

# Experiências Obtidas com o Programa Ensinar com Pesquisa da Pró-Reitoria de Graduação da USP na Área de Eficiência Energética



Fernando de Lima Caneppele, José Antonio Rabi

Departamento de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

\* Autores para correspondência: caneppele@usp.br; jrabi@usp.br

## RESUMO

Na universidade a docência e a aprendizagem só serão significativas se forem sustentadas por uma permanente atividade de construção do conhecimento. O aluno consegue aprender significativamente se tal processo se der como construção do conhecimento. Incorporar temas relacionados à eficiência energética nos currículos dos cursos de graduação é importante por fatores como as necessidades do mercado de trabalho e também pela criação de uma cultura de combate ao desperdício dos recursos energéticos. O presente relato mostra alguns dos resultados do projeto Aplicação dos Conceitos de Auditoria Energética no Campus da USP de Pirassununga, apoiado pelo Programa Ensinar com Pesquisa nos editais 2014 e 2015. A participação do aluno nesse projeto (e nessa área temática) teve como objetivo vivenciar na prática, bem como aprofundar em campo, conceitos desenvolvidos nas disciplinas relacionadas à energia elétrica e à eficiência energética dos cursos de Engenharia de Biosistemas e de Engenharia de Alimentos oferecidos na FZEA-USP. A meta supracitada foi atingida, visto que os discentes bolsistas aprofundaram seus conhecimentos na área de eficiência energética, ao passo que os alunos de graduação desfrutaram de aulas mais atrativas sobre esse tema, uma vez que os conceitos desenvolvidos faziam parte do seu cotidiano.

**Palavras-Chave:** Ensino-Aprendizagem; Conservação de Energia; Ensino-Vivência.

## ABSTRACT

In the university teaching and learning will be meaningful only if they are supported by a permanent knowledge construction activity. Students can significantly learn through knowledge construction rationale. Incorporating energy efficiency issues in undergraduate curricula is important in view of not only labor market needs but also creating a culture of mitigating energy waste. This report shows some results from the project Implementation of Energy Audit Concepts at USP Campus in Pirassununga supported by Teaching with Research programs related to 2014 and 2015 calls. Student participation in the project (and in this thematic area) aimed at hands-on practicing while grasping in loco concepts related to energy and energy efficiency as developed throughout courses offered in either Biosystems or Food Engineering programs at FZEA-USP. Aforesaid project goal was successfully accomplished inasmuch as mentee (i.e. project) students have indeed deepened their knowledge about energy efficiency while undergraduate students have profited from more attractive classes on this subject as concepts became closer to their daily lives.

**Keywords:** Teaching-Learning; Energy Conservation; Hands-On Learning.

## Introdução

Severino (2009) defende que, na universidade, a docência e a aprendizagem só serão significativas se forem sustentadas por uma permanente atividade de construção do conhecimento. O professor precisa da prática da pesquisa para ensinar eficazmente; o

aluno necessita dela para aprender eficaz e significativamente; a comunidade precisa da pesquisa para dispor de produtos do conhecimento; e a Universidade, para ser mediadora da educação. O aluno só consegue aprender significativamente se sua aprendizagem se der como construção do conhecimento.

O mesmo autor ressalta que ensino, pesquisa e extensão universitários efetivamente se articulam, mas a partir da pesquisa. Em outras palavras, somente se aprende e se ensina pesquisando; somente se prestam serviços à comunidade se tais serviços nascerem e se nutrirem da pesquisa. Tem-se uma sistematização de acordo com a qual educar (ensinar e aprender) significa conhecer; por sua vez, conhecer significa construir o objeto; por fim, construir o objeto significa pesquisar. Assim, a aprendizagem, a docência e o ensino na universidade apenas serão significativos se forem sustentados por uma permanente atividade de construção do conhecimento.

De acordo com Pinto *et al.* (2001), a necessidade de incorporar temas referentes à eficiência energética nos currículos dos cursos de graduação justifica-se (i) pelas necessidades do mercado de trabalho, (ii) pela criação de uma cultura de combate ao desperdício dos recursos energéticos, (iii) pela formação de profissionais integrados ao contexto socioeconômico atual e (iv) pela formação de multiplicadores.

Uma das definições de eficiência energética é que se trata de uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia, chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado (ABESCO, 2016).

O combate ao desperdício de energia funciona como uma fonte virtual de produção de energia elétrica, o que quer dizer que a energia não desperdiçada por um consumidor pode ser utilizada por outro. Essa é a fonte de produção de energia mais econômica e mais limpa que existe, pois não agride o meio. Para a disseminação dessa nova cultura, deve-se atuar em dois focos principais, que são: (i) a vertente humana; e (ii) a vertente tecnológica (PINTO *et al.*, 2007).

A aplicação da eficiência energética em diversos setores de nossa sociedade é uma prática que deve ser considerada essencial nos dias atuais. Na área industrial, a efficientização energética pode trazer significativa redução de custos, bem como aumento

no rendimento energético de equipamentos e instalações, com a consequente melhoria da qualidade dos produtos fabricados (COPEL, 2005).

## Desenvolvimento

O projeto Aplicação dos Conceitos de Auditoria Energética no *Campus* da USP de Pirassununga (apoiado pelo “Programa Ensinar com Pesquisa”, editais 2014 e 2015) foi composto de três etapas: (i) revisão bibliográfica; (ii) estudo do local/departamento e realização de coleta de dados elétricos; e (iii) análise dos dados elétricos. Cada uma dessas etapas é abordada a seguir.

### (i) Revisão Bibliográfica

Inicialmente, os alunos bolsistas participantes das duas edições do projeto elaboraram uma revisão bibliográfica para ampliação do domínio e conhecimento do estado da arte do tema eficiência energética, suas implicações e aplicações.

Para realizar esse estudo, foi necessário por parte dos alunos conhecer conceitos relativos à eletricidade tais como: energias ativa, reativa e aparente; potências ativa, reativa e aparente; demandas e cargas; fatores de potência, de demanda e de carga; curvas de carga do sistema; e regimes tarifários. Esses conhecimentos foram obtidos através das aulas e de pesquisas bibliográficas.

### (ii) Estudo do Local/Departamento e Realização de Coleta de Dados Elétricos

O *campus* Fernando Costa (antigo Pirassununga) é o maior *campus* da USP em extensão territorial. Trata-se de uma fazenda com 23.333.204,00 m<sup>2</sup> de área total, 26.535,55 m de perímetro e 80.594,00 m<sup>2</sup> de área edificada (USP, 2013). Atualmente, o *campus* engloba as seguintes unidades:

- Prefeitura do campus (PUSP-FC);
- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA);
- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ).

Tendo em mente a grande extensão territorial do *campus* e o grande número de departamentos e seções que compõe cada uma de suas unidades,

foram escolhidos locais nos quais se concentraram as coletas de dados elétricos e estudos realizados em duas edições anteriores (a saber, 2013 e 2014) deste projeto no âmbito do Programa Ensinar com Pesquisa.

Os dados apresentados neste trabalho se referem ao Bloco Didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas. Nesse local foram coletados dados elétricos através da instalação de registradores eletrônicos de sistemas elétricos trifásicos. Coletaram-se os dados de acordo com as definições adotadas na resolução normativa n. 414, de 9 de setembro de 2010, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.

Os equipamentos utilizados para coleta de dados foram os analisadores portáteis modelo Saga 4500 cedidos pelo Laboratório de Eficiência Energética e Simulação de Processos da FZEA/USP e o modelo Saga 4000 cedido pelo Laboratório de Energização Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp de Botucatu. Para a análise dos

dados foi utilizado o *software* da família Plawin fornecido com o *kit* dos analisadores da Família Saga 4000 e 4500.

### (iii) Análise dos Dados Elétricos

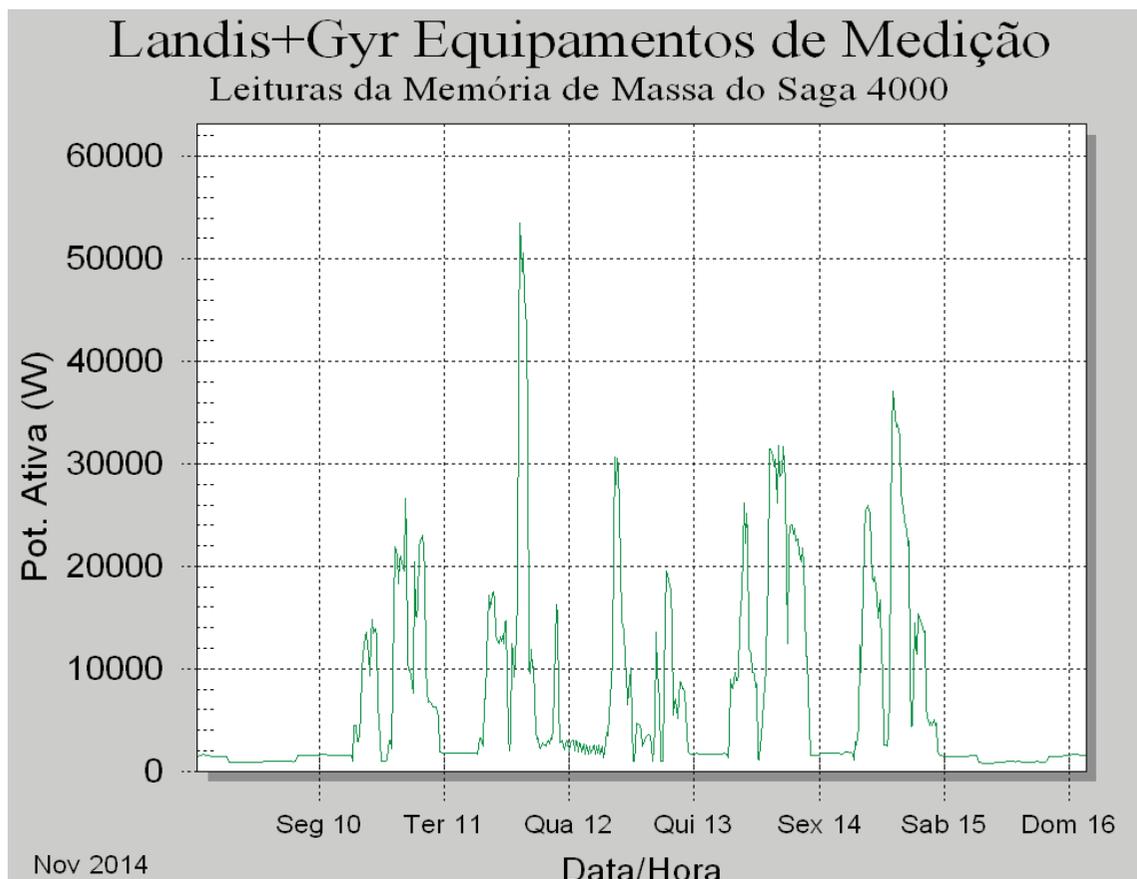
A seguir são mostradas partes das coletas, tratamento e análises de dados que foram coletados junto à entrada de energia elétrica do bloco didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP – *campus* Fernando Costa. O período total de medição nesse local foi de 8 a 22 de novembro de 2014. A Tabela 1 resume os dados obtidos, enquanto o Anexo mostra os dados para o período de um dia de coleta

A Figura 1 mostra o comportamento da potência ativa trifásica na entrada de energia do bloco didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP – *campus* Fernando Costa.

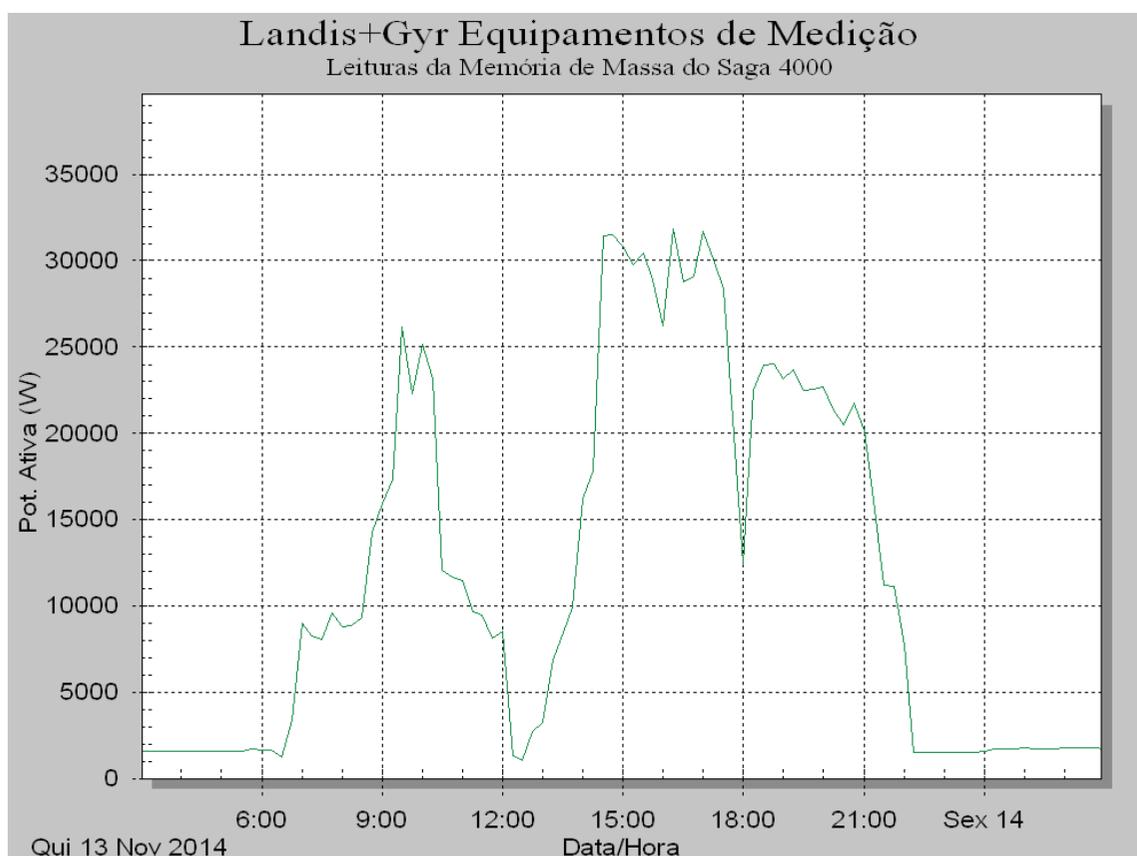
A Figura 2 mostra o comportamento da potência ativa trifásica em um dia de funcionamento normal do bloco didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP – *campus* Fernando Costa.

Variáveis	Tipo (unidade)	Valores		
		Médio	Máximo	Mínimo
Tensões	V1 (V)	126,6	129,1	120,9
	V2 (V)	127,2	129,6	120,5
	V3 (V)	127,5	129,8	120,3
Correntes	I1 (A)	21,4	162,4	4,2
	I2 (A)	21,5	164,5	2,8
	I3 (A)	23,1	198,0	0,0
Potências Ativas	P1 (W)	2473,0	18434,0	473,0
	P2 (W)	2564,0	20660,0	304,0
	P3 (W)	2674,0	23118,0	0,0
	PT (W)	7711,0	60521,0	780,0
Fator de Potência	FPT	0,95 (I)	0,99 (I) / 1,00 (C) *	0,85 (I) / 0,92 (C) *
<b>* I = Indutivo / C = Capacitivo</b>				

**Tabela 1** – Resumo dos dados elétricos coletados junto à entrada do bloco didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP – *campus* Fernando Costa.



**Figura 1** – Potência ativa trifásica junto à entrada do bloco didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP – *campus* Fernando Costa.



**Figura 2** – Potência ativa trifásica – comportamento em dia normal durante a semana junto à entrada do bloco didático do Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP – *campus* Fernando Costa.

Nota-se que as variações verificadas são próprias do funcionamento do sistema elétrico, ou seja, com picos de consumo nos dias da semana e variações na carga durante o dia.

Os alunos do referido programa participaram de todas as fases práticas do projeto, desde a instalação dos equipamentos de medição, passando pela coleta via computador e análises. Após a coleta dos dados, puderam utilizar o *software* que acompanha o instrumento e aplicar os conceitos desenvolvidos em sala de aula e em pesquisas teóricas no início de sua participação. Os alunos e docentes envolvidos fizeram diversas análises, algumas das quais são mostradas no presente trabalho.

Nos relatórios finais do projeto, os alunos bolsistas fizeram um modelo de auditoria energética, com revisão bibliográfica, metodologias e resultados mais detalhados.

Os dados e experiências obtidos neste projeto foram incorporados nas aulas das disciplinas relacionadas à eletricidade e à eficiência energética oferecidas nos cursos de graduação em Engenharia de Alimentos e Engenharia de Biosistemas da FZEA-USP.

As situações do cotidiano despertam muito a curiosidade dos alunos. Saber, por exemplo, como é consumida a energia elétrica de um local que eles frequentam diariamente faz com que os alunos possam pensar a respeito disso, atuando também como colaboradores quanto ao uso racional de energia elétrica.

Observou-se nas aulas, após a coleta e discussão dos dados, que os alunos ficaram mais atentos em relação aos conceitos relacionados à energia elétrica e à eficiência energética.

## Conclusão

O projeto Aplicação dos Conceitos de Auditoria Energética no *Campus* da USP de Pirassununga (apoiado pelo “Programa Ensinar com Pesquisa”, editais 2014 e 2015) se propôs a instrumentalizar alunos de graduação em Engenharia de Biosistemas e/ou em Engenharia de Alimentos através de aplicação dos conceitos desenvolvidos nas disciplinas relacionadas à energia elétrica e à eficiência energética.

Compreender como se “consome” a energia é passo fundamental para a implantação de programas de eficiência energética. A verificação de picos de consumo, de data e hora das ocorrências, dos perfis de consumo, por exemplo, proporciona a compreensão do sistema elétrico em estudo e a possibilidade de sucesso quando da implantação de programas de conservação.

Para os alunos bolsistas, houve a oportunidade de aprofundar os conhecimentos obtidos em sala de aula e de colocá-los em prática com ações deste projeto. Para os demais alunos de graduação, as aulas sobre os temas do projeto tornaram-se mais atrativas, uma vez que os conceitos desenvolvidos faziam parte do seu cotidiano.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo e à Comissão de Graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP, *campus* Fernando Costa (em Pirassununga), a participação no Programa Ensinar com Pesquisa da USP.

Os autores também agradecem ao Laboratório de Eficiência Energética e Simulação de Processos da FZEA/USP, sob a responsabilidade do professor Celso Eduardo Lins de Oliveira, e ao Laboratório de Energização Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp de Botucatu, sob a responsabilidade do professor Odivaldo José Seraphim, pela cessão de equipamentos utilizados neste projeto.

## Referências Bibliográficas

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. “O Que É Eficiência Energética”. Disponível em: <[www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/](http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/)>. Acessado em 2 set. 2016.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. *Manual de Eficiência Energética na Indústria*. Curitiba, 2005. 139 p.

PINTO, D. P.; OLIVEIRA, E. J. & BRAGA, H. A. C. “A Disciplina de Eficiência Energética do Curso de Engenharia Elétrica da UFJF”. *Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*. Porto Alegre: Cobenge, 2001. CD-ROM.

\_\_\_\_\_; BRAGA, H. A. C. & SILVA JUNIOR, J.

P. “A Disciplina Eficiência Energética: Características e Metodologia de Ensino-Aprendizagem”. *Revista de Engenharia*, Brasília, vol. 26, n. 1, pp. 43-51, 2007.

SEVERINO, A. J. “Docência Universitária: a Pes-

quisa como Princípio Pedagógico”. *Revista @mbienteeducação*, São Paulo, vol. 2, n. 1, pp. 120-128, jan./jul. 2009.

USP – Universidade de São Paulo. *Anuário Estatístico USP*. São Paulo: VREA/USP, 2013. 437 p.

## Anexo

Na tabela a seguir são apresentadas 47 coletas automáticas. Listam-se, a título de exemplo, apenas dez dos 28 canais de dados do analisador utilizado no experimento.

Saga 4000 – Landis + Gyr												
			Canal 03	Canal 06	Canal 09	Canal 11	Canal 12	Canal 13	Canal 17	Canal 25	Canal 29	Canal 33
Registro	Data	Hora	V1	V2	V3	I1	I2	I3	Pt	Qcht	FPt	St
			(V)	(V)	(V)	(A)	(A)	(A)	(W)	(var)		
446	13/11/2014	00:00:00	127	128	128	7	5	3	1701	-452	-0,97	1760
448	13/11/2014	00:30:00	127	127	127	7	5	3	1754	-456	-0,97	1812
450	13/11/2014	01:00:00	128	128	128	7	5	3	1710	-437	-0,97	1765
452	13/11/2014	01:30:00	127	128	128	7	4	3	1627	-500	-0,96	1702
454	13/11/2014	02:00:00	128	129	129	7	4	3	1635	-489	-0,96	1707
456	13/11/2014	02:30:00	128	129	129	7	4	3	1637	-488	-0,96	1708
458	13/11/2014	03:00:00	128	129	129	7	4	3	1637	-483	-0,96	1706
460	13/11/2014	03:30:00	128	129	129	7	4	3	1635	-482	-0,96	1705
462	13/11/2014	04:00:00	129	129	129	7	4	3	1640	-476	-0,96	1707
464	13/11/2014	04:30:00	129	129	129	7	4	3	1636	-477	-0,96	1704
468	13/11/2014	05:30:00	128	129	129	7	4	3	1623	-485	-0,96	1694
470	13/11/2014	06:00:00	128	128	129	7	5	3	1697	-430	-0,97	1751
472	13/11/2014	06:30:00	128	128	128	6	4	1	1283	-251	-0,98	1307
474	13/11/2014	07:00:00	127	128	128	25	25	24	9000	2798	0,95	9425
476	13/11/2014	07:30:00	126	126	127	23	23	22	8082	2680	0,95	8515
478	13/11/2014	08:00:00	126	127	127	26	24	24	8803	3084	0,94	9328
480	13/11/2014	08:30:00	126	127	127	25	26	26	9355	2915	0,95	9799
482	13/11/2014	09:00:00	125	126	126	46	45	48	15947	7287	0,91	17533
484	13/11/2014	09:30:00	125	126	126	77	72	78	26166	11253	0,92	28484
486	13/11/2014	10:00:00	125	126	126	73	64	77	25185	8969	0,94	26734
488	13/11/2014	10:30:00	125	125	126	33	30	38	12103	3791	0,95	12683
490	13/11/2014	11:00:00	125	126	126	32	30	37	11511	4248	0,94	12270
492	13/11/2014	11:30:00	126	126	127	28	24	28	9483	3381	0,94	10068
494	13/11/2014	12:00:00	127	127	128	25	22	25	8566	3033	0,94	9087
496	13/11/2014	12:30:00	127	128	128	5	4	0	1045	-102	-1,00	1050
498	13/11/2014	13:00:00	126	127	127	9	8	8	3242	-54	-1,00	3243
500	13/11/2014	13:30:00	126	127	127	24	27	21	8472	2990	0,94	8984
502	13/11/2014	14:00:00	125	126	126	54	34	50	16235	4138	0,97	16754
504	13/11/2014	14:30:00	125	126	126	96	74	96	31460	10073	0,95	33033
506	13/11/2014	15:00:00	125	126	126	94	70	96	30823	9725	0,95	32321
508	13/11/2014	15:30:00	125	126	126	95	67	96	30442	9928	0,95	32020
510	13/11/2014	16:00:00	126	127	127	79	63	79	26218	9464	0,94	27874
512	13/11/2014	16:30:00	125	126	127	93	62	88	28784	9270	0,95	30240

514	13/11/2014	17:00:00	126	127	127	104	64	99	31727	10010	0,95	33269
516	13/11/2014	17:30:00	126	127	127	68	73	96	28367	6167	0,98	29030
518	13/11/2014	18:00:00	127	127	128	13	48	45	12413	-163	-1,00	12414
520	13/11/2014	18:30:00	126	127	127	41	80	83	23970	6551	0,96	24849
522	13/11/2014	19:00:00	126	127	127	40	76	80	23167	6266	0,97	24000
524	13/11/2014	19:30:00	126	127	127	39	74	78	22502	6322	0,96	23373
526	13/11/2014	20:00:00	124	125	125	41	75	78	22727	5859	0,97	23470
528	13/11/2014	20:30:00	125	125	126	39	66	69	20459	5463	0,97	21175
530	13/11/2014	21:00:00	125	126	126	38	65	67	20176	5562	0,96	20928
532	13/11/2014	21:30:00	126	126	127	32	34	33	11222	5622	0,89	12551
534	13/11/2014	22:00:00	126	126	126	23	23	22	7712	3534	0,91	8483
536	13/11/2014	22:30:00	126	127	127	7	4	3	1543	-500	-0,95	1622
538	13/11/2014	23:00:00	127	127	128	7	4	3	1559	-491	-0,95	1634
540	13/11/2014	23:30:00	127	128	128	7	4	3	1566	-491	-0,95	1641

*Publicado em 30/06/2017.*