

UTILIZAÇÃO DE TONELADA EQUIVALENTE DE AÇO NO CÁLCULO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA SIDERÚRGICA V & M DO BRASIL¹

Rodrigo de Freitas Valentim²
Pedro Fonseca Padilha³

Resumo

Esta metodologia é utilizada para os indicadores de consumo de energia elétrica e gás natural do programa *Green House*. *Green House* é um projeto corporativo que visa à redução de emissões de CO₂ em todas as empresas do grupo Vallourec através da diminuição de 20% do consumo de energia até o ano de 2020, tendo como base 2008. O volume de produção e o mix de produção (tipos de aço) são fatores importantes no consumo específico de energia na V & M do Brasil, que nos últimos anos passou a priorizar a produção de aços mais nobres. Estes aços com maiores complexidades de fabricação consomem mais energia para. Devido a este fato, foi necessário desenvolver um indicador que representasse o consumo específico real de energia por produto para avaliar o seu real desempenho energético. A tonelada equivalente de aço foi desenvolvida com esse propósito de retirar o efeito do mix de produção e relacionar cada tipo de aço com seu consumo de energia. Os indicadores elaborados com a tonelada equivalente de aço são utilizados para acompanhamento do desempenho energético da V & M do Brasil e das áreas de maior consumo de energia, que são: Siderurgia (Ferro Gusa e Aciaria), Laminação Contínua e Laminação Automática.

Palavras-chave: Tonelada equivalente; Indicador de Desempenho Energético; Energia; Eficiência energética.

USAGE OF STEEL EQUIVALENT TON IN ENERGY EFFICIENCY INDICATOR IN V & M DO BRAZIL STEEL PLANT

Abstract

This methodology is used in electricity and natural gas indicators from the Green House program. Green House is a Vallourec corporative program which intend reduce CO₂ consuming 20% less of energy in all of their plants by 2020, using the year base 2008. The volume of production and the mix of production (types of steel) are very important to specific energy consumption in V & M do BraZil, who in recent years began to produce higher added value products. Because of that, was necessary to develop one indicator which represents the real energy specific consumption per products to check the real energy performance. The steel equivalent ton was built to remove the production mix effect and relate every type of steel with their energy consumption. The energy indicators were elaborated with steel equivalent ton and are used to better following up the energy performance of V & M do BraZil and their main areas, like steel plant, mill and plug mill.

Keywords: Equivalent ton; Energy Development Indicator; Energy; Energy efficiency.

¹ *Contribuição técnica ao 34º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 28º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 28 a 30 de agosto de 2013, Vitória, ES.*

² *Engenharia Elétrica, Engenheiro. V & M do Brasil. Belo Horizonte, MG, Brasil.*

³ *Engenharia de Energia, Estagiário. V & M do Brasil. Belo Horizonte, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A V & M do Brasil é uma empresa Siderúrgica integrada com produção de tubos de aço sem costura. O processo de fabricação inclui dois altos fornos a carvão vegetal que tem como coproduto o gás de alto forno (GAF) utilizado nos sistema de combustão. A V & M do Brasil possui duas linhas de laminação a quente com têmpera e revenimento, um processo de trefila e uma área de acabamento de tubos. Visando ter um melhor acompanhamento do uso e consumo de energia elétrica e do gás natural na usina Barreiro, foi utilizado o consumo específico para elaboração dos indicadores e possibilitar um acompanhamento adequado e melhorias no uso destas energias. Para obter um consumo específico adequado percebeu-se a necessidade de desenvolver uma tonelada equivalente para que desta forma o efeito do mix de produção sobre o consumo fosse desconsiderado, a tonelada equivalente foi utilizada para as áreas Siderúrgica e Laminações.

Neste trabalho será abordada como exemplo a tonelada equivalente de energia elétrica da área siderúrgica da usina Barreiro.

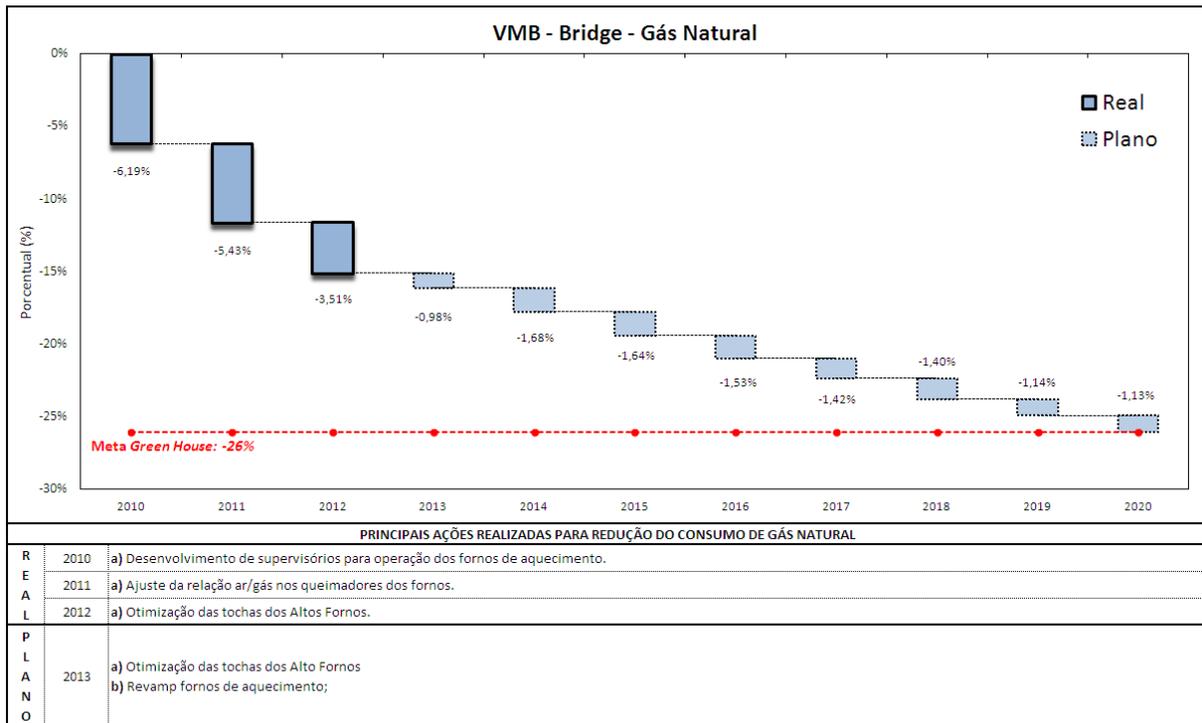
Em 2010 o grupo Vallourec implantou em todas suas plantas um programa com foco na melhoria da eficiência energética denominado de *Green House*. Esse programa tem como principais objetivos a redução em 20% das emissões de carbono e do consumo de energia (energia elétrica e de gás natural) até 2020 considerando o ano base de 2008. Pensando no consumo de energia foi acordado que o acompanhamento na redução seria feito de forma separada para energia elétrica e para gás natural, e analisando o potencial de ganho entre os dois energéticos, a V & M do Brasil definiu que as metas no consumo seriam diminuir em 8% energia elétrica e 26% gás natural, que somados atingem o objetivo proposto.

O *Green House* já apresenta bons resultados, da sua criação até 2012 os ganhos foram de 5% de redução em energia elétrica e 14% em gás natural. A visão global do desempenho do programa, ou seja, o plano de redução juntamente com avaliação do desempenho passado é acompanhado através do gráfico apresentado abaixo chamado *Bridge*.

A metodologia da tonelada equivalente, que é o foco desse artigo, é utilizada nos indicadores desenvolvidos para acompanhamento do programa na usina Barreiro, eles são baseados no consumo específico e demonstram o desempenho energético dos processos.

2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é descrever a metodologia utilizada para o desenvolvimento da tonelada equivalente e para elaboração dos Indicadores de Desempenho de Energia (IDE).



Obs.: Valores de referência e ações fictícias

Figura 1 - Gráfico Bridge.

3 METODOLOGIA E RESULTADOS

A melhor forma de acompanhar o desempenho de energia é através do consumo específico de energia, a princípio foi estudada a possibilidade de utilizar a tonelada de aço em relação ao consumo de energia para elaborar os indicadores. Seguindo essa linha de pensamento os estudos apresentaram uma deficiência em relação à correlação entre as grandezas, após analisar os dados foi concluído que existem diversos tipos de aço que consomem diferentes valores de energia durante sua produção, ou seja, o consumo de energia varia com o mix de produção. Por esse motivo o indicador apresentou um potencial de melhoria, e seguindo esta oportunidade foi desenvolvida uma metodologia chamada de tonelada equivalente de aço.

Para elaboração da tonelada equivalente, o primeiro passo foi agrupar os variados tipos de aço que possuem características em comum relativas ao consumo de energia. Na aciaria que é o escopo desse trabalho, foi definido dois grupos de aço, que foram chamados de famílias.

A família 1 foi definida como o grupo de aços chamados de alta produtividade, são os que possuem alta concentração de fósforo. Já a família 2 é formada pelo grupo de aço que possuem baixo teor de fósforo e que passam pelo processo de degaseificação a vácuo, chamado de *Vacuum Degasification* (VD). Esse processo é de purificação em ambiente de vácuo e tem como finalidade extrair as impurezas contidas no aço, esse grupo de aço é chamado de baixa produtividade.

Sabendo que a família 2 passa pelo VD e que é necessário que esse aço saia a uma temperatura mais elevada do forno panela, equipamento no qual se acerta a qualidade química e a temperatura do aço, é esperado que seu consumo específico de energia seja superior ao da família 1.

Seguindo a proposta do programa *Green House*, que define como anos base 2008 e 2009, foram separados os dados referentes de consumo de energia elétrica e a produção separada por família desse período (Tabela 1).

Tabela 1 - Produção por família e consumo de energia elétrica da Aciaria (2008-2009)

PRODUÇÃO FÍSICA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA														
DATA		Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Total
F1-Alta Produtividade	t	18.133	17.571	17.015	14.527	15.871	10.219	16.679	18.298	16.945	16.767	13.409	13.687	189.122
F2-Baixa Produtividade	t	18.219	14.786	14.000	15.070	12.680	6.069	15.927	13.025	15.722	16.603	18.747	13.924	174.772
Consumo	MWh	7.985	7.681	7.530	7.058	6.773	4.618	7.523	7.727	7.499	7.999	7.846	7.541	87.780
DATA		Jan/09	Fev/09	Mar/09	Abr/09	Mai/09	Jun/09	Jul/09	Ago/09	Set/09	Out/09	Nov/09	Dez/09	Total
F1-Alta Produtividade	t	10.859	9.363	7.848	5.335	8.603	15.300	13.071	10.802	8.470	11.739	12.230	9.787	123.408
F2-Baixa Produtividade	t	10.445	8.587	15.808	3.113	6.358	8.976	9.204	5.297	8.630	7.751	3.940	3.604	91.714
Consumo	MWh	6.648	5.790	7.013	4.786	5.483	6.623	6.865	6.115	6.196	6.658	6.831	6.452	75.461

Com posse dos dados e verificados a existência de correlação entre eles foi feito uma regressão linear com termo independente com auxílio de um software estatístico (MiniTab) para obter a relação entre o consumo específico de energia elétrica por família, os resultados obtidos da regressão linear estão a seguir na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 2 - Resultados da regressão linear entre produção e consumo de energia elétrica - Aciaria

$y = a + b.F1 + c.F2$	
Resultados da Regressão	
a = 4,214 MWh	Consumo Fixo
b = 0,11 MWh/t	Consumo Específico F1
c = 0,14 MWh/t	Consumo Específico F2

Definidos os valores de consumo específico de cada família, foi considerado a família que possui o maior volume de produção, no caso a família 1, como referencia para definir o valor de equivalência da família 2. A tonelada equivalente foi definida pela multiplicação da produção (t) pelo valor de equivalência, neutralizando assim o efeito do mix de produção e gerando a tonelada equivalente (teq). O exemplo dessa transformação junto com a representatividade das famílias e os valores de equivalência são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 3 - Produção, Representatividade e Equivalência

Energia Elétrica - Aciaria						
DATA	PRODUÇÃO - (tfis)			PRODUÇÃO - (teq)		
	F1	F2	TOTAL	F1	F2	TOTAL
Janeiro-08	18.133	18.219	36.352	18.133	23.188	41.321
Fevereiro-08	17.571	14.786	32.357	17.571	18.818	36.390
Março-08	17.015	14.000	31.015	17.051	17.818	34.833
Abril-08	14.527	15.070	29.597	14.527	19.180	33.707
Mai-08	15.871	12.680	28.552	15.871	16.139	32.010
Junho-08	10.219	6.069	16.288	10.219	7.725	17.943
Julho-08	16.679	15.927	32.606	16.679	20.270	36.949
Agosto-08	18.298	13.025	31.323	18.298	16.577	34.875
Setembro-08	16.945	15.722	32.667	16.945	20.009	36.955
Outubro-08	16.767	16.603	33.370	16.767	21.131	37.898
Novembro-08	13.409	18.747	32.156	13.409	23.860	37.269
Dezembro-08	13.687	13.924	27.611	13.687	17.722	31.409
Representatividade	F1	54%	Equivalência	F1	1,00	
	F2	46%		F2	1,27	

Por fim, como os resultados de correlação entre a tonelada equivalente e o consumo de energia elétrica foram satisfatórios, neste caso de 88%, o IDE foi elaborado seguindo a produção equivalente desenvolvida. A melhor forma de acompanhar o desenvolvimento e desempenho do consumo de energia é através da relação entre produção e o consumo específico, no que chamamos de gráfico cometa (Figura 2).

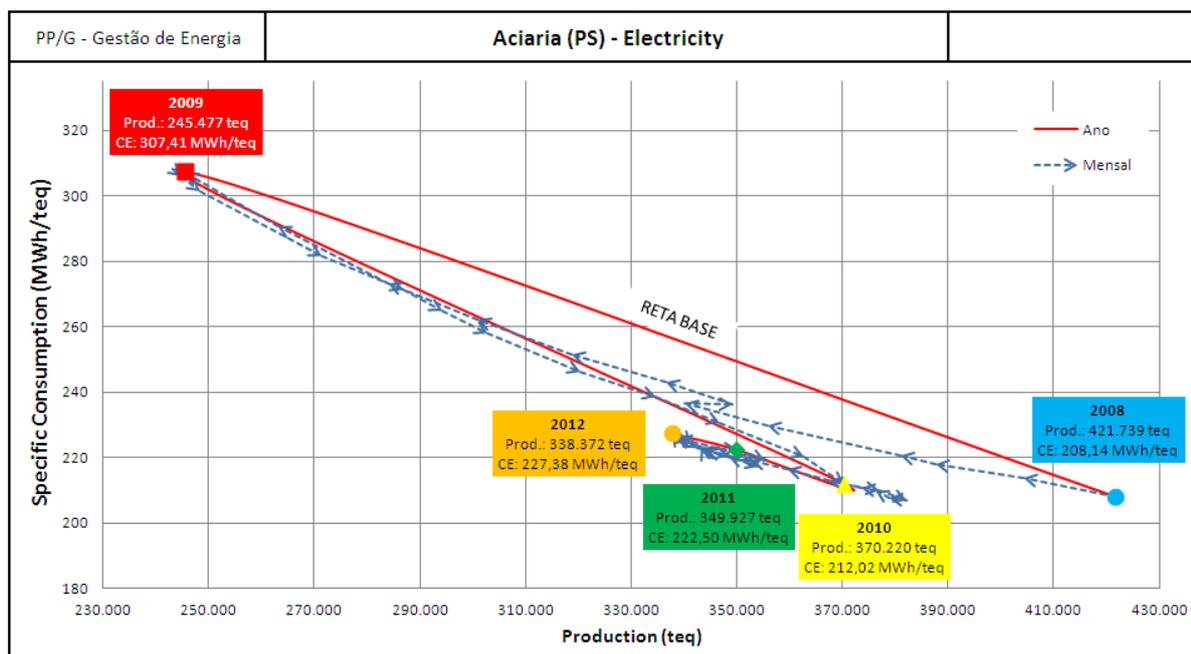


Figura 2 - Grafico Cometa (Aciaria Energia Elétrica)

O gráfico chamado cometa é o principal indicador de eficiência energética usada pela V & M DO BRASIL, esse gráfico é a relação entre produção (teq) e consumo específico (MWh/teq). Os anos base são 2008 e 2009, e se a empresa está investindo em melhorias de eficiência energética a ideia é que os pontos do gráfico fiquem abaixo da reta base, se estiverem acima da reta base indica que a empresa está gastando mais energia em seus processos produtivos.

Como os resultados obtidos dessa metodologia foram satisfatórios, foi desenvolvida a tonelada equivalente para as outras áreas da usina Barreiro, houve um estudo particular de cada processo para assim identificar a melhor forma de agrupar os diversos tipos de aço em famílias.

Outro exemplo que foi bem sucedido é o caso da Laminação Automática, o estudo desenvolvido levou em consideração as características do aço em relação ao calibre do aço. Os calibres são definidos em função da massa e comprimento do tubo, que vão impactar no consumo específico destas famílias.

Foram separadas 7 famílias de acordo com essa característica como demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 4 - Produção por família e consumo de energia elétrica da Laminação Automática (2008-009)

PRODUÇÃO FÍSICA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA														
DATA		Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Total
Familia 01	t	2.194	1.450	1.601	2.198	4.116	2.104	2.166	1.584	1.585	3.848	2.484	1.712	26.678
Familia 02	t	6.316	3.713	1.759	4.780	3.161	2.634	4.785	3.948	4.088	5.022	1.674	3.935	45.816
Familia 03	t	2.548	3.815	2.921	2.189	3.589	6.751	4.680	6.837	3.446	5.963	6.071	6.293	55.105
Familia 04	t	2.117	1.979	3.115	5.835	2.644	3.095	3.595	3.057	2.199	2.320	2.999	3.093	36.047
Familia 05	t	1.304	2.570	2.982	3.683	4.199	743	3.333	3.497	4.199	3.018	1.735	2.177	33.440
Familia 06	t	467	3.317	997	733	1.625	908	1.170	885	960	1.416	1.058	360	13.896
Familia 07	t	1.053	978	2.064	847	2.404	921	1.407	880	1.244	769	2.958	2.761	18.289
Consumo	MWh	2.052	1.944	1.903	2.176	2.369	2.258	2.401	2.022	2.054	2.246	2.044	2.033	25.502
DATA		Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08	Total
Familia 01	t	1.137	178	469	1.137	444	1.326	1.886	966	1.083	1.798	2.123	1.758	14.304
Familia 02	t	4.311	1.269	780	6.087	4.146	2.074	3.997	3.149	3.793	1.683	2.019	498	33.802
Familia 03	t	3.573	172	1.400	1.225	1.331	316	1.179	430	646	656	825	797	12.551
Familia 04	t	2.675	1.459	2.263	392	939	3.409	2.315	969	2.741	3.166	233	1.241	21.802
Familia 05	t	1.118	1.523	1.262	4.312	2.084	2.003	1.622	1.150	2.854	1.274	754	487	20.444
Familia 06	t	1.749	280	3.363	2.867	1.153	3.031	528	1.713	492	562	1.134	446	17.320
Familia 07	t	1.986	1.790	2.843	869	3.277	2.610	3.233	265	388	576	256	437	18.530
Consumo	MWh	1.808	987	1.742	1.969	2.016	1.945	2.120	1.660	1.981	1.957	1.611	1.361	21.158

A sequência do estudo após essa divisão de famílias é a mesma orientada no estudo de caso da Aciaria, regressão linear com termo independente para definir o consumo específico de cada família, e posteriormente definir a família referência para dessa forma calcular a equivalência e conseqüentemente definir a tonelada equivalente da área estudada. Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 5 - Resultados da regressão linear - Laminação Automática

Resultados da Regressão	
$y = a + b.F1 + c.F2 + d.F3 + e.F4 + f.F5 + g.F6 + h.F7$	
a = 713,477 MWh/t	Consumo Especifico Fixo
b = 87,75 MWh/t	Consumo Especifico F1
c = 50,95 MWh/t	Consumo Especifico F2
d = 11,27 MWh/t	Consumo Especifico F3
e = 46,78 MWh/t	Consumo Especifico F4
f = 6,92 MWh/t	Consumo Especifico F5
g = 34,06 MWh/t	Consumo Especifico F6
h = 31,80 MWh/t	Consumo Especifico F6

Tabela 6 - Produção, Representatividade e Equivalência.

Energia Elétrica - Laminação Automática (Laminação)								
DATA	PRODUÇÃO - (tfis)							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	TOTAL
Janeiro-08	2.194	6.316	2.548	2.117	1.304	467	1.053	15.999
Fevereiro-08	1.450	3.713	3.815	1.979	2.570	3.317	978	17.823
Março-08	1.601	1.759	2.921	3.115	2.982	997	2.064	15.439
Abril-08	2.198	4.780	2.189	5.835	3.683	733	847	20.264
Mai-08	4.116	3.161	3.589	2.644	4.199	1.625	2.404	21.739
Junho-08	2.104	2.634	6.751	3.095	743	908	921	17.156
Julho-08	2.166	4.785	4.680	3.095	3.333	1.170	1.407	21.137
Agosto-08	1.584	3.948	6.837	3.057	3.497	885	880	20.689
Setembro-08	1.585	4.088	3.446	2.199	4.199	960	1.244	17.723
Outubro-08	3.484	5.022	5.963	2.320	3.018	1.416	769	21.992
Novembro-08	2.484	1.674	6.071	2.999	1.735	1.058	2.958	18.980
Dezembro-08	1.712	3.935	6.293	3.093	2.177	360	2.761	20.331
Representatividade	11%	22%	17%	16%	15%	9%	11%	
DATA	PRODUÇÃO - (teq)							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	TOTAL
Janeiro-08	3.779	6.316	563	1.944	177	312	657	13.749
Fevereiro-08	2.498	3.713	844	1.817	349	2.217	610	12.049
Março-08	2.757	1.759	646	2.861	405	667	1.288	10.382
Abril-08	3.785	4.780	484	5.358	500	490	529	15.925
Mai-08	7.089	3.161	794	2.428	570	1.087	1.500	16.629
Junho-08	3.623	2.634	1.493	2.842	101	607	575	11.874
Julho-08	3.730	4.785	1.035	3.301	453	782	878	14.965
Agosto-08	2.727	3.948	1.512	2.807	475	592	549	12.611
Setembro-08	2.730	4.088	762	2.020	570	642	777	11.589
Outubro-08	6.000	5.022	1.319	2.130	410	946	480	16.307
Novembro-08	4.278	1.674	1.343	2.753	236	707	1.846	12.837
Dezembro-08	2.949	3.935	1.392	2.840	296	240	1.723	13.375
Representatividade	1,72	1,00	0,22	0,92	0,14	0,67	0,62	

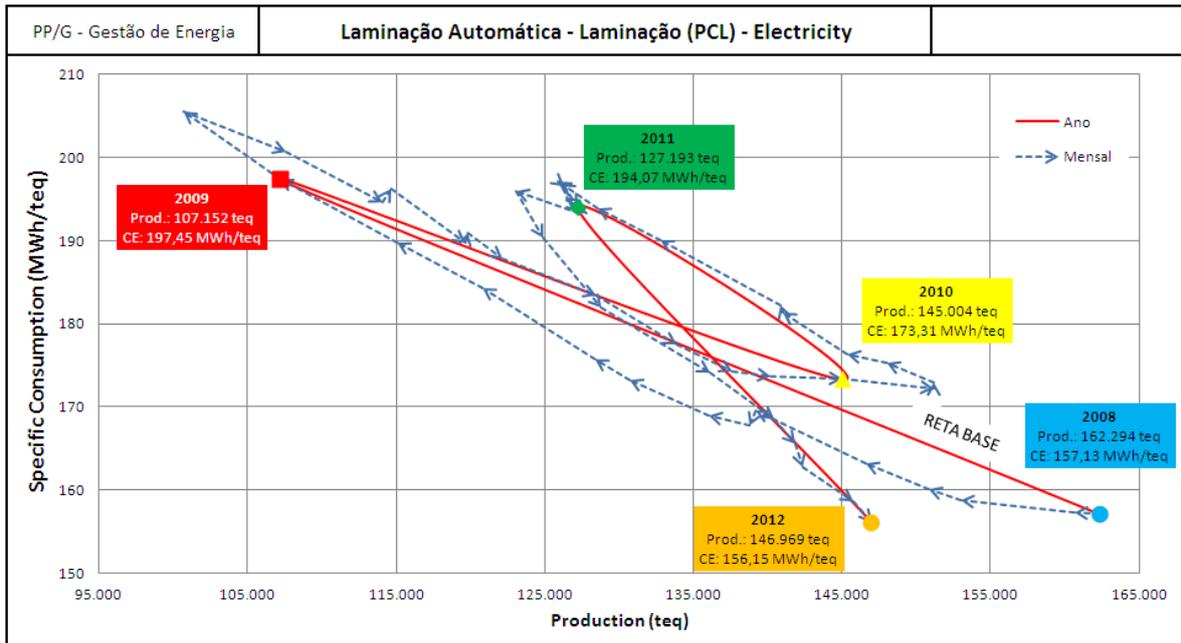


Figura 3 - Grafico Cometa (Laminação Energia Elétrica)

4 CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para elaboração da tonelada equivalente que tem como objetivo integrar os indicadores de energia para que estes representem o desempenho do uso e consumo da energia elétrica e gás natural da usina Barreiro da V & M do Brasil.

Pelo fato dos primeiros estudos que relacionavam o consumo de energia com a produção de aço não apresentarem valores confiáveis para elaboração dos indicadores de desempenho, justificados pelo grande variedade de tipos de aços, a tonelada equivalente se mostrou uma alternativa para solucionar o problema.

Os resultados obtidos foram satisfatórios visto que os valores de correlação obtidos entre consumo e produção (teq) foram melhores que os de consumo e produção de aço. Dessa forma a proposta de reduzir o efeito do mix de produção sobre o consumo e conseqüentemente a elaboração de indicadores confiáveis e eficientes foi atendida.