meio da caracterização do desempenho energético do atual estoque tecnológico industrial e da prospecção de novas tecnologias eficientes, há uma diferença no desempenho global dos processos produtivos, a qual corresponde ao potencial de conservação de energia.

Verifica-se que as maiores oportunidades de economias de energia na indústria encontram-se nos usos finais de força motriz (energia elétrica) e aquecimento direto (energia térmica), notadamente nos segmentos da Siderurgia (Ferro Gusa e Aço), Cerâmica e Cimento. A avaliação aponta ainda que o potencial técnico de conservação de energia térmica é maior em relação à energia elétrica.

**2.0 - OBJETIVO**

O trabalho visa apresentar um estudo sobre prospecção de novas tecnologias já disponíveis e em curso de desenvolvimento, direcionadas ao ganho de desempenho energético, bem como uma estimativa do potencial técnico de conservação de energia elétrica e térmica na indústria brasileira.

(\*) Endereço Rua Antônio Dias, nº 37 – sala A01 - Bloco A – CEP 18.170-000, Piedade, SP, – Brasil  
Tel: (+55 11) 98622-1240 – Fax: (+55 15) 3244-1903 – Email: humberto.jantim@gmail.com

### 3.0 - METODOLOGIA

Para o presente estudo, foram reunidas referências da literatura técnica que tratam das melhores tecnologias disponíveis no mercado e as em fase de desenvolvimento, que permitem obter ganhos de desempenho energético nas diversas etapas produtivas da indústria. No contexto internacional, as principais inovações tecnológicas estão detalhadamente descritas na versão ETP – Energy Technology Perspectives 2010 (IEA, 2010), além da publicação Energy Technology Transitions for Industry 2009 (IEA, 2009), todas pela Agência Internacional de Energia. No levantamento nacional, as referências mais recentes e completas estão nos estudos setoriais da indústria realizados pela CNI – Confederação Nacional da Indústria (CNI/Procel, 2010), apresentações técnicas via Webinar pela WEG Brasil (2015), e projeto EFICIND – Estudo de prospecção de potencial para eficiência energética (FINEP/UNICAMP, 2015).

A metodologia proposta para a estimativa do potencial técnico de conservação de energia elétrica e térmica no setor industrial brasileiro considera, com base nas tecnologias investigadas, os consumos específicos de energia e a produção física registrada pelo segmento industrial. A desagregação da indústria, em segmentos, segue a mesma estrutura apresentada nos relatórios anuais do BEN – Balanço Energético Nacional devido à disposição de dados (EPE/MME, 2016).

Os consumos médio e mínimo de energia térmica e de energia elétrica para cada produto principal, ou para cada etapa produtiva, foram calculados multiplicando-se a produção física anual nacional pelos consumos energéticos específicos médio e mínimo de energia térmica e eletricidade.

O consumo específico médio representa a média nacional da energia consumida por unidade física de produto dentro de uma etapa ou uma cadeia industrial, tendo-se em vista as tecnologias e práticas atuais de uso corrente.

Por outro lado, o consumo específico mínimo representa a quantidade de energia que seria consumida pelas empresas industriais se todas elas adotassem tecnologias, equipamentos e práticas de gestão que correspondem ao estado da arte, em termos de eficiência energética. Assim, os consumos específicos mínimos refletem a penetração das melhores tecnologias já disponíveis no mercado e práticas eficientes.

As diferenças entre os consumos médio e mínimo das energias térmica e elétrica fornecem os correspondentes potenciais técnicos de conservação de energia. O potencial técnico total de conservação de energia térmica e elétrica no segmento industrial analisado é obtido pela Equação 1.

O fluxograma da Figura ilustra as etapas para a realização dos cálculos do potencial de conservação bem como da energia total conservada. Neste trabalho, foram contemplados somente os usos finais de Força Motriz e Aquecimento Direto. A base de dados corresponde ao ano de 2015, para o qual os resultados revelam a energia conservada.

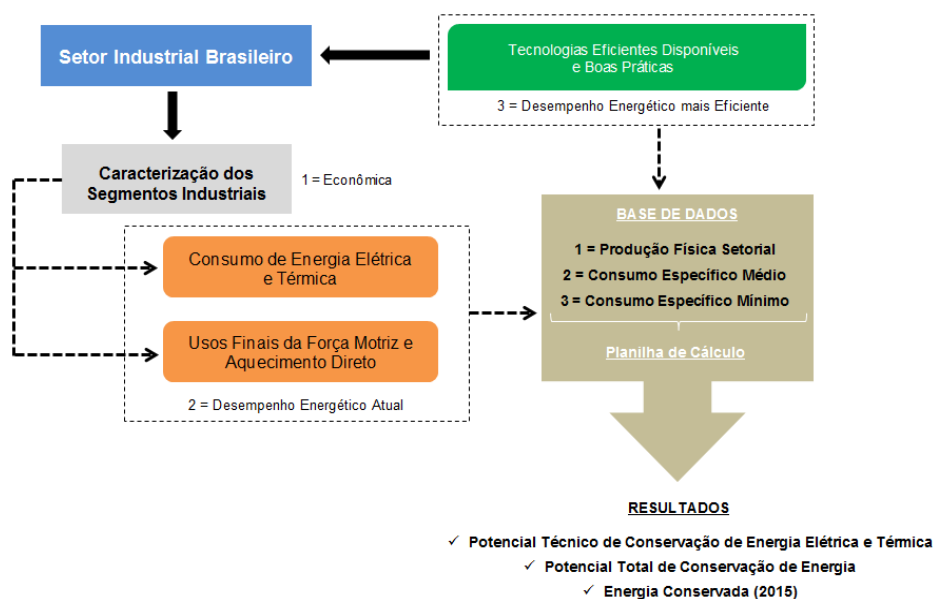


Figura 1 – Metodologia geral para a avaliação do Potencial Técnico de Conservação de Energia Elétrica e Térmica no Setor Industrial Brasileiro. Fonte: elaboração própria

O levantamento de dados de consumo específico médio e mínimo de equipamentos e processo industriais tem como referência a literatura técnica, anuários estatísticos, auditoria energética, publicações científicas e parâmetros de desempenho energético das tecnologias selecionadas.

A estimativa do potencial técnico de conservação de energia é baseada na diferença entre os consumos específicos médio e mínimo de eletricidade e combustíveis, verificados exclusivamente nos usos finais de força motriz e aquecimento direto.

A formulação para determinar os potenciais técnicos de conservação de energia é apresentada na Equação 1. A expressão foi construída numa planilha MSeExcel® (2010), a qual carrega os dados de consumos específicos de energia e da produção física.

$$P_{T,E}(\text{segmento}_i) = P_{Efm} + P_{Ead} + P_{Tfm} + P_{Tad} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$P_{T,E}(\text{segmento})$  = potencial técnico de conservação de energia elétrica e térmica no segmento “i” analisado;

$P_{Efm}$  = potencial técnico de conservação de energia elétrica em força motriz;

$P_{Ead}$  = potencial técnico de conservação de energia elétrica em aquecimento direto

$P_{Tfm}$  = potencial técnico de conservação de energia térmica em força motriz;

$P_{Tad}$  = potencial técnico de conservação de energia térmica em aquecimento direto.

A somatória dos potenciais técnicos de conservação de energia de todos os “n” segmentos resulta no potencial total do setor industrial brasileiro (Equação 2).

$$\sum_i^n P_{T,E}(\text{segmento}_{i,n}) = \text{Potencial Total de Conservação de Energia} \quad (\text{Equação 2})$$

### 3.1 Prospecção Tecnológica

A prospecção de tecnologias mais eficientes e disponíveis foi realizada com base em estudos nacionais e internacionais que apontam tendências para melhoria de desempenho energético em processos industriais.

A Tabela 1 mostra um elenco de tecnologias já disponíveis e em desenvolvimento que possibilitam ganhos de desempenho energético, neste estudo especialmente nos usos finais de força motriz e aquecimento direto.

### 3.2 Tecnologias de Alto Desempenho e Componentes Auxiliares

No uso final de força motriz, as oportunidades de ganhos de eficiência energética são frequentes na indústria, na medida em que grande parte dos processos é acionada por motores elétricos acoplados a maquinários de diferentes categorias como, por exemplo, sistemas de bombeamento de fluidos, compressores, esteiras transportadoras, prensas, filtros; sistemas de ventiladores e exaustores. Na Figura 2, está exemplificado um motor elétrico de rendimento premium (classe IR3<sup>1</sup>) conjugado ao sistema de partida lenta com inversor de frequência. Há também a possibilidade de contemplar o controlador de velocidade variável, cujo conjunto possibilita ganhos de eficiência de 10-50% dependendo da instalação fabril. A Figura 3 mostra sistemas motrizes nos quais são possíveis a automação industrial.

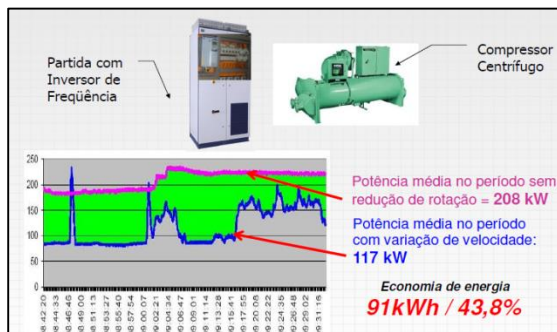


Figura 2 – Motor elétrico classe IR3 (premium) com Inversor de Frequência para partida lenta.  
Fonte: Weg Brasil (2015)

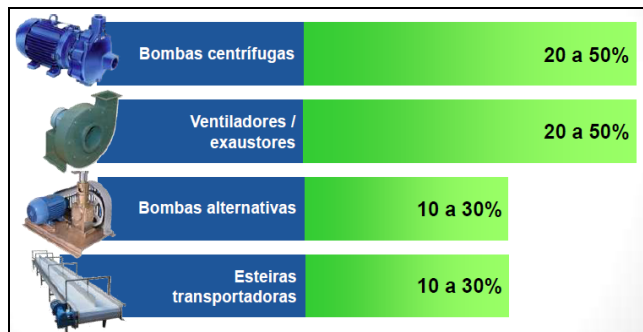


Figura 3 – Sistemas motrizes com automação de processos e ganhos de eficiência energética.  
Fonte: Weg Brasil (2015)

<sup>1</sup> Classe IR3 – classe de motor elétrico de rendimento premium, superior ao motor de alto rendimento IR2 conforme a normalização brasileira para motores elétricos segundo a ABNT NBR 17094-1.

Tabela 1 – Prospecção Tecnológica para ganhos de desempenho energético na Indústria

Segmento	Prospecção Tecnológica – Descrição	Melhoria de Desempenho
Outras Indústrias	Manta Refratária em Fornos Elétricos e a Combustíveis; Sistema de Moldagem Prensas conjugadas elétrica-ar comprimido; Catalisadores Químicos na Otimização de Secagem em processos de Aquecimento Direto.	3% a 12%
Alimentos e Bebidas	Sistema de Separação e Filtragem Eficiente; Forno Industrial de Alto Desempenho com Queimadores Regenerativos; Aproveitamento do Aquecimento Direto em processo da Cogeração.	10% a 35%
Têxtil	Sistema Eficiente de filatórios, malharia (com emprego de controladores de velocidade variável); Sistema de tear a jato de ar; Centrífuga eficiente com uso de calor (no processo de secagem); Sistema de estamparia e acabamento em ar-comprimido de alto desempenho.	4% a 10%
Cerâmica	Recuperadores de Calor do Forno para a Câmara de secagem das peças cerâmicas; Exaustores de gases e umidade Eficientes; Isolantes Térmicos nos Fornos; Substituição dos Fornos Antigos por Móvel a Gás Natural.	15% a 55%
Ferro-Ligas	Uso de Corrente Contínua nos fornos elétricos para o processo de fusão da liga metálica; Aplicação de Mantas refratárias (reduzir perdas de calor); Sensores de temperatura; Otimização de abertura e fechamento dos fornos.	10% a 25%
Cimento	Moinhos mais eficientes na preparação da matéria-prima e na moagem final do cimento; Aperfeiçoamento dos Fornos Rotativos; Instalação de Pré-Calcinadores, Ciclones, Refratários e Recuperadores de Calor (etapa da produção do Clínquer).	7% a 36%
Papel e Celulose	Trituradores e Prensadoras Eficientes no processo de preparação e prensagem da massa; Queimadores Eficientes no processo da Cogeração.	8% a 25%
Metais Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	Focada na produção do Alumínio: Sistema de moagem eficiente no processamento da Bauxita; Uso de Corrente Contínua nas Cubas Eletrolíticas; Eletrodos Eficientes; Prensadores (molduras) conjugados elétrico ar-comprimido;	5% a 15%
Extrativo Mineral e Pelotização	Sistema de peneiramento Eficiente com regulação eletrônica assistida por sensores; Motores Elétricos Premium classe IR3; Acionamento de motores elétricos com controladores de velocidade variável; Queimadores de alto desempenho no processo da pelotização.	15% a 35%
Química e Petroquímica	Queimadores Regenerativos em Fornos a Combustível; Isolamento Térmico Eficiente; Reatores Elétricos de Alto Desempenho.	5% a 35%
Ferro Gusa e Aço (Siderurgia)	Pré-Aquecimento de ar e Injeção de Carvão Pulverizado do Alto Forno; Utilização de Corrente Contínua nos Fornos Elétricos (durante a aciaria); Otimização elétrica nos sistemas de Lingotamento e Laminação.	3% a 15%

Fonte: elaboração própria e adaptada de IEA (2009; 2010), CNI/Procel (2010) e Finep/Unicamp (2015).

Nas Figuras 3 e 4, são apresentadas tecnologias designadas para melhorias no uso final de aquecimento direto e calor de processo, respectivamente.

### 3.3 Base de Dados

A base de dados tem como referência os estudos elaborados no âmbito das oportunidades de EE para a indústria brasileira, publicados em relatórios setoriais por iniciativa da CNI/Procel (2010), além do projeto EFICIND (FINEP/UNICAMP, 2015), das informações apresentadas na edição Energy Technology Transitions for Industry (EIA, 2009), assim como outras referências oportunamente citadas.

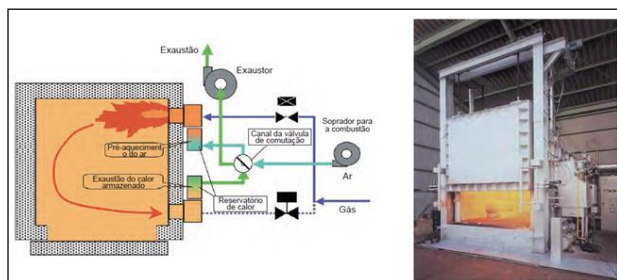


Figura 3 – Forno industrial de alto desempenho equipado com queimador regenerativo.  
Fonte: Tokyo Gas Co. (2014)

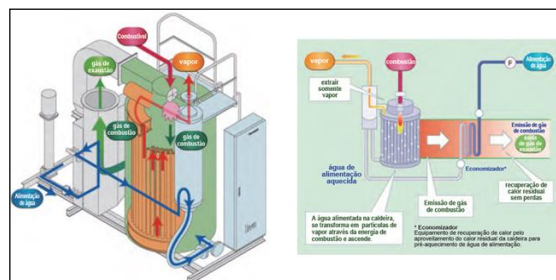


Figura 4 – Forno a Gás Natural conjugado a Caldeira de passe único.  
Fonte: Kawasaki Thermal Engineering Co. (2014)

As Tabelas 2a e 2b apresentam os dados de consumos específicos médio e mínimo, e produção física em tonelada para os segmentos industriais, considerando-se os usos finais de Força Motriz e Aquecimento Direto.

Tabela 2a – Consumos Específicos Médio e Mínimo para os Usos Finais de F.M. e A.D.

Consumos Específicos de energia elétrica (E) e energia térmica (T)					
Segmento	Cons. Espec. (GJ/t)	F.M. (E)	A.D. (T)	Global (E+T)	Produção (t)
Alimentos e Bebidas <sup>1</sup>	médio	0,6330	0,9495	1,58	82.450.113
	mínimo	0,3400	0,5800	0,92	
Têxtil <sup>2</sup>	médio	0,7995	0,9630	1,76	685.620
	mínimo	0,7117	0,6699	1,38	
Cerâmica <sup>3</sup>	médio	0,2512	4,1031	4,35	44.369.200
	mínimo	0,2093	2,0934	2,30	
Cimento <sup>4</sup>	médio	0,2340	2,7525	2,00	65.282.970
	mínimo	0,1340	1,7710	1,91	
Papel e Celulose <sup>5</sup>	médio	3,6907	2,4100	6,10	27.885.000
	mínimo	2,5082	1,5722	4,08	
Extrativo Mineral e Pelotização <sup>6</sup>	médio	0,0264	0,0586	0,08	27.441.151
	mínimo	0,0214	0,0406	0,06	

Fontes:

1 – CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010a);

2 – CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010j);

3 – CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010c);

4 – FINEP; UNICAMP (2015b); CNI; PROCEL; ELETROBRAS, (2010c); BERNI; SILVA; BAJAY (2014); SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento: Produção Regional 2015;

5 – FINEP; UNICAMP (2015c); CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010g); ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, [s.d.] (2015);

6 – CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010f);

Na Tabela 2b, há destinação da energia elétrica no uso final de aquecimento direto nos segmentos nela apresentada.

#### 4.0 - RESULTADOS E CONCLUSÃO

A Tabela 3 mostra o resumo dos resultados obtidos para os potenciais técnicos absoluto e relativo para os segmentos industriais avaliados neste trabalho. O potencial técnico de conservação de energia total (elétrica e térmica) calculado foi de  $16.791,3 \cdot 10^3$  tep.

A Tabela 4 apresenta o resultado do potencial técnico de conservação obtido em relação ao consumo energético nos segmentos registrado pelo Balanço Energético Nacional 2016.

Tabela 2b – Consumos Específicos Médio e Mínimo para os Usos Finais de F.M. e A.D.

Segmento	Consumos Específicos de energia elétrica (E) e energia térmica (T)					Produção (t)
	Cons. Espec. (GJ/t)	F.M. (E)	A.D. (E)*	A.D. (T)	Global (E+T)	
Outras Indústrias <sup>1</sup>	médio	1,6111	0,0478	6,6235	6,62	32.375.440
	mínimo	1,5485	0,0364	3,9733	5,56	
Ferro-Ligas <sup>2</sup>	médio	0,6657	21,5243	37,4091	59,60	10.684.902
	mínimo	0,5527	17,8693	31,0493	49,47	
Metais Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia <sup>3</sup>	médio	1,3132	66,8967	23,3540	91,56	2.581.528
	mínimo	0,8186	57,4094	19,5817	77,81	
Química e Petroquímica <sup>4</sup>	médio	1,1346	1,8489	1,6812	4,66	58.340.574
	mínimo	0,6741	1,1606	1,2158	3,05	
Ferro-Gusa e Aço <sup>5</sup> (Siderurgia)	médio	5,1850	0,9150	19,7700	25,87	26.742.600
	mínimo	2,8900	0,5455	11,5820	15,02	

\* Energia Elétrica no Uso Final do Aquecimento Direto em Fornos Elétricos

Fontes:

1 – CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010i);

2 – CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010d);

3 – DORILEO (2013); CNI; PROCEL; ELETROBRAS (2010e);

4 – EFICIND - Meta Física 3; Meta Física 7 (2015); CNI/PROCEL/ELETROBRAS (2010h); Ivo Dorileo (2013);

5 – MATHIAS (2016); FINEP; UNICAMP (2015c); FINEP; UNICAMP (2015b).

Tabela 3 – Resumo dos Potenciais de Conservação de Energia Elétrica e Térmica em F.M. e A.D.

Segmento	Potencial de Conservação de Energia (10³ tep)						Total
	Energia Elétrica				Energia Térmica		
	Força Motriz		Aquecimento Direto		Aquecimento Direto		
	Pot. Abs.	Pot. Rel. (%)	Pot. Abs.	Pot. Rel. (%)	Pot. Abs.	Pot. Rel. (%)	
Outras Indústrias	17,8	2,3	3,2	0,4	752,3	97,3	773,3
Alimentos e Bebidas	535,1	75,2	-	-	176,7	24,8	711,9
Têxtil	3,6	22,2	-	-	12,6	77,8	16,2
Cerâmica	44,4	2,0	-	-	2.129,7	98,0	2.174,1
Ferro-Ligas	2,8	1,1	92,1	36,1	160,3	62,8	255,2
Cimento	156,0	9,3	-	-	1.530,3	90,7	1.686,4
Papel e Celulose	787,6	58,5	-	-	558,0	41,5	1.345,5
Metais Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	30,5	3,6	585,0	69,0	232,6	27,4	848,1
Extrativo Mineral e Pelotização	143,0	21,8	-	-	512,4	78,2	655,4
Química e Petroquímica	397,5	28,5	594,1	42,6	401,8	28,8	1.393,4
Ferro-Gusa e Aço (Siderurgia)	1.465,9	21,1	236,0	3,4	5.230,0	75,4	6.931,9
Total	3.584,3	21,3	1.510,5	9,0	11.696,6	69,7	16.791,3

Fonte: elaboração própria



Tabela 4 – Resumo dos Potenciais de Conservação de Energia Elétrica e Térmica em F.M. e A.D.

Segmento Industrial	Consumo de Energia		Potencial Técnico Absoluto de Conservação de Energia (a) (10 <sup>3</sup> tep)	Relação (a)/(b)	Consumo Final - Balanço Energético Nacional 2016 (b) (10 <sup>3</sup> tep)
	Médio	Mínimo			
	(10 <sup>3</sup> tep)	(10 <sup>3</sup> tep)			
Outras Indústrias	2.350,9	1.577,7	773,3	10,0%	7.754,0
Alimentos e Bebidas	4.355,9	3.644,0	711,9	3,3%	21.475,0
Têxtil	75,6	59,4	16,2	1,8%	895,0
Cerâmica	4.614,4	2.440,3	2.174,1	47,1%	4.614,0
Ferro-Ligas	1.501,8	1.246,6	255,2	21,2%	1.206,0
Cimento	4.656,8	2.970,4	1.686,4	35,5%	4.750,0
Papel e Celulose	4.063,2	2.717,6	1.345,5	11,5%	11.729,0
Metais Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia	5.645,7	4.797,6	848,1	15,0%	5.646,0
Extrativo Mineral e Pelotização	2.419,1	1.763,7	655,4	19,6%	3.346,0
Química e Petroquímica	4.026,5	2.633,1	1.393,4	20,8%	6.706,0
Ferro Gusa e Aço (Siderurgia)	16.524,1	9.592,2	6.931,9	42,0%	16.524,0
<b>Total</b>	<b>50.234,0</b>	<b>33.442,6</b>	<b>16.791,3</b>		<b>84.645,0</b>

Fonte: elaboração própria

Com base na Tabela 4, verifica-se que o potencial técnico total (16.791,3 Mtep) resultou em 19,8% da energia consumida pelo setor industrial em 2015 (EPE/MME, 2016). Ou ainda, se fosse comparar ao consumo médio verificado a partir dos consumos específicos, a relação seria de aproximadamente 33,5%.

Desta forma, investigar as tecnologias mais eficientes e disponíveis assim como a sua aplicação no parque industrial brasileiro tratam-se de importantes medidas de conservação de energia, as quais colaboram para evitar a ampliação da oferta energética e reduzir os impactos ambientais, especialmente relacionados às emissões de gases de efeito estufa.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABIA - Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. [www.abia.com.br](http://www.abia.com.br), acesso em 17 janeiro de 2016.
- (2) ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. [www.abit.com.br](http://www.abit.com.br), acesso em 22 janeiro de 2016.
- (3) ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. [www.abtcp.com.br](http://www.abtcp.com.br), acesso em 07 de fevereiro de 2016.
- (3) BARBOSA, A. D. Soluções WEG para o segmento de Alimentos e Bebidas. In: WEBINAR: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Leonardo.org/Webinar, 15 dez. 2014. Disponível em: <<http://leonardo-energy.org.br/webinar/>>. Acesso em: 14 set. 2015
- (4) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Alimentos e Bebidas: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010a.
- (5) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Cerâmica: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010b.
- (6) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Cimento: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010c.

- (7) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Ferro-Ligas: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010d.
- (8) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Metais Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010e.
- (9) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Mineração e Pelotização: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010f.
- (10) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Papel e Celulose: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010g.
- (11) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Química e Petroquímica. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010h.
- (12) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: segmento Vidreiro, Cal e Gesso e Outras Indústrias Não-Energointensivas: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010i.
- (13) CNI, C. N. DA I.; PROCEL, E. E. I.; ELETROBRAS, C. E. B. S. A. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial: Têxtil: Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Brasília, DF: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2010j.
- (14) DORILEO, I. L. Eficiência Energética e Prospecção Tecnológica na Indústria Brasileira. Cuiabá, MT: EdUFMT, 2013.
- (15) EPE, E. DE P.; MME, M. DE M. E E. Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015. Rio de Janeiro, RJ: EPE, MME, 2016a. Disponível em: <[www.ben.epe.gov.br/](http://www.ben.epe.gov.br/)>.
- (16) FINEP, F. DE E. E P. DO M. DA C. E T.; UNICAMP, U. E. DE C. EFICIND - Estudo de Prospecção de Potencial para a Eficiência Energética - Relatório Meta Física 3: Prospecção Tecnológica. Campinas, SP: FINEP; UNICAMP, 2015a.
- (17) IEA, I. E. A. (ED.). Energy Technology Transitions for Industry: Strategies for the next Industrial Revolution. Paris: OECD/IEA Publishing, 2009.
- (18) IEA, I. E. A. (ED.). Energy Technology Perspectives 2010: Scenarios and Strategies to 2050. Paris: OECD/IEA Publishing, 2010.
- (19) SILVA, A. A. Potencial de Conservação de Energia na Indústria Cimenteira no Brasil IX CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2014.
- (20) VOLPI, S. Soluções WEG para o segmento de Papel e Celulose. In: WEBINAR: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Leonardo.org/Webinar, 7 ago. 2015. Disponível em: <<http://leonardo-energy.org.br/webinar/>>. Acesso em: 14 set. 2015
- (21) WEG BRASIL. Eficiência Energética em Sistema Motrizes. Webinar Leonardo Energy. Disponível em: <<http://leonardo-energy.org.br/wpdm-package/eficiencia-energetica-em-sistemas-motrizes/>>, 2015.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Humberto Jantim Neto.** Natural de Sorocaba-SP. Graduado em Itajubá, MG (2007) e Pós-Graduado em Campinas, SP (2017). Área de atuação: planejamento energético, projetos de engenharia para geração hidroelétrica, planejamento e acompanhamento de obras de hidroelétrica (Engecorps Engenharia S.A. 2008-2014). Publicações: modelagem e simulação do comportamento de uma válvula de fluxo hidráulica com o uso de ferramenta de hidroinformática (2008); análise da viabilidade econômica e socioambiental na geração distribuída de energia elétrica a partir de fontes renováveis (2010); planejamento integrado de recursos para São Tomé e Príncipe: investigação de oportunidades para maior inserção de fontes renováveis e eficiência energética (2012); análise comparativa de parâmetros físicos entre geração distribuída e centralizada, a partir de empreendimentos leiloados no período de 2011 a 2013 (2014).