

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

Análise de medidas de gestão energética no contexto do Campus da USP São Carlos

Monografia apresentada como avaliação da
Disciplina SEL0444 – Projeto de Formatura II.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino

Aluno: Reinaldo Botechia Júnior

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

BB748a Botechia Júnior, Reinaldo
Análise de medidas de gestão energética no contexto
do campus da USP São Carlos / Reinaldo Botechia Júnior;
orientador Rogério Andrade Flauzino. São Carlos, 2014.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2014.

1. Gestão energética. 2. geração independente de
energia. 3. redução de custos com energia. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Reinaldo Botechia Junior

Título: “Análise de medidas de gestão energética no contexto do Campus da USP São Carlos”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado

em 24 / 11 / 2014,

com NOTA 7,5 (sete , cinco), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino - (Orientador - SEL/EESC/USP)

Mestre Oureste Elias Batista - (Doutorando - SEL/EESC/USP)

Mestre Lucas Assis de Moraes - (Doutorando - SEL/EESC/USP)

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel

Resumo

Esse trabalho consiste na análise de medidas de gestão energética no contexto do campus I da USP São Carlos. Primeiramente foi realizado um estudo em torno do perfil de consumo de energia elétrica do campus através do levantamento de informações presentes nas faturas de energia elétrica. Após a devida modelagem e análise dessas informações foram definidas as características atuais e traçadas previsões para o consumo de energia e demanda de potência. A partir desses resultados foram propostas ações como a gestão de demanda e a geração independente de energia no horário de ponta através de grupos geradores para se obter uma possível redução no gasto com energia elétrica. Por fim, essas propostas tiveram seu dimensionamento e viabilidade avaliados no trabalho, juntamente com seu impacto e retorno para a instituição.

Palavras-chave: Gestão energética, geração independente de energia, redução de custos com energia.

Abstract

This work consists in the analysis of energy management measures in the context of campus I of USP São Carlos. First, a study was conducted around the electricity consumption profile on campus by collecting information present in the electricity bills. After proper modeling and analysis of such information, current characteristics were defined and traced to forecasts for energy consumption and power demand. From these results, actions such as demand management and the independent power generation during peak hours through generators, it has been proposed to obtain a possible reduction in energy costs. Finally, these proposals had their sizing and viability assessed at work, along with their impact and return to the institution.

Keywords: energy management, independent power generation, energy costs reduction.

Lista de Figuras

Figura 1: Consumo total - Prefeitura Área Norte	22
Figura 2: Consumo detalhado – Prefeitura Área Norte.....	22
Figura 3: Consumo total – Prefeitura Área Sul.....	23
Figura 4: Consumo detalhado – Prefeitura Área Sul.....	24
Figura 5: Consumo total - IFSC I.....	25
Figura 6: Consumo detalhado - IFSC I.....	25
Figura 7: Consumo total - IFSC II.....	26
Figura 8: Consumo detalhado - IFSC II.....	27
Figura 9: Consumo total registrado pelos quatro medidores.....	28
Figura 10: Consumo detalhado registrado peloos quatro medidores.....	28
Figura 11: Demanda Contratada e Registrada - Prefeitura Área Norte.....	30
Figura 12: Demanda Contratada e Registrada - Prefeitura Área Sul de 2007 a 2009.....	31
Figura 13: Demanda Contratada e Registrada em Horário de Ponta - Prefeitura Área Sul de 2010 a 2011.....	31
Figura 14: Demanda Contratada e Registrada em Horário Fora de Ponta - Prefeitura Área Sul de 2010 a 2011.....	32
Figura 15: Demanda Contratada e Registrada - IFSC I.....	33
Figura 16: Demanda Contratada e Registrada - IFSC II.....	34
Figura 17: Demanda Contratada e Registrada para os quatro medidores.....	35
Figura 18: Tela de definição de parâmetros do projeto do GenSize.....	42
Figura 19: Tabela de preços para o consumo em Horário de Ponta da Tarifa Verde ..	44
Figura 20: Tabela de preços para Demanda Contratada e Demanda de Ultrapassagem da Tarifa Verde (CPFL, 2014).....	45
Figura 21: Amortização do investimento inicial em função do tempo.....	49

Lista de Tabelas

Tabela 1: Consumo total – Prefeitura Área Norte.....	23
Tabela 2: Consumo total – Prefeitura Área Sul.	24
Tabela 3: Consumo total - IFSC I.....	25
Tabela 4: Consumo detalhado - IFSC II.....	27
Tabela 5: Consumo total registrado pelos quatro medidores.	29
Tabela 6: Média das demandas registradas por ano – Prefeitura Área Norte.	30
Tabela 7: Média das demandas registradas por ano (2007 a 2009) – Prefeitura Área Sul.	32
Tabela 8: Média das demandas registradas por ano (2010 e 2011) – Prefeitura Área Sul.	32
Tabela 9: Média das demandas registradas por ano – IFSC I.....	33
Tabela 10: Média das Demandas Registradas por ano - IFSC II.....	34
Tabela 11: Média das demandas registradas por ano para os quatro medidores.	35
Tabela 12: Demanda contratada e registrada total da instalação no ano de 2011	38
Tabela 13: Soma do Consumo em Horário de Ponta registrado por todos os medidores no ano de 2011.....	39
Tabela 14: Soma da Demanda Registrada por todos os medidores no ano de 2011..	39
Tabela 15: Previsão de crescimento da Demanda Média em Horário de Ponta ao longo dos anos.	41
Tabela 16: Média da Demanda Contratada em cada ano.	45
Tabela 17: Consumo em Horário de Ponta registrado em cada mês em 2011.....	46
Tabela 18: Soma do Consumo em Horário de Ponta de todos os medidores a cada ano.	47
Tabela 19: Valor economizado com o Consumo em Horário de Ponta a cada ano e valor acumulado.	48
Tabela 20: Valor economizado com a contratação de Demanda a cada ano e valor acumulado.....	48
Tabela 21: Valor total economizado a cada ano e valor acumulado.....	49

Sumário

Resumo	v
Abstract	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Sumário	ix
1. Introdução.....	11
1.1. Apresentação	11
1.2. Justificativa.....	11
1.3. Objetivo	12
1.4. Estrutura do trabalho	12
2. Fundamentos da Gestão Energética.....	14
3. Conceitos preliminares	16
4. Estrutura do sistema tarifário	18
5. Análise de dados	21
5.1. Dados de consumo.....	21
5.1.1. Medidor Prefeitura Área Norte	21
5.1.2. Medidor Prefeitura Área Sul.....	23
5.1.3. Medidor IFSC I	24
5.1.4. Medidor IFSC II	26
5.1.5. Análise dos quatro medidores em conjunto	28
5.2. Dados de Demanda.....	29
5.2.1. Medidor Área Norte	29
5.2.2. Medidor Área Sul.....	30
5.2.3. Medidor IFSC I	33
5.2.4. Medidor IFSC II	34
5.2.5. Análise dos quatro medidores em conjunto	34
5.3. Conclusões das análises	36
6. Ações para redução da fatura de energia elétrica.....	37
6.1. Ação Administrativa - Gestão da demanda.....	37
6.2. Ação técnica – Implantação de Grupos Geradores Diesel.....	40
6.2.1. Grupo Diesel-Gerador: Definição e características.....	40
6.2.2. Dimensionamento dos Geradores	41
6.2.3. Custo médio do kWh Gerado.....	43

6.2.4.	Custo médio do kWh fornecido pela concessionária.....	43
6.2.5.	Previsão de economia na fatura	44
6.2.6.	Investimento inicial	47
6.2.7.	Retorno do investimento.....	48
6.2.8.	Análise.....	49
7.	Conclusões.....	51
	Referências bibliográficas.....	53
	Bibliografia consultada.....	54

1. Introdução

1.1. Apresentação

Esse trabalho foi realizado durante as disciplinas SEL0442 – Projeto de Formatura I e SEL0444 – Projeto de Formatura II, do curso de Engenharia Elétrica, com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação, da Escola de Engenharia de São Carlos – USP. A motivação desse projeto surgiu do trabalho “Avaliação do consumo de energia do Campus USP de São Carlos e definições de ações” realizado por Aline Franqui e Gabriel Francisco dos Santos para o Projeto Ensinar com Pesquisa da USP, tendo como orientador o Prof. Dr. Rogério Andrade Flauzino e como colaborador o M.Sc Oureste Elias Batista.

O projeto consiste em analisar o perfil de consumo de energia elétrica do Campus I da USP São Carlos e, a partir dessa análise e dos conceitos da Gestão Energética, propor ações administrativas e técnicas para redução da fatura de energia elétrica.

1.2. Justificativa

A energia elétrica está ligada direta ou indiretamente à maioria das atividades de todos os setores (indústria, comércio e serviços), impactando no custo de seus produtos e, sendo assim, um insumo essencial e insubstituível. Juntamente com o crescimento do consumo de energia elétrica, as dificuldades crescentes para atender à demanda, o elevado custo das alternativas de suprimento e o impacto de novas plantas geradoras ao meio ambiente faz com que seja necessário otimizar a utilização desse recurso.

A otimização do consumo está ligada tanto à demanda por parte dos consumidores citados acima, quanto à oferta por parte do Sistema Elétrico de Potência (SEP). A coordenação realizada pelas duas partes pode evitar grandes desperdícios de energia e sobrecarga do sistema. A Gestão Energética (GE) aplicada a uma instalação se mostra como uma ótima forma de aumentar a eficiência da relação entre o SEP e o consumidor em questão.

Essa Gestão consiste no conhecimento das informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos; processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável; e as possibilidades de economia de energia. Também compreende o acompanhamento dos índices de controle, como: consumo de energia (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados, e fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação. Ademais, é preciso atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, implementar ou acompanhar as melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados (Rocha & Monteiro, 2005).

1.3. Objetivo

Esse trabalho consiste na análise de medidas de gestão energética no contexto do Campus da USP São Carlos. Buscando a redução do consumo e uma melhor utilização da energia elétrica, foram analisadas as contas dos quatro medidores existentes no campus no período de 2007 a 2011. Através da análise do consumo e do faturamento, e considerando outros fatores, como o sistema tarifário vigente, serão propostas ações para atingir a otimização do consumo de energia elétrica e um possível retorno financeiro.

1.4. Estrutura do trabalho

O trabalho foi estruturado em capítulos para apresentar um desenvolvimento lógico e melhor entendimento. Esse primeiro capítulo consiste na introdução, apresentando a motivação, justificativa e objetivos.

Nos capítulos 2, 3 e 4 serão apresentados conceitos e definições fundamentais para o desenvolvimento, sendo eles os fundamentos da Gestão Energética, conceitos relativos ao consumo de energia e demanda de potência pertinentes à análise das faturas e, por fim, um breve detalhamento do sistema tarifário brasileiro.

O capítulo 5 apresenta a análise dos dados obtidos das faturas de energia elétrica do campus, feita através da organização dos dados e dispondo-os em gráficos e tabelas.

No capítulo 6 são apresentadas as ações para redução da fatura e otimização do consumo, baseando-se nos resultados obtidos no capítulo anterior. Também é feita a análise de viabilidade das ações e seu impacto do ponto de vista técnico e financeiro.

Por fim, no sétimo e último capítulo são feitas as considerações finais, apresentando conclusões e sugestões para futuros projetos.

2. Fundamentos da Gestão Energética

A Gestão Energética é um conceito amplo que se define e se adapta de acordo com seu contexto de aplicação, porém tem como princípio básico a aplicação estruturada de uma série de técnicas de gestão que permite a uma organização identificar e implementar ações que reduzam o consumo e custos com energia.

Um sistema de gestão energética deve compreender: o conhecimento das informações relacionadas aos fluxos de energia ao longo dos processos internos; o acompanhamento dos índices de controle como: consumo de energia, custos específicos, fator de carga e os valores médios contratados, faturados e registrados de energia; e a atuação nos índices com intuito de reduzir o consumo e o custo da energia, através de ações que conduzam para uma utilização racional de energia (MARQUES, HADDAD, & MARTINS, 2007)

Assim como seu conceito, a aplicação da Gestão Energética não tem dimensão fixa e não é direcionada por uma única metodologia. Desta forma, cada organização pode ter um sistema particular que atenda às suas necessidades e ao seu perfil energético característico, apresentando processos quase exclusivos em níveis mais baixos do sistema de gestão energética.

Dos formatos possíveis, em níveis mais altos, um sistema de gestão eficaz apresentará as seguintes atividades (VAN GORP, 2004):

- Modelagem e Previsão: construção de modelos para o consumo de energia elétrica, envolvendo o monitoramento, coleta e tratamento matemático de dados;
- Benchmarking: comparação do consumo de energia de diferentes organizações uma com a outra ou utilização normas de referência reconhecidas;
- Análise do consumo e custo da energia: determinação onde, como, quanto e quando a energia é consumida dentro de uma instalação, e verificação da fatura mensal;

- Medição e verificação: monitoração em tempo real do consumo para acompanhamento dos resultados de medidas de conservação de energia.

Baseado no contexto em que foi desenvolvido esse trabalho, as ações de gestão serão distribuídas em duas frentes: ações administrativas e técnicas, sendo as duas interdependentes e necessárias para um impacto positivo e duradouro no sistema em que estão sendo aplicadas.

As ações administrativas consistem basicamente em duas adequações, focadas na contratação de demanda e na classe tarifária, que juntas podem ser consideradas como uma otimização contratual para a organização. A primeira tem como principal objetivo reduzir a diferença entre demanda contratada e demanda registrada, diminuindo os gastos com demanda e contribuindo para o sistema elétrico; a segunda objetiva escolher a modalidade tarifária, de acordo com o perfil de consumo, que apresente o menor custo médio de energia. Essas adequações são realizadas baseadas no sistema tarifário vigente e nos dados referentes ao consumo, devidamente organizados e analisados.

No âmbito técnico, as ações têm como objetivo principal a melhoria do fator de carga, ou seja, aumentar o resultado da relação entre demanda média e demanda máxima durante um determinado período de tempo. O aumento do fator de carga acarreta na diminuição do preço médio pago pelo consumo de energia, melhor aproveitamento da instalação elétrica e assim, conseqüentemente, conduz à otimização dos investimentos possíveis para ela.

Outra ação de cunho técnico que impacta diretamente no custo da energia elétrica é a utilização da geração independente de energia, de forma que a instalação não utilize ou utilize menos energia provida pela rede de distribuição durante um período de tempo. O bom desempenho desse tipo de ação depende fortemente no estudo de sua viabilidade econômica e no seu posicionamento estratégico em relação à instalação e seu perfil de consumo.

3. Conceitos preliminares

Para o desenvolvimento das análises e conclusões desse trabalho é necessária a definição de conceitos e terminologias importantes para realização dos mesmos, entre eles temos (Batista, 2011):

- Energia Ativa: é a energia capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt-hora (kWh) e é utilizada para medir o consumo de energia elétrica de uma instalação.

- Energia Reativa: é a energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e que não produz trabalho. A unidade de medida é o quilovolt –ampere reativo-hora (kVarh).

- Energia Aparente: É a energia resultante da soma vetorial das energia ativa e energia reativa. É aquela que a concessionária realmente fornece para o consumidor (kVA).

- Potência: é a quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade usada é o quilowatt (kW).

- Demanda: é a potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de 15 (quinze) minutos.

- Demanda Contratada: demanda a ser obrigatória e continuamente colocada à disposição do cliente, por parte da concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixado em contrato.

- Fator de carga: relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido.

- Fator de potência: relação entre energia ativa e reativa horária, a partir de leituras dos respectivos aparelhos de medição.

- Tarifa de demanda: valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal.

- Tarifa de consumo: valor, em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal.

- Tarifa de ultrapassagem: tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que superar o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância.

- Tarifação horo-sazonal (THS): sistema de tarifas que considera os segmentos horo-sazonais para precificar a energia.

- Horário de ponta (HP): período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre 17h e 22h, exceção feita a sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados definidos por lei federal: 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro. Neste intervalo a energia elétrica é mais cara.

- Horário fora de ponta (HFP): são as horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados e domingos e dos onze feriados indicados acima. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata.

- Período seco: é o período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro de cada ano.

- Período úmido: é o período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril de ano seguinte.

4. Estrutura do sistema tarifário

Um ponto importante da Gestão Energética é a adequação da instalação ao sistema tarifário, de forma que haja a melhor utilização possível da energia ao menor custo possível. O sistema tarifário brasileiro vigente divide os consumidores em dois grandes grupos baseado na tensão contratada, acima de 2,3 kV, grupo A, e abaixo de 2,3 kV, grupo B.

As modalidades tarifárias consideram as características do acessante, subsídios e benefícios tarifários, diferenciando, na medida do possível, cada usuário de acordo com o impacto que ele provoca ao sistema e a sua participação na recuperação dos custos envolvidos no seu atendimento, bem como busca definir sinais de preços para induzir o mercado acessante a um comportamento racional sobre os custos do sistema. Para tanto, define-se tarifas por unidades de demanda (R\$/kW) e energia (R\$/MWh), e diferenciadas por períodos do dia e também ao longo do ano (Kelman, 2005).

A demanda de potência é medida em quilowatt e corresponde à média da potência elétrica solicitada pelo consumidor à empresa distribuidora, durante um intervalo de tempo especificado normalmente 15 minutos e é faturada pelo maior valor medido durante o período de fornecimento, normalmente de 30 dias. O consumo de energia é medido em quilowatt-hora (kWh) ou em megawatt-hora (MWh) e corresponde ao valor acumulado pelo uso da potência elétrica disponibilizada ao consumidor ao longo de um período de consumo, normalmente 30 dias.

Como os medidores do campus são atendidos em média tensão (11,9 – 13,8 kV) eles se enquadram no grupo A de tarifação. Os consumidores que se encontram nesse grupo podem estar sujeitos a três tipos de modalidade tarifária, são elas: *convencional, horo-sazonal azul e horo-sazonal verde*.

A *estrutura tarifária convencional* é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

A *tarifa horo-sazonal azul* é a modalidade de fornecimento estruturada para a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as

horas de utilização do dia e dos períodos de ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia.

A *tarifa horo-sazonal verde*, é a modalidade de fornecimento estruturada para a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.

Para consumidores do grupo A com tensão contratada abaixo de 69 kV e demanda igual ou superior a 300 W, pode ser feita a escolha entre as duas modalidades da tarifa horo-sazonal.

As tarifas para o grupo B são construídas baseadas somente no consumo de energia, implicando no fato de que o custo por demanda de potência está incorporado no preço do kWh.

Recentemente o sistema tarifário brasileiro adotou um novo parâmetro para definição das taxas de consumo, o chamado Sistema de Bandeiras Tarifárias. Esse sistema tem como principal função repassar os custos adicionais de geração presentes em alguns períodos do ano.

A energia elétrica no Brasil é gerada predominantemente por usinas hidrelétricas. Para funcionar, essas usinas dependem das chuvas e do nível de água nos reservatórios. Quando há pouca água armazenada, usinas termelétricas podem ser ligadas com a finalidade de poupar água nos reservatórios das usinas hidrelétricas. Com isso, o custo de geração aumenta, pois essas usinas são movidas a combustíveis como gás natural, carvão, óleo combustível e diesel. Por outro lado, quando há muita água armazenada, as térmicas não precisam ser ligadas e o custo de geração é menor (ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2014).

O sistema é constituído de três bandeiras: verde, amarela e vermelha – e tem os seguintes significados:

Bandeira Verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;

Bandeira Amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 1,50 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumidos;

Bandeira Vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sobre acréscimo de R\$ 3,00 para cada 100 kWh consumidos.

5. Análise de dados

Para realizar a adequação tarifária, elaborar e garantir a viabilidade de medidas para se obter uma redução no gasto mensal de energia elétrica, se faz necessário observar o histórico de consumo da instalação através do estudo e detalhamento das faturas de energia elétrica. Como citado anteriormente, foram utilizados como amostragem os dados referentes ao consumo de quatro medidores do campus (Prefeitura Área Norte, Prefeitura Área Sul, IFSC I e IFSC II), que tiveram suas contas de energia elétrica do período compreendido entre 2007 e 2011 analisadas.

A organização dos dados foi feita utilizando gráficos e tabelas ou através de cálculos específicos, baseando-se nos dados levantados foram obtidos parâmetros como: consumo ao longo de cada ano e em cada medidor, com uma linha de tendência linear, somatório de todos os consumos dos medidores em cada ano também com linha de tendência linear, demanda registrada de cada medidor e demanda registrada total, fator de carga de cada medidor e fator de carga total.

Para uma análise mais detalhada os dados e parâmetros de cada medidor serão primeiramente apresentados individualmente, e posteriormente serão todos analisados de forma global para se obter conclusões sobre o consumo de todo o campus.

5.1. Dados de consumo

5.1.1. Medidor Prefeitura Área Norte

O medidor Prefeitura Área Norte é atendido em Média Tensão (Classe 11,9 – 13,8 kV) e está sujeito a tarifa horo-sazonal verde.

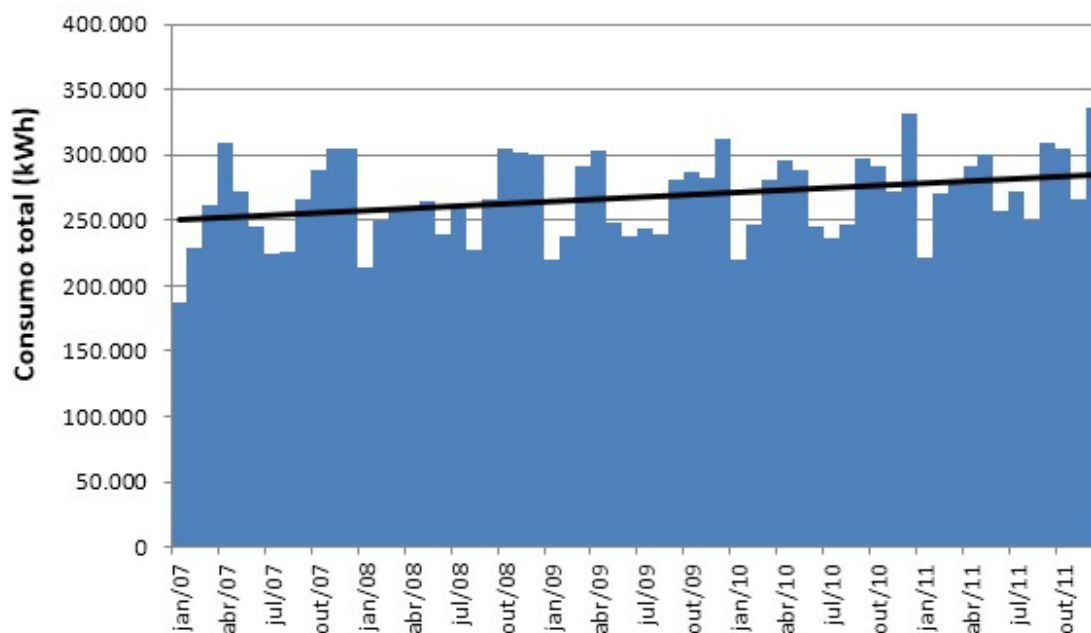


Figura 1: Consumo total - Prefeitura Área Norte

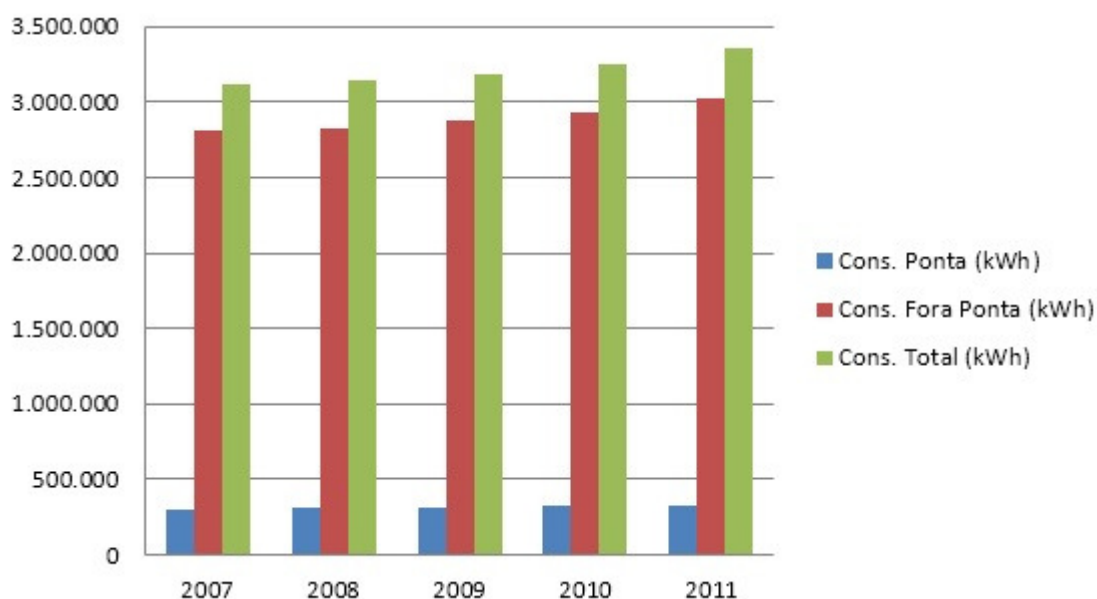


Figura 2: Consumo detalhado – Prefeitura Área Norte.

Os gráficos indicam um crescimento no consumo de energia nos últimos anos, tanto no horário de ponta quanto no horário fora de ponta. Analisando os dados podemos obter um resultado mais detalhado, que nos mostra um crescimento em torno de 7,7% ao longo do período.

Tabela 1: Consumo total – Prefeitura Área Norte

Consumo (kWh)	2007	2008	2009	2010	2011	Crescimento
Ponta	305.294	313.066	310.133	324.854	328.846	7,71%
Fora de Ponta	2.812.260	2.828.400	2.873.940	2.928.600	3.029.520	7,73%
Total	3.117.554	3.141.466	3.184.073	3.253.454	3.358.366	7,72%

5.1.2. Medidor Prefeitura Área Sul

O medidor Prefeitura Área Sul é atendido em Média Tensão (Classe 11,9 – 13,8 kV) e esteve sujeito à tarifa horo-sazonal verde de 2007 a 2009 e atualmente está sujeito à tarifa horo-sazonal azul.

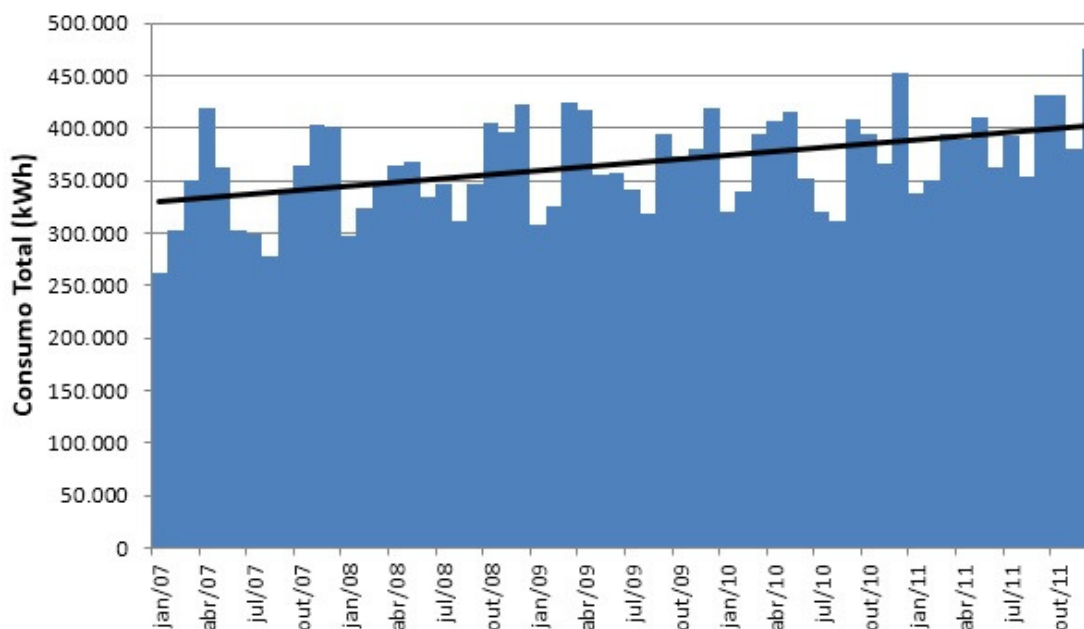


Figura 3: Consumo total – Prefeitura Área Sul.

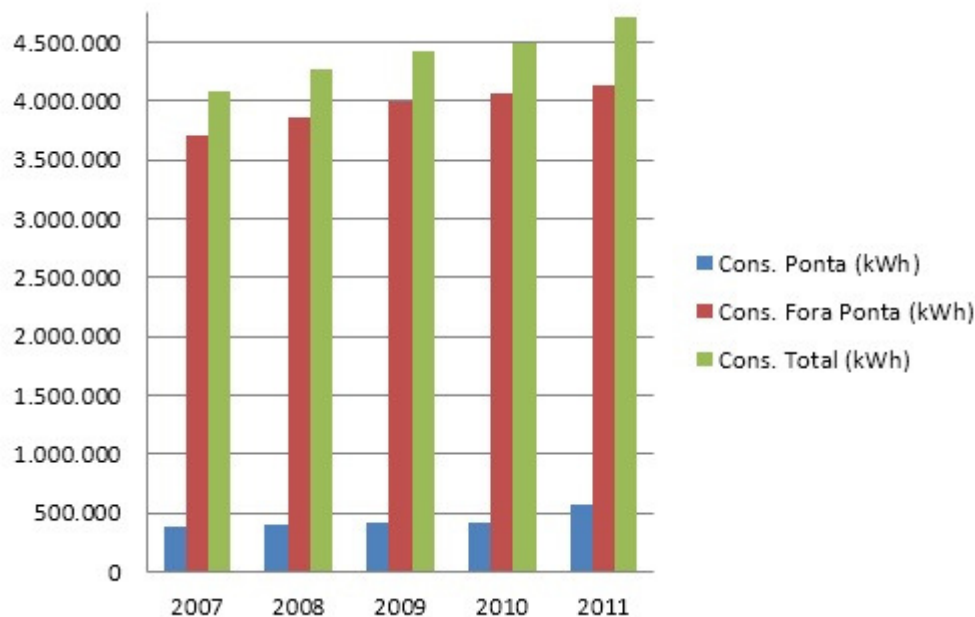


Figura 4: Consumo detalhado – Prefeitura Área Sul.

No caso do Medidor Área Sul também houve aumento no consumo durante o período analisado, porém ao observar o crescimento do consumo durante o horário de ponta nota-se um crescimento muito maior (36,35%) do que o crescimento do consumo durante o horário fora de ponta. Esse comportamento mostra a importância de ações técnicas em relação a esse tipo de consumo, que apresenta um custo relativamente alto para a instalação.

Tabela 2: Consumo total – Prefeitura Área Sul.

Consumo (kWh)	2007	2008	2009	2010	2011	Crescimento
Ponta	384.944	409.068	413.486	424.931	569.888	48,04%
Fora de Ponta	3.701.610	3.857.310	4.004.430	4.059.150	4.139.650	11,83%
Total	4.086.554	4.266.378	4.417.916	4.484.081	4.709.538	15,24%

5.1.3. Medidor IFSC I

O medidor IFSC I é atendido em Média Tensão (Classe 11,9 – 13,8 kV) e está sujeito a tarifa horo-sazonal verde.

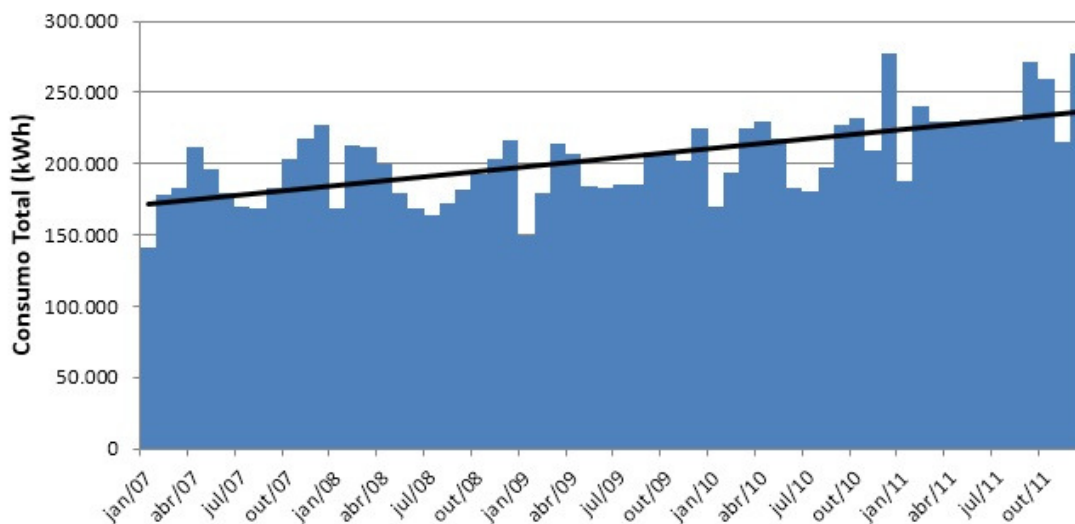


Figura 5: Consumo total - IFSC I.

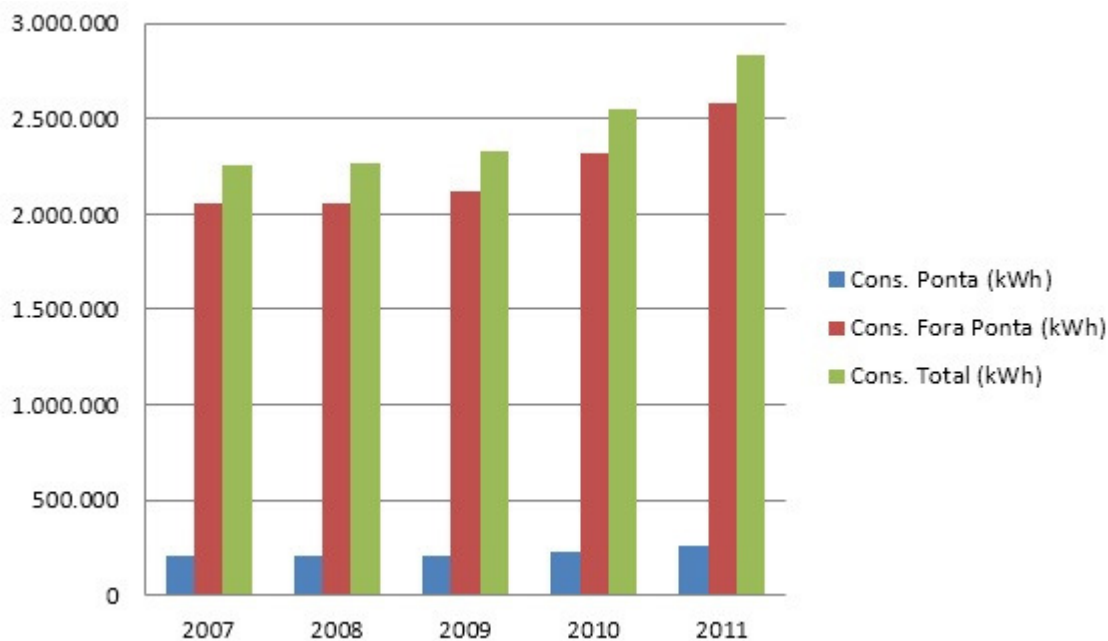


Figura 6: Consumo detalhado - IFSC I.

Assim como nos casos anteriores, também houve aumento no consumo durante o período analisado. Observa-se um alto crescimento nos dois tipos de consumo, comparando o ano inicial e final há um acréscimo de 25%.

Tabela 3: Consumo total - IFSC I.

Consumo (kWh)	2007	2008	2009	2010	2011	Crescimento
Ponta	203.990	210.135	206.833	227.890	254.473	24,75%

Fora de Ponta	2.054.940	2.057.460	2.123.580	2.318.100	2.578.260	25,47%
Total	2.258.930	2.267.595	2.330.413	2.545.990	2.832.733	25,40%

5.1.4. Medidor IFSC II

O medidor IFSC II é atendido em Média Tensão (Classe 11,9 – 13,8 kV) e está sujeito a tarifa horo-sazonal verde.

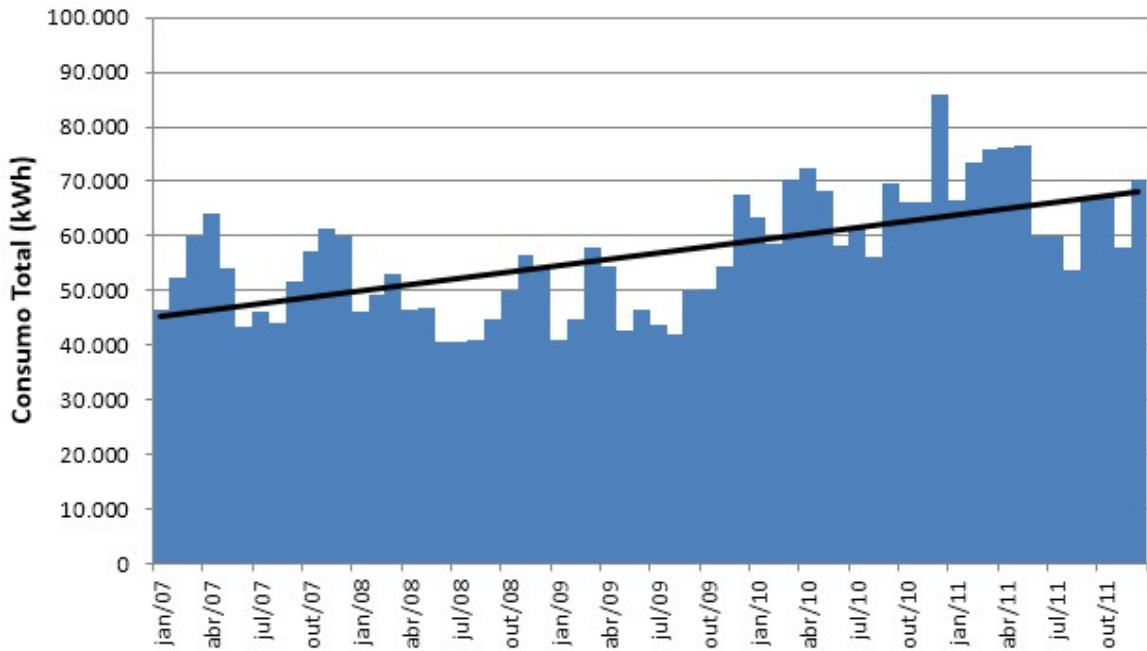


Figura 7: Consumo total - IFSC II.

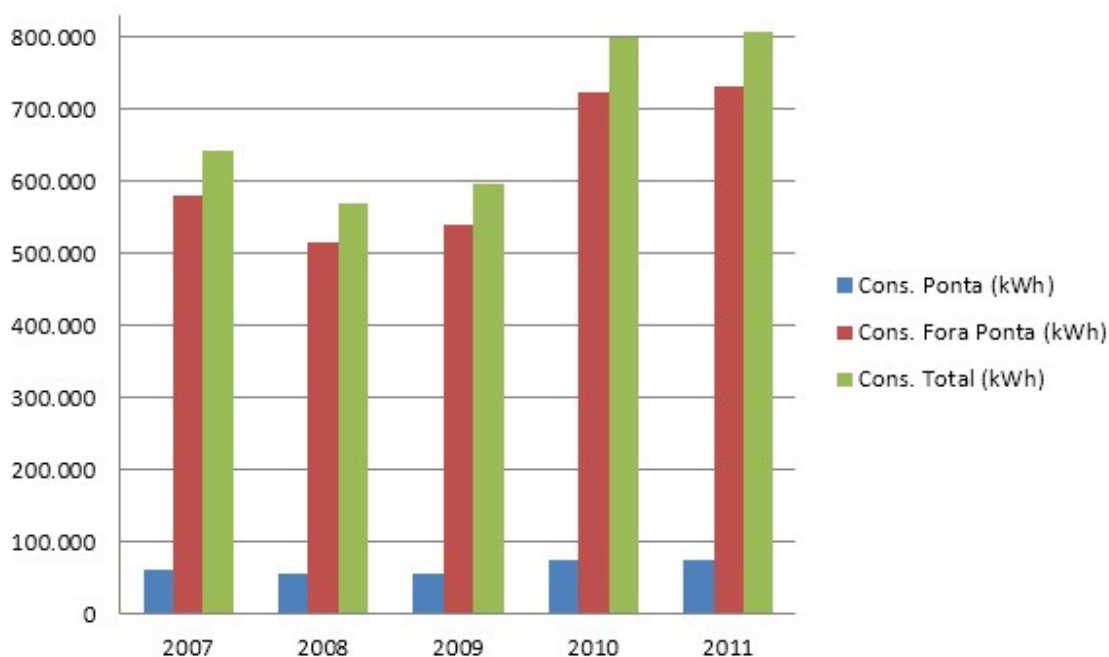


Figura 8: Consumo detalhado - IFSC II.

Novamente pode-se constatar o aumento do consumo total medido no período e, assim como nos medidores anteriores, nota-se um grande crescimento em ambos os tipos de consumo.

Tabela 4: Consumo detalhado - IFSC II

Consumo (kWh)	2007	2008	2009	2010	2011	Crescimento
Ponta	61.768	55.124	56.482	73.770	74.378	20,42%
Fora de Ponta	578.880	514.470	538.950	723.630	730.860	26,25%
Total	640.648	569.594	595.432	797.400	805.238	25,69%

5.1.5. Análise dos quatro medidores em conjunto

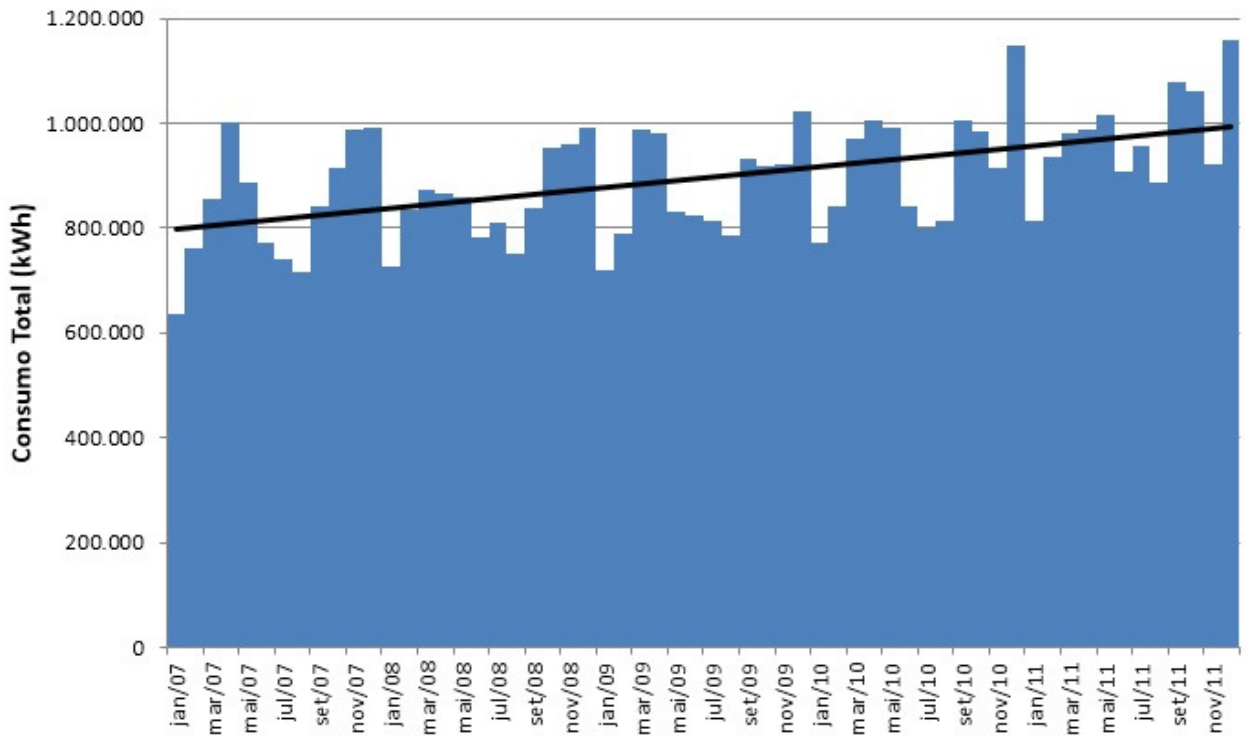


Figura 9: Consumo total registrado pelos quatro medidores.

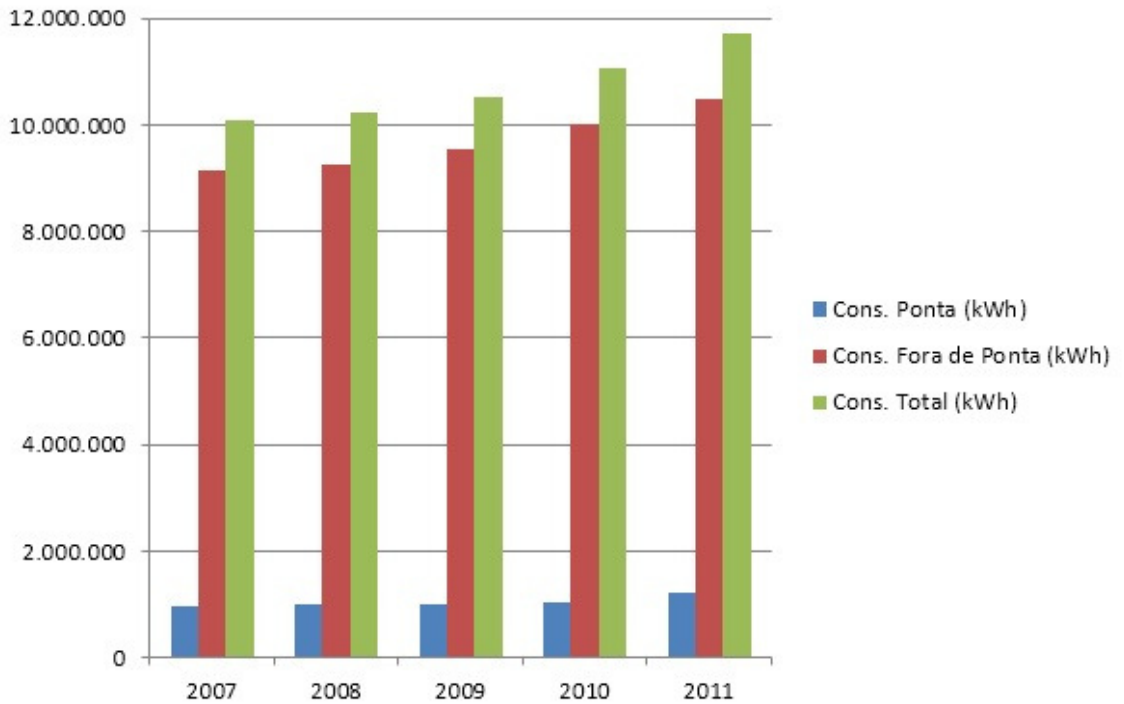


Figura 10: Consumo detalhado registrado peloos quatro medidores.

Como indicado pela análise individual dos medidores, nota-se o crescimento do consumo de energia elétrica da instalação de forma global, no horário de ponta e fora de ponta. Porém, a variação mais notória e crítica do ponto de vista da G.E., é o grande crescimento do consumo no horário de ponta, pois esse representa um grande acréscimo na fatura de energia elétrica devido ao preço cobrado pelo kWh nesse segmento horário.

Tabela 5: Consumo total registrado pelos quatro medidores.

Consumo (kWh)	2007	2008	2009	2010	2011	Crescimento
Ponta	955.996	987.393	986.934	1.051.445	1.227.585	28,41%
Fora de Ponta	9.147.690	9.257.640	9.540.900	10.029.480	10.478.290	14,55%
Total	10.103.686	10.245.033	10.527.834	11.080.925	11.705.875	15,86%

A tabela acima mostra de forma mais clara um crescimento percentual quase duas vezes maior do consumo no horário de ponta em comparação com o consumo no horário fora de ponta.

5.2. Dados de Demanda

5.2.1. Medidor Área Norte

No período analisado também houve aumento da Demanda Registrada pelo medidor em questão, como mostra os dados e o gráfico abaixo:

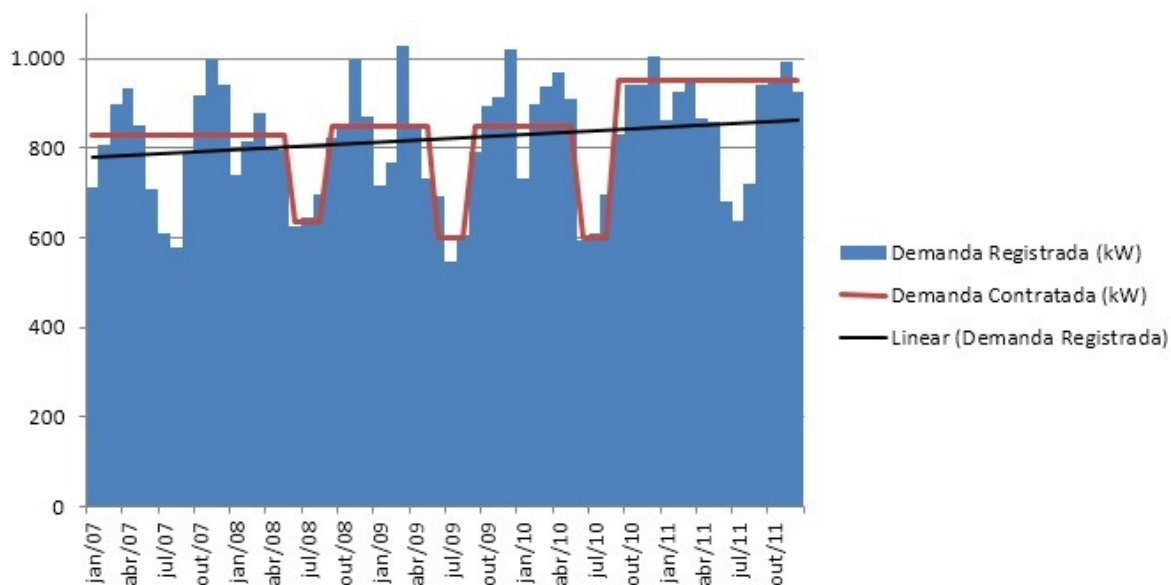


Figura 11: Demanda Contratada e Registrada - Prefeitura Área Norte.

Tabela 6: Média das demandas registradas por ano – Prefeitura Área Norte.

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Média Demanda Registrada (kW)	813	796	797	839	860

A tabela acima nos mostra um crescimento da média da Demanda Registrada durante o primeiro e o último ano de análise, de 5,8%.

5.2.2. Medidor Área Sul

Esse medidor teve sua classe tarifária alterada durante o período de análise, portanto a partir do ano de 2010 apresenta cobrança diferenciada para as demandas no horário de ponta e no horário fora de ponta.



Figura 12: Demanda Contratada e Registrada - Prefeitura Área Sul de 2007 a 2009.



Figura 13: Demanda Contratada e Registrada em Horário de Ponta - Prefeitura Área Sul de 2010 a 2011.

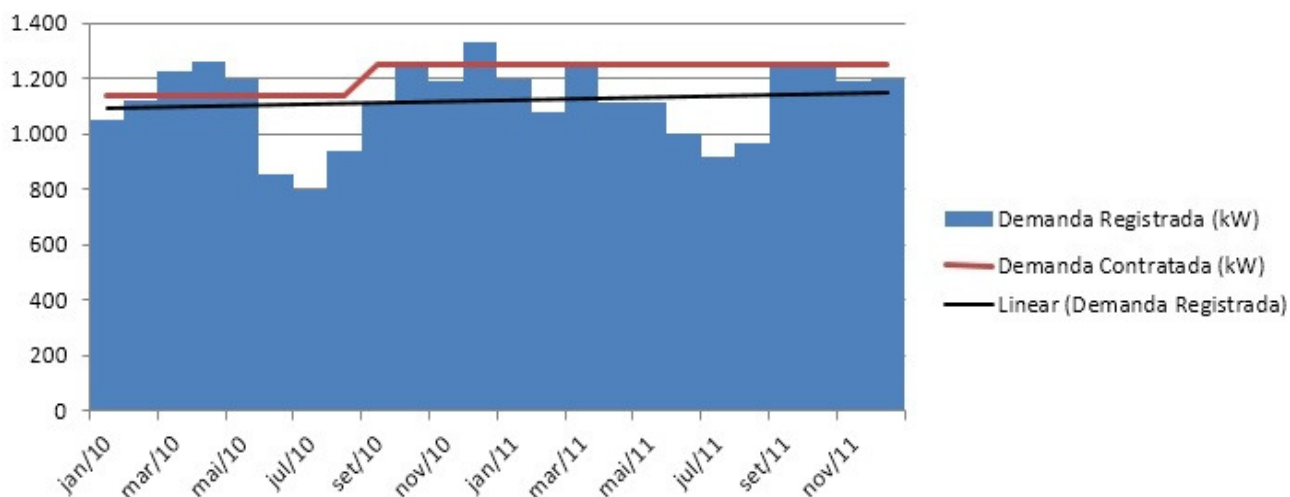


Figura 14: Demanda Contratada e Registrada em Horário Fora de Ponta - Prefeitura Área Sul de 2010 a 2011.

Tabela 7: Média das demandas registradas por ano (2007 a 2009) – Prefeitura Área Sul.

Ano	2007	2008	2009
Média Demanda Registrada (kW)	1.035	1.066	943

Tabela 8: Média das demandas registradas por ano (2010 e 2011) – Prefeitura Área Sul.

Ano	2010	2011
Média Demanda Registrada HP (kW)	768	1.074
Média Demanda Registrada HFP (kW)	1112,25	1126,333

Apesar da mudança na tarifação da demanda e oscilação da média registrada, podemos identificar um aumento geral ao longo dos anos. Nota-se também um grande aumento na demanda registrada em horário de ponta, um acréscimo de quase 40% de 2010 para 2011. Considerando a demanda registrada em horário fora de ponta, tem-se um aumento de 8,2% ao longo do período analisado.

5.2.3. Medidor IFSC I

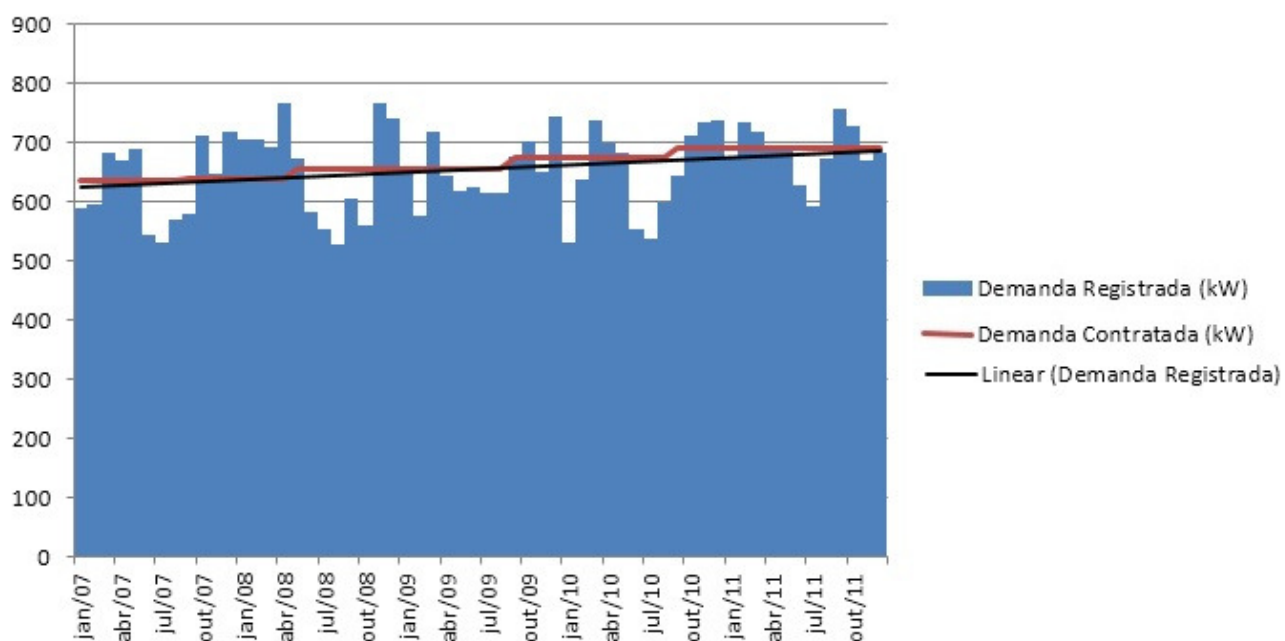


Figura 15: Demanda Contratada e Registrada - IFSC I.

Tabela 9: Média das demandas registradas por ano – IFSC I.

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Média Demanda Registrada (kW)	628	657	653	651	687

A média de Demanda Registrada no Medidor IFSC I também apresentou crescimento durante o período analisado, o aumento foi de 9,4%.

5.2.4. Medidor IFSC II

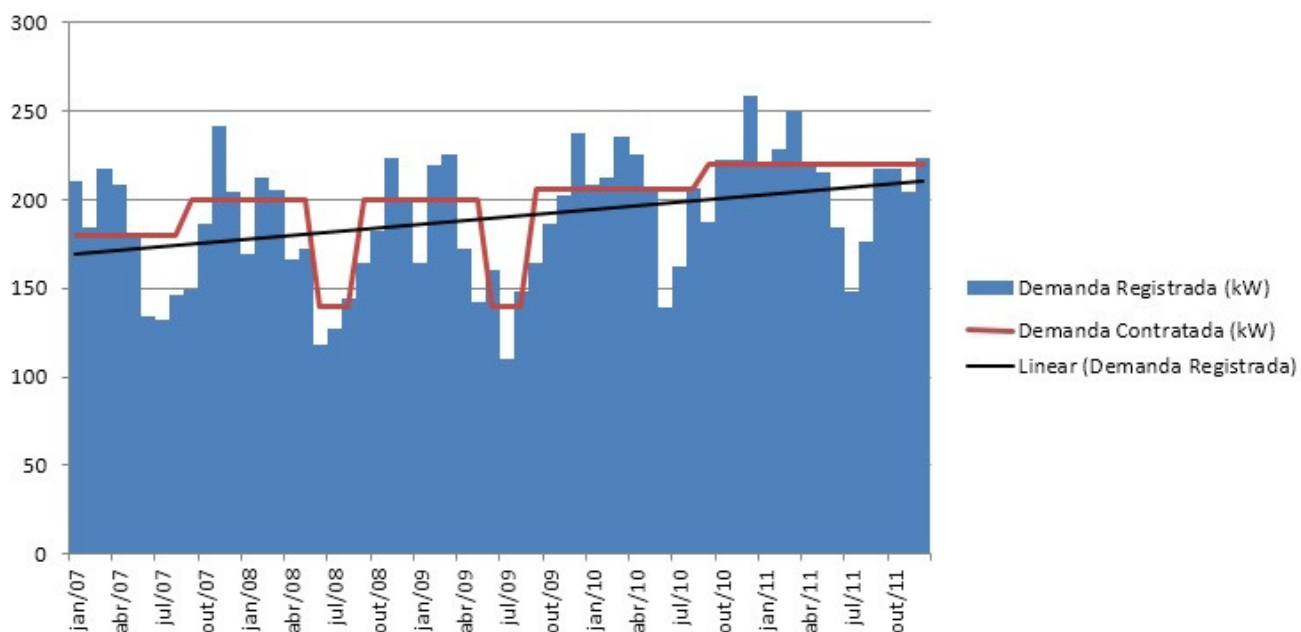


Figura 16: Demanda Contratada e Registrada - IFSC II.

Tabela 10: Média das Demandas Registradas por ano - IFSC II.

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Média Demanda Registrada (kW)	183	174	178	207	209

O Medidor IFSC II, assim como os outros, apresentou um crescimento de demanda média de 14,4% ao longo do período analisado.

5.2.5. Análise dos quatro medidores em conjunto

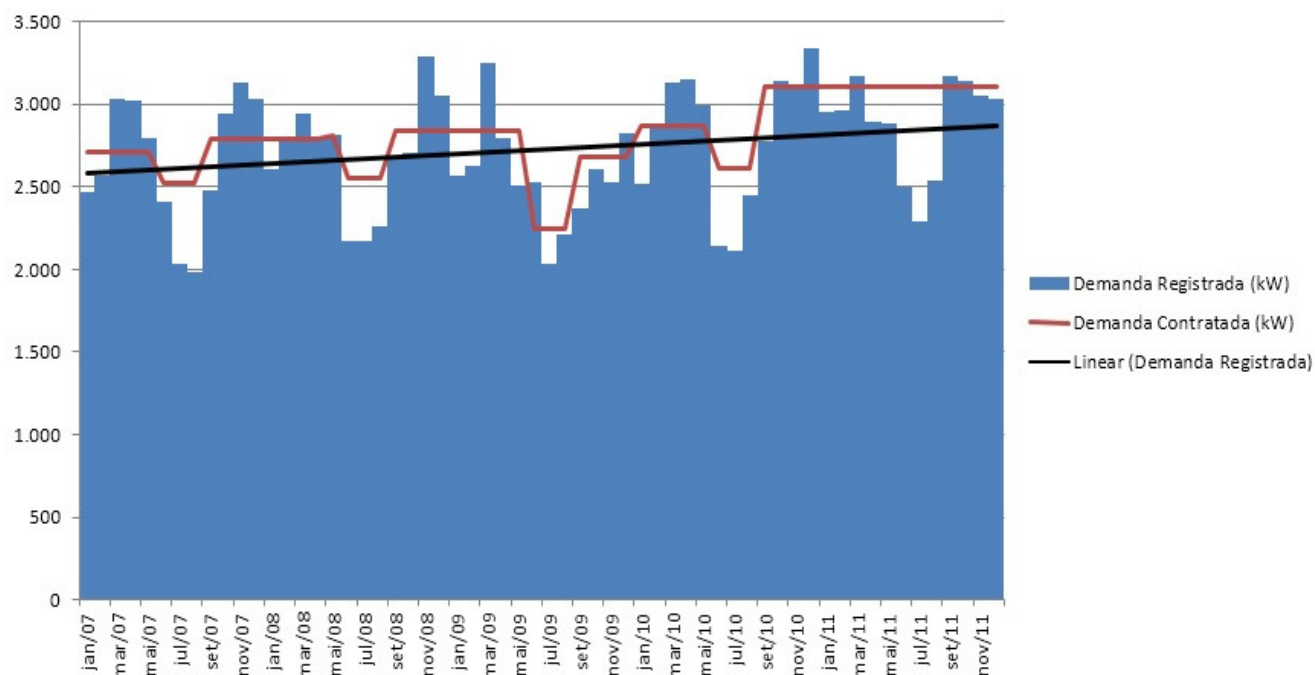


Figura 17: Demanda Contratada e Registrada para os quatro medidores.

Analisando o conjunto de medidores encontra-se o resultado esperado após a análise dos mesmos separados. Através do gráfico acima e da linha de tendência presente nele conclui-se que houve um crescimento da demanda registrada pela instalação.

Tabela 11: Média das demandas registradas por ano para os quatro medidores.

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Média Demanda Registrada (kW)	2.659	2.693	2.571	2.810	2.883

Confirmando o resultado obtido pelo gráfico, a tabela acima mostra o crescimento de forma quantitativa, a demanda média registrada pela instalação apresentou um aumento da ordem de 12,2% ao longo dos 5 anos.

Uma característica importante a ser avaliada em todos os medidores são os diversos casos de ultrapassagem de demanda e casos onde a demanda contratada está muito acima da registrada. Essas ocorrências são passíveis de ações administrativas para serem atenuadas, consequentemente otimizando a contratação de demanda.

5.3. Conclusões das análises

Através da análise dos dados de consumo e demanda de todos os medidores, ao longo dos 5 anos (2007 a 2011), ficou evidente o aumento do consumo e da demanda registrada pela instalação como um todo. O perfil relativo ao consumo de energia da unidade deixa bem claro o aumento do mesmo durante o horário de ponta, juntamente com uma tendência de crescimento para os próximos anos, essas características serão muito importantes para o desenvolvimento desse trabalho.

Como citado anteriormente, o consumo e a demanda registrados durante essa faixa horária representam um grande custo para a instalação, o kWh consumido em horário de ponta chega a ser 366% mais caro que o mesmo consumido em horário fora de ponta. No caso do campus, o consumo em horário de ponta representa em média 10% do consumo total, porém contribui com mais de 30% para os gastos com consumo de energia elétrica.

Devido ao crescimento acentuado para esse tipo de consumo demonstrado pela análise dos dados, se faz necessária a aplicação de ações técnicas previstas pela GE para diminuição desse tipo de gasto.

6. Ações para redução da fatura de energia elétrica

No caso desse trabalho será proposta a geração independente de energia elétrica durante o horário de ponta definido pela concessionária e nos casos de ultrapassagem da Demanda Contratada. A utilização da geração independente de energia elétrica se mostra como uma boa opção para suprir os requisitos de consumo e demanda da instalação, visto o alto custo da energia elétrica e da demanda durante esse período do dia e da taxa cobrada por ultrapassagem de demanda.

Para garantir a correta implantação e a eficácia de um sistema de geração independente é necessário escolher uma forma de geração economicamente viável, de alta confiabilidade e dimensioná-la corretamente aos parâmetros atuais da instalação e também prever necessidades de ampliação e escalabilidade.

Para atender a esse plano de ações e os requisitos descritos acima, foi escolhida como forma de geração independente a utilização de Grupos Geradores Diesel. A seguir será feito um maior detalhamento da proposta através de uma visão geral do grupo gerador e apresentação de algumas características. Posteriormente, será detalhado o processo de dimensionamento, baseado na Gestão de Demanda e nos dados de consumo apresentados, e, por fim, a análise de viabilidade econômica do projeto.

6.1. Ação Administrativa - Gestão da demanda

Para se otimizar a contratação de demanda e aumentar a eficácia das medidas técnicas pretendidas é necessário realizar uma gestão da demanda da instalação.

Utilizando os dados apresentados anteriormente pode-se calcular alguns parâmetros importantes para esse processo como Fator de Carga (FC) e estimativas de Demanda no HP e HFP. Juntamente com os preços da tarifa a que estão sujeitos os medidores (Horo-Sazonal Verde), obtém-se as informações necessárias para serem analisadas a fim de se otimizar a demanda contratada.

Baseando-se nas informações obtidas no último ano de medição (Tabela 12) e nos preços para a demanda contratada e ultrapassada, foi calculada a demanda ótima utilizando a ferramenta SOLVER do Excel.

Tabela 12: Demanda contratada e registrada total da instalação no ano de 2011

Data	Demanda Contratada (kW)	Demanda Registrada (kW)	Gasto
jan/11	3110	2951	R\$ 22.609,70
fev/11	3110	2962	R\$ 22.609,70
mar/11	3110	3169	R\$ 22.609,70
abr/11	3110	2893	R\$ 22.609,70
mai/11	3110	2885	R\$ 22.609,70
jun/11	3110	2497	R\$ 22.609,70
jul/11	3110	2293	R\$ 22.609,70
ago/11	3110	2539	R\$ 22.609,70
set/11	3110	3173	R\$ 22.609,70
out/11	3110	3143	R\$ 22.609,70
nov/11	3110	3052	R\$ 22.609,70
dez/11	3110	3034	R\$ 22.609,70

O valor ótimo encontrado para a Demanda Contratada no ano em questão foi de 2962 kW. Esse valor é parte de um conjunto que deverá ser levado em conta para se dimensionar o grupo gerador de acordo os objetivos propostos.

Como o projeto propõe atender ao campus durante o horário de ponta, outra informação importante para o dimensionamento do grupo gerador é a Demanda Média durante o Horário de Ponta. Baseando-se novamente no ano de 2011 e utilizando a fórmula a seguir, foi calculado esse valor:

$$D_{M.HP} = \frac{E_{HP}}{d.3} \quad (1)$$

Onde $D_{M.HP}$ é a Demanda Média durante o Horário de Ponta, E_{HP} é a soma do consumo durante o Horário de Ponta ao longo do ano, d é o número de dias no ano e 3 é o número de horas que compoem esse segmento horário ao longo do dia.

Tabela 13: Soma do Consumo em Horário de Ponta registrado por todos os medidores no ano de 2011.

Data	Consumo HP (kWh)	Dias
jan/11	65.952	31
fev/11	91.349	29
mar/11	100.778	30
abr/11	114.825	28
mai/11	106.602	32
jun/11	104.066	29
jul/11	101.580	33
ago/11	99.714	30
set/11	118.244	33
out/11	126.401	29
nov/11	91.999	29
dez/11	106.075	33
Total	1.227.585	366

Utilizando as informações da tabela acima na fórmula:

$$D_{M,HP} = \frac{1.227.585}{366.3} = 1.118 \text{ kW}$$

Outro objetivo ao se utilizar os grupos geradores é suprir a instalação caso haja ultrapassagem de demanda no horário fora de ponta.

Tabela 14: Soma da Demanda Registrada por todos os medidores no ano de 2011.

Data	Demanda Registrada (kW)
jan/11	2.951
fev/11	2.962
mar/11	3.169
abr/11	2.893
mai/11	2.885
jun/11	2.497
jul/11	2.293
ago/11	2.539
set/11	3.173
out/11	3.143
nov/11	3.052
dez/11	3.034

A tabela acima mostra que a maior demanda registrada ao longo do ano foi de 3173 kW. Se comparado com o valor da demanda ótima encontrado (2962 kW) temos uma diferença de 211 kW ou 7,1% acima da contratada, esse valor, de acordo com o

sistema tarifário, já caracteriza ultrapassagem de demanda e é passível de cobrança, pois ultrapassa a tolerância máxima permitida de 5%.

6.2. Ação técnica – Implantação de Grupos Geradores Diesel

O Grupo Gerador Diesel é considerado um dos dispositivos de menor custo para a geração de energia elétrica. O diesel é um hidrocarboneto econômico, quanto utilizado para produção de energia elétrica pode poupar cerca de 30% do seu custo total se comparado a outras tecnologias de geradores a motor (Mota, 2011).

6.2.1. Grupo Diesel-Gerador: Definição e características.

Um grupo Diesel-Gerador consiste num conjunto de motor Diesel e gerador de corrente alternada, muitas vezes chamado de alternador, esse conjunto é montado juntamente com componentes de supervisão e controles necessários para seu funcionamento autônomo, sendo importante essa característica, pois sua função é fornecimento de energia elétrica gerada a partir do consumo de combustível (óleo Diesel).

O motor Diesel é uma máquina térmica, de combustão interna, destinada ao suprimento de energia mecânica ou suprimento de energia motriz de acionamento. Esse tipo de motor é classificado de acordo com seu tipo de aplicação: estacionários, industriais, veiculares e marítimos. Em grupos Diesel-gerador são utilizados motores do tipo estacionário, pois esses se destinam ao acionamento de máquinas estacionárias (geradores, por exemplo) e que operam em rotação constante.

O chamado alternador no grupo Diesel-gerador consiste em um gerador de corrente alternada, essa máquina tem como função transformar energia mecânica (fornecida pelo motor Diesel, nesse caso) em energia elétrica. Esse tipo de gerador se enquadra na categoria de máquinas síncronas, pois sua rotação está diretamente relacionada ao seu número de polos e a frequência da força eletromotriz.

A ligação entre os eixos do motor Diesel e do gerador síncrono se dá por meio de acoplamento elástico capaz de absorver pequenos desalinhamentos radiais e axiais, e vibrações devidas a variações de carga. O tipo de acoplamento mais comum utilizado para esse tipo de aplicação é o Elco, que é constituído por mangas de

borracha sobre pinos de aço instalados num dos elementos do acoplamento, que se encaixam em furos existentes no outro elemento.

O grupo Diesel-gerador não necessita de um operador para se manter funcionando constantemente, porém, para se manter fornecendo energia elétrica e automaticamente corrigindo a tensão e frequência fornecida são necessários componentes de supervisão. Esses componentes atuam principalmente no motor para controle de aspectos como pressão do óleo, temperatura da água de refrigeração, velocidade do motor, entre outros.

Visando o controle da parte elétrica (e também os parâmetros citados acima) do grupo gerador, existem sistemas de controle digital que possuem diversas funções como: controle de partida e parada automática, frequencímetro, amperímetro, potenciômetro (para regulagem de tensão) e indicações de potência (ativa, reativa e aparente) e fator de potência.

6.2.2. Dimensionamento dos Geradores

Baseando-se nos valores encontrados na seção anterior (Gestão de Demanda), considerando a tendência de crescimento da demanda média em horário de ponta (Tabela 15) e as condições de funcionamento dos grupos geradores, será proposta a utilização de geradores que apresentem uma potência instalada total de 3000 kW ou 3260 kVA, considerando o fator de potência da instalação igual a 0,92.

Tabela 15: Previsão de crescimento da Demanda Média em Horário de Ponta ao longo dos anos.

Ano	Demanda Média em Horário de Ponta (kW)
2012	1196
2013	1280
2014	1370
2015	1465
2016	1568
2017	1678
2018	1733
2019	1788
2020	1844
2021	1899

Para auxiliar no dimensionamento do conjunto de geradores será utilizado o software GenSize. A aplicação do software será feita utilizando os parâmetros de entrada abaixo:

- Potência instalada de 3000 kW;
- Conjunto de 4 geradores;
- Carga mínima de 20%;
- Sistema trifásico, tensão 277/480 V;
- Variação máxima de tensão de 10%;
- Variação máxima de frequência de 5%;
- Regime de funcionamento Standby.

Como resultado da operação acima, o software sugere a utilização de 4 geradores de 750 kW/937,5 kVA (Modelo C750D6). Dessa forma, os cálculos para encontrar o preço do kWh gerado que serão realizados a seguir serão baseados nas especificações do gerador fornecidas pelo fabricante.

The image shows a screenshot of the GenSize software interface for project configuration. The form includes the following fields and values:

- Project Name:** Gerador USP Sao Carlos
- Comments:** (Empty text box)
- Project Country:** Brazil
- Number of Generator Sets Running in Parallel:** 4
- Min. genset Load Allowed, % of Rated Capacity:** 20 %
- Max. genset Load Allowed, % of Rated Capacity:** 100 %
- Transient Dip limits at:** Project level (selected)
- Max. Allowable Project Voltage Dip:** 10 %
- Max. Allowable Project Frequency Dip:** 5 %
- Altitude(feet/meter):** 2808.40 / 856
- Ambient Temperature(°F/°C):** 77.0 / 25.0
- Max. Allowable Alternator Temp Rise(°C):** 125 / Class H
- Emissions:** No Preference
- Application Type:** Public Infrastructure - Institute / School / University
- Fuel:** Diesel
- Frequency:** 60Hz
- Phase:** Three
- Duty:** Standby
- Voltage:** 277/480, Series Wye

Figura 18: Tela de definição de parâmetros do projeto do GenSize.

6.2.3. Custo médio do kWh Gerado

Para esse cálculo será utilizada a demanda de 1500 kW, cerca de 34% acima da demanda média registrada no horário de ponta ($D_{M.HP}$). Considerando que a geração esteja distribuída igualmente entre o conjunto de grupos geradores, temos que cada gerador está contribuindo com 375 kW, ou seja, está operando com metade de sua carga nominal. Segundo o documento de especificações do produto, o consumo de combustível nesse tipo de operação é de 102 litros por hora (Cummins C750 D6 Data Sheet , 2014), sendo o preço do diesel R\$2,049 por litro (ANP, 2014), podemos calcular o preço médio do kWh gerado pelo grupo.

Considerando 1 hora de operação, tem-se:

Consumo de Diesel (C_D):

$$C_D = 4 \times 102 \frac{l}{h} \times 1h = 408 l \quad (2)$$

Gasto com Diesel (G_D):

$$G_D = C_D \times R\$2,049 = 408 l \times R\$2,049 = R\$836,00 \quad (3)$$

Energia gerada (E):

$$E = 1500 kW \times 1h = 1500 kWh \quad (4)$$

Incluindo o custo de operação e manutenção dos geradores, que é em torno de R\$35,00 por MWh gerado, pode-se calcular o preço médio do kWh gerado (P_G):

$$P_G = \frac{G_D}{E} + R\$0,035 = \frac{R\$836,00}{1500 kWh} + R\$0,035 = R\$ 0,592 \text{ por kWh} \quad (5)$$

6.2.4. Custo médio do kWh fornecido pela concessionária

Considerando que a instalação está sujeita a tarifa horo-sazonal verde e se enquadrada no sub grupo A4 (2,3 a 25 kV), podemos consultar a tabela de preços da CPFL Paulista (CPFL, 2014), empresa que atende o campus:

Tarifa Verde

Sub Grupo	TUSD		TE (R\$/MWh)		
	Ponta R\$ MWh	TE	Ponta		
			Bandeira Verde	Bandeira Amarela	Bandeira Vermelha
A3a (30 a 44 kV)	444,07	314,39	314,39	329,39	344,39
A4 (2,3 a 25 kV)	548,72	314,39	314,39	329,39	344,39

Figura 19: Tabela de preços para o consumo em Horário de Ponta da Tarifa Verde

Para estimar um preço médio da tarifa de energia (TE) no horário de ponta ao longo do ano, serão considerados Bandeira Vermelha os sete meses considerados secos (maio a novembro) e Bandeira Amarela os cinco meses considerados úmidos (dezembro a abril), dessa forma:

$$TE = \frac{7 \times R\$344,39 + 5 \times R\$329,39}{12} = R\$338,14 \quad (6)$$

Somando a Taxa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) que é a mesma ao longo de todo o ano, obtém-se o valor médio da energia fornecida pela concessionária durante o horário de ponta (P_C):

$$P_C = R\$338,14 + R\$548,72 = R\$886,86 \quad (7)$$

Assim, tem-se que o custo da energia é de R\$886,86/MWh ou R\$0,887/kWh.

6.2.5. Previsão de economia na fatura

Alinhando os resultados obtidos acima com os objetivos da ação técnica, pode-se calcular a economia que será feita na fatura de energia elétrica com a implantação dos grupos geradores atuando no horário de ponta e na redução de contratação da demanda.

6.2.5.1. Demanda

A primeira parcela da redução se dá pela diminuição da demanda contratada. Após a otimização da demanda contratada, resultado da gestão de demanda,

obtivemos uma redução de 148 kW (de 3110 kW para 2962 kW). Sendo o valor do kW contratado R\$7,27, isso representa inicialmente, no ano de 2011, uma economia de R\$1076,00 por mês.

Tarifas - CPFL Paulista

Tarifa Verde

Sub Grupo	Ultrapassagem (R\$/KW)	
	R\$ KW	
A3a (30 a 44 kV)	5,82	11,64
A4 (2,3 a 25 kV)	7,27	14,54

Figura 20: Tabela de preços para Demanda Contratada e Demanda de Ultrapassagem da Tarifa Verde (CPFL, 2014).

Aplicando a função “INCLINAÇÃO” (ou “SLOPE”) do Excel aos dados da tabela abaixo, obtém-se como resultado uma taxa de crescimento da demanda contratada (T_D) de 97 kW por ano.

Tabela 16: Média da Demanda Contratada em cada ano.

Ano	Média de Demanda Contratada (kW)
2007	2692,92
2008	2751,25
2009	2638,25
2010	2884,83
2011	3110

Conhecendo esse valor e considerando que não haja mudança de contrato e nem de preços por parte da concessionária, pode-se calcular o valor a ser economizado com contratação de demanda (P_{EDT}) em função do tempo.

$$P_{EDT} = \sum_n 12 \times P_{DC} \times (D_I + n \times T_D) \quad (8)$$

Sendo:

P_{DC} o preço do kW contratado;

D_I a diferença entre a demanda ótima calculada e a demanda que seria contratada;

n o número de anos após a implantação do projeto;

T_D taxa de crescimento da demanda.

6.2.5.2. Consumo

Para se calcular a economia obtida em relação ao consumo de energia utilizaremos os valores da energia gerada (P_G) e da energia fornecida (P_C), através da diferença entre esses dois valores podemos calcular o valor economizado (P_E) a cada kWh consumido pela instalação.

$$P_E = P_C - P_G = R\$0,887/\text{kWh} - R\$0,592/\text{kWh} = R\$0,295/\text{kWh} \quad (9)$$

Tomando como base o ano de 2011, no qual foi registrado um consumo de 1.227.585 kWh durante o horário de ponta ao longo do ano, haveria uma economia (P_{EC}) de R\$ 362.137,58

Tabela 17: Consumo em Horário de Ponta registrado em cada mês em 2011.

Data	Consumo Horário de Ponta (kWh)
jan/11	65.952
fev/11	91.349
mar/11	100.778
abr/11	114.825
mai/11	106.602
jun/11	104.066
jul/11	101.580
ago/11	99.714
set/11	118.244
out/11	126.401
nov/11	91.999
dez/11	106.075
Total	1.227.585

$$P_{EC} = 1.227.585 \text{ kWh} \times R\$0,295 = R\$362.137,58 \quad (10)$$

Aplicando a função “INCLINAÇÃO” (ou “SLOPE”) do Excel aos dados da tabela abaixo, obtém-se como resultado uma taxa de crescimento do consumo em horário de ponta (T_C) de 60.723 kWh por ano.

Tabela 18: Soma do Consumo em Horário de Ponta de todos os medidores a cada ano.

Ano	Consumo HP Acumulado no ano (kWh)
2007	955.996
2008	987.393
2009	986.934
2010	1.051.445
2011	1.227.585

Assim, pode-se equacionar o valor economizado total (P_{ECT}) em relação ao consumo em horário de ponta em função do tempo:

$$P_{ECT} = \sum_n P_E \times (C_I + n \times T_C) \quad (11)$$

Sendo:

n o número de anos após a implantação do projeto;

P_E a diferença entre o preço do kWh fornecido pela concessionária e o preço do kWh gerado;

C_I a soma do consumo em horário de ponta registrado ao longo de um ano;

T_C a taxa de crescimento anual do consumo em horário de ponta.

6.2.6. Investimento inicial

Os gastos para implantação desse projeto consistem basicamente na aquisição dos geradores e equipamentos periféricos. Baseando-se em um trabalho que apresentou uma implementação semelhante a essa (Mota, 2011), e adaptando os resultados para as dimensões desse projeto pode-se estimar a primeira parcela como sendo um custo de R\$550,00 por kW de potência instalado, no caso do grupo gerador de 3.000 kW representaria um gasto de aproximadamente R\$1.650.000,00, a segunda parcela será estimada em R\$50.000,00.

O gasto com operação e manutenção dos geradores está incluso no custo do kWh gerado por ele. Assim será considerado como investimento inicial o valor de R\$1.700.000,00.

6.2.7. Retorno do investimento

Utilizando as fórmulas para quantificar a economia com demanda e consumo (P_{EDT} e P_{ECT} , respectivamente) encontradas anteriormente e conhecendo os valores necessários, pode se calcular o tempo de amortização do investimento. Considerando as taxas de crescimento e sendo realizada a implantação do projeto no início do ano de 2014, tem-se os seguintes valores:

Tabela 19: Valor economizado com o Consumo em Horário de Ponta a cada ano e valor acumulado.

Ano	Consumo em Horário de Ponta (kWh)	Economia	Acumulado
2014	1.409.754	R\$ 415.877,43	R\$ 415.877,43
2015	1.470.477	R\$ 433.790,72	R\$ 849.668,15
2016	1.531.200	R\$ 451.704,00	R\$ 1.301.372,15
2017	1.591.923	R\$ 469.617,29	R\$ 1.770.989,43
2018	1.652.646	R\$ 487.530,57	R\$ 2.258.520,00

A tabela acima apresenta os valores da economia realizada em relação ao gasto com o consumo em horário de ponta. Esses valores representam cerca de 90% da economia total que a utilização dos geradores pode trazer.

Tabela 20: Valor economizado com a contratação de Demanda a cada ano e valor acumulado.

Ano	Diferença de Demanda (kW)	Economia	Acumulado
2014	439	R\$ 38.298,36	R\$ 38.298,36
2015	536	R\$ 46.760,64	R\$ 85.059,00
2016	633	R\$ 55.222,92	R\$ 140.281,92
2017	730	R\$ 63.685,20	R\$ 203.967,12
2018	827	R\$ 72.147,48	R\$ 276.114,60

A tabela acima apresenta os valores da economia realizada ao deixar de contratar demanda adicional. A coluna “Diferença Demanda” apresenta a diferença entre a demanda que deveria ser contratada pela instalação caso não fosse utilizado o grupo gerador e a demanda efetivamente contratada, considerando que não haja alteração no contrato e se contrate a demanda ótima que foi calculada (2962 kW).

Tabela 21: Valor total economizado a cada ano e valor acumulado.

Ano	Economia Demanda	Economia Consumo	Economia total	Acumulado
2014	R\$ 38.298,36	R\$ 415.877,43	R\$ 454.175,79	R\$ 454.175,79
2015	R\$ 46.760,64	R\$ 433.790,72	R\$ 480.551,36	R\$ 934.727,15
2016	R\$ 55.222,92	R\$ 451.704,00	R\$ 506.926,92	R\$ 1.441.654,07
2017	R\$ 63.685,20	R\$ 469.617,29	R\$ 533.302,49	R\$ 1.974.956,55
2018	R\$ 72.147,48	R\$ 487.530,57	R\$ 559.678,05	R\$ 2.534.634,60

A tabela acima reúne os valores totais a serem economizados pela instalação com a implantação do projeto.

Considerando uma taxa de inflação de 6% ao ano, o investimento para implantar o projeto seria amortizado em um período aproximado de 4 anos e 3 meses, data em que o valor acumulado seria da ordem de R\$2.146.000,00, que é o valor do investimento inicial para o projeto levando em consideração a desvalorização monetária ao longo do período. Após esse período a instituição começaria a ter um retorno financeiro efetivo, sendo essa quantia da ordem de R\$45.700,00 mensais no primeiro ano após o pagamento do investimento inicial.

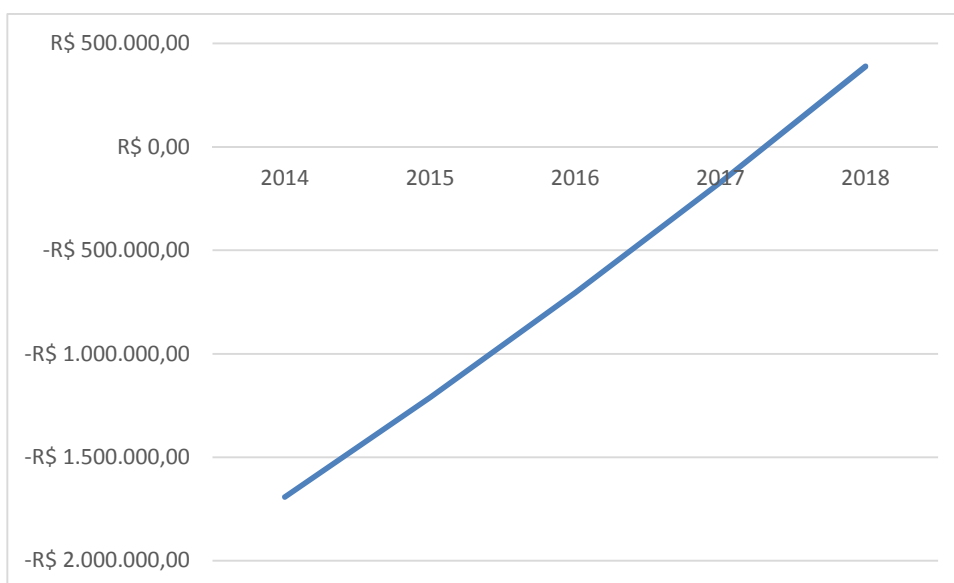


Figura 21: Amortização do investimento inicial em função do tempo.

6.2.8. Análise

Apesar do tempo para retorno do investimento ser relativamente longo, a implantação dos geradores se mostra um investimento viável por diversos fatores. O

grupo gerador apresenta uma longa vida útil se corretamente operado e submetido à manutenção preventiva requerida, adicionando isso ao fato do seu dimensionamento atender com bastante folga às previsões de aumento da demanda e do consumo em horário de ponta.

O cenário do Sistema Elétrico de Potência nacional também favorece a implantação desse projeto, visto que os recursos para geração de energia elétrica estão cada vez mais escassos, o que aumenta a dificuldade de atender toda a demanda e, conseqüentemente, torna o fornecimento mais caro.

7. Conclusões

O desenvolvimento desse trabalho mostrou a aplicação de ações administrativas e técnicas de um Sistema de Gestão Energética visando, principalmente, a redução da fatura de energia elétrica.

No campo administrativo foi sugerida uma redefinição na contratação de demanda, essa conclusão foi obtida em uma breve gestão de demanda feita utilizando os valores de demanda contratada e registrada ao longo do período em estudo. Apesar do resultado obtido, um estudo mais aprofundado e detalhado poderia prover um maior retorno. Esse aprofundamento incluiria uma análise individual de cada medidor da instalação e maior detalhamento em relação aos períodos do ano.

Tomando como base o resultado das ações administrativas foi desenvolvida a proposta de se utilizar uma fonte de geração própria para suprir as necessidades de consumo em horário de ponta e ultrapassagem de demanda contratada. A fonte escolhida foi o grupo gerador abastecido por óleo Diesel, a escolha foi feita considerando principalmente a compatibilidade dessa forma de geração com os requisitos de demanda e consumo da instalação.

Mesmo apresentando um investimento inicial relativamente alto, o projeto se mostrou vantajoso ao se considerar a alta taxa de crescimento do consumo em horário de ponta e demanda, uma vez que a solução foi dimensionada provisionando uma alta margem para atender a esses cenários futuros.

Após a amortização do investimento inicial, o retorno financeiro proveniente da economia realizada na fatura de energia elétrica poderá ser reinvestida na instalação, visando novas ações para aumentar a eficiência do consumo de energia e, também, o aprimoramento e manutenção dos projetos já implantados.

Para projetos futuros pode-se ressaltar alguns pontos a serem melhorados para se obter um resultado mais real ou até mesmo mais eficaz. Sendo alguns desses pontos a consideração da variação do preço do Diesel no cálculo do preço do kWh gerado, que pode apresentar um grande impacto na viabilidade do projeto.

Outro ponto a ser melhorado é o método utilizado para prever o comportamento do consumo e da demanda, já que esse aspectos não apresentam

uma variação linear ao longo do tempo, a utilização de sistemas fuzzy ou redes neurais apresentaria um resultado mais realista e que, possivelmente, teria um impacto positivo na viabilidade do projeto.

Referências bibliográficas

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. (2014). Fonte: Bandeiras Tarifárias: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758&idPerfil=2>
- ANP. (2014). Fonte: ANP - Agência Nacional de Petróleo. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/preco/>>. Acesso em: 29 out. 2014.
- Batista, O. E. (2011). *Gestão Energética Industrial: uma Abordagem frente à Inteligência Empresarial. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, p. 84.*
- CPFL. (29 de 10 de 2014). Fonte: CPFL Empresas: <http://www.cpflempresas.com.br/institucional/tarifas.aspx?emp=CPFL>
- Cummins C750 D6 Data Sheet . (29 de 10 de 2014). Fonte: gentec - Total Energy Solutions: <http://www.dgset.com/uploads/docs/Product%20Guide/Diesel%20Range/Cummins%2060%20Hz/C750%20D6.pdf>
- Kelman, J. (2005). *Tarifas de fornecimento de energia elétrica / Agência Nacional de Energia Elétrica*. Brasília: Cadernos Temáticos ANEEL.
- MARQUES, M. C., HADDAD, J., & MARTINS, A. R. (2007). *Eficiência Energética: teoria & prática*. Itajubá: FUPAI,.
- Mota, H. d. (2011). Análise técnico econômica de unidades geradoras de energia distribuída. 64.
- Rocha, L. R., & Monteiro, M. A. (2005). Guia Técnico. *Gestão Energética*, p. 188.
- VAN GORP, J. C. (2004). Maximizing energy savings with enterprise energy management systems. . *Conference Record of 2004 Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference*.

Bibliografia consultada

BATISTA, O. E.; FLAUZINO, R. A. Medidas de Gestão Energética de baixo custo como estratégia para redução de custos com energia elétrica. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Ano 7, nº4, out-dez/2012, p. 117-134.

João Mota Neto, Joice Maffioletti - Análise de alternativas de tarifação e utilização de geradores aplicados em

uma empresa do segmento de revestimentos cerâmicos. Economia & Tecnologia - Ano 06, Vol. 23 - Outubro/Dezembro de 2010.

Metodologia para análise de viabilidade econômica da utilização do óleo de dendê como combustível para geração. Disponível em: http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10687/10687_10.PDF.

Avaliação do consumo de energia do Campus USP de São Carlos e definições de ações. Relatório final para o Programa Ensinar com Pesquisa – USP.