

Sistema computacional para analisar a eficiência e a racionalidade do uso de energia elétrica por intermédio do V-Hiperbolóide de carga e potência de uma cooperativa agrícola da Nova Alta Paulista - SP

Computer system to analyze the efficiency and the rationality of the use of the electrical power through by the V. hiperboloid of load and potency of a agricultural cooperative in the high Paulista Zone - SP

Délcio Cardim
Doutor – FCA - UNESP
Professor - FAI

Márcio Cardim
Professor Doutor – DMEC – UNESP - Presidente Prudente
Núcleo de Pesquisa - FAI

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um programa computacional que avalie, por meio de modelos matemáticos, o faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa de uma cooperativa agrícola, verificando-se a eficiência e racionalização da utilização de energia elétrica da referida empresa. Foram obtidos dados de demanda, consumo de energia ativa e consumo de energia reativa, utilizados como dados de entrada do programa. Para elaboração do programa foi utilizada a linguagem Borland Delphi 5.0^o (Delphi 5) para ambiente Microsoft Windows.

Palavras-chave: Linguagem de Programação.Fator de Carga.Fator de Potência

Abstract

The objective of this work was to develop a computer system that evaluates the billing of the electrical power consumption and demand of active and reactive potency of a agricultural cooperative through mathematical models, by verifying the efficiency and rationalization of the use of the electrical power of this enterprise. Demand and consumption of active and reactive power data, which was obtained, was input data of the program. Borland Delphi 5.0 for Microsoft Windows environment was used for elaborating the program.

Keywords: Programming Language.Load Factor.Potency Factor

Introdução

Conforme a Agência para Aplicação de Energia (1998), um dos índices de avaliação de uso racional de energia elétrica pelo consumidor, é o fator de carga (FC). O fator de carga (FC) é um índice obtido pela relação entre o consumo de energia elétrica, expressa expressa em kWh , e a demanda máxima média, expressa em kW , multiplicada por um período de tempo (T) definido.

Segundo a Companhia Energética de São Paulo (1990), para melhorar o fator de carga deve-se: relacionar toda a carga instalada; selecionar as cargas que possam ser operadas fora do período de demanda máxima; reprogramar o período de funcionamento das cargas possíveis de deslocamento; evitar partidas simultâneas de motores.

De acordo com Cotrin (1982), o fator de potência (FP) é um índice que merece uma atenção especial. Alguns aparelhos elétricos, como motores, além de consumirem energia ativa, solicitam também a energia reativa necessária para criar fluxo magnético, que o seu funcionamento exige. Pela relação desses valores, se determina o fator de potência médio indutivo (FP) num determinado período. O fator de potência (FP) é um índice, que mostra a eficiência com qual a energia elétrica está sendo utilizada. O baixo fator de potência, segundo Bloomquist (1973), sobrecarrega cabos elétricos e transformadores, aumentando as perdas no cobre e reduz o nível de tensão. Conforme a Companhia Energética de São Paulo & Companhia Paulista de Força e Luz (1980), as principais causas do baixo fator de potência são: motores operando a vazio; motores superdimensionados; transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas e nível de tensão acima do normal.

De acordo com o Comitê de Distribuição de Energia Elétrica (1988), as tarifas de eletricidade em vigor possuem estruturas com dois componentes básicos na definição de seu preço, ou seja, componente relativo à demanda de potência (quilowatt - KW) e componente relativo ao consumo da energia (quilowatt-hora - KWh).

Segundo a Companhia Energética de São Paulo (1990), a tarifa verde é uma modalidade tarifaria constituída de um único preço para a componente de demanda, independente do segmento horário, e de dois preços para a componente de consumo, um para cada segmento horário.

De acordo com Cardim (2001), existe um modelo matemático determinado por uma equação diferencial de ordem dois, que rege todo o sistema de energia elétrica do Brasil. A solução desta equação diferencial, utilizando a tarifa verde determina a superfície denominada V-Hiperbolóide de Carga e Potência.

O presente trabalho teve como propósito elaborar um programa computacional, que análise o faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa de uma cooperativa agrícola situada na Nova Alta Paulista – Estado de São Paulo, verificando-se a eficiência e a racionalização da utilização de energia elétrica. Cooperativas agrícolas são exemplos de aplicação, pois o programa pode ser utilizado por qualquer empresa que tenha o sistema tarifário horo-sazonal verde não importando o ramo de atividade.

Material e métodos

Os dados referentes aos parâmetros elétricos foram obtidos junto a uma cooperativa agrícola situada na região da Nova Alta Paulista – Estado de São Paulo, no período de dois anos.

Conforme a Companhia Energética de São Paulo (1990), a análise do consumo de energia elétrica por meio da legislação vigente prevê que o faturamento (F) deve ser feito por intermédio das tarifas: Convencional, Azul e Verde. A tarifa utilizada na cooperativa analisada para efeito de faturamento de energia elétrica, é a tarifa Verde.

Foi adotado como Software de desenvolvimento básico do sistema de análise, a linguagem Borland Delphi 5.0® (Delphi 5), sendo que a mesma permite a criação de sistemas com a programação orientada a

objetos que funcionem em ambiente Microsoft Windows.

A programação foi dividida em três etapas. A primeira etapa constituiu na preparação dos dados, ou seja, os dados dos parâmetros elétricos podem ser fornecidos manualmente pelo usuário, ou podem ser importados de um arquivo do tipo texto (código ASCII). A segunda etapa constitui-se no cálculo das equações utilizadas no programa. O primeiro procedimento adotado nesta etapa foi a determinação do fator de carga (FC), do fator de potência de ponta (FP_p) e do fator de potência fora de ponta (FP_{fp}) de cada mês analisado. Para isto utilizou-se as respectivas equações:

$$FC = \frac{kWh_p + kWh_{fp}}{730 \times kW}, \quad FP_p = \frac{kWh_p}{\sqrt{(kWh_p)^2 + (kVArh_p)^2}} \quad e \quad FP_{fp} = \frac{kWh_{fp}}{\sqrt{(kWh_{fp})^2 + (kVArh_{fp})^2}}$$

Onde: KW é a demanda de potência; kWh_p é o consumo ativo de ponta; kWh_{fp} é o consumo ativo fora de ponta; $kVArh_p$ é o consumo reativo de ponta; $kVArh_{fp}$ é o consumo reativo fora de ponta e 730 é a quantidade de horas de um mês médio.

Em seguida foi efetuado o cálculo do consumo médio de energia elétrica, no horário de ponta (C_{mp}) e no horário fora de ponta (C_{mfp}), no período de análise.

Finalmente, na terceira etapa efetuou-se a análise geométrica e diferencial do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda na tarifa verde, utilizando as seguintes equações:

1. Horário de Ponta

a) Quando o fator de potência for menor ou igual a 0,92: a) $z = \frac{0,92}{x} \left(TC_p + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_{mp}$

b) Quando o fator de potência for maior que 0,92: a) $z = \left(TC_p + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_{mp}$

Onde: z = faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de ponta (F_p); x = fator de potência de ponta ; y = fator de carga ; TC_p = tarifa de consumo de ponta; TD = tarifa de demanda e C_{mp} = consumo ativo médio de ponta.

2. Horário fora de Ponta

a) Quando o fator de potência for menor ou igual a 0,92: a) $z = \frac{0,92}{x} \left(TC_{fp} + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_{mfp}$

b) Quando o fator de potência for maior que 0,92: a) $z = \left(TC_{fp} + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_{mfp}$

Onde: z = faturamento do consumo de energia elétrica e demanda fora de ponta (F_{fp}); x = fator de

potência fora de ponta ; $y =$ fator de carga ; $TC_{fp} =$ tarifa de consumo fora de de ponta; $TD =$ tarifa de demanda e $C_{mfp} =$ consumo ativo médio fora de ponta.

Para o cálculo dos volumes e das áreas determinados pelo V-Hiperbolóide de Carga e Potência, inicialmente encontram-se, no respectivo segmento horário, o menor (fp_1) e o maior (fp_2) fator de potência e o menor (fc_1) e o maior (fc_2) fator de carga no período em que está sendo feita a análise da empresa.

Os volumes determinados pelo V-Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período considerado é o volume sólido, limitados superiormente, pela superfície gerada pelo V-Hiperbolóide de Carga e Potência inferiormente pelo plano $F = 0$ e lateralmente pelos planos a, b, c e d , e são calculados de acordo com as seguintes equações:

$$V = \int_a^b \int_c^d \frac{0,92}{x} \left(TC + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_m \, dydx \quad (1)$$

$$V = \int_a^{0,92} \int_c^d \frac{0,92}{x} \left(TC + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_m \, dydx + \int_{0,92}^b \int_c^d \left(TC + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_m \, dydx \quad (2)$$

$$V = \int_a^b \int_c^d \left(TC + \frac{TD}{730 \cdot y} \right) \cdot C_m \, dydx \quad (3)$$

Os volumes são calculados segundo os seguintes critérios:

- **Volume Atual** (V_A): $a = fp_1$, $b = fp_2$, $c = fc_1$ e $d = fc_2$. Se utiliza-se equação 1, se $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 3 e se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ utiliza-se a equação 2.
- **Volume Atual Eficiente** (V_{AEf}): $a = fp_1$, $b = 1$, $c = fc_1$ e $d = fc_2$. Se $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 3, se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ ou $fp_2 \leq 0,92$ utiliza-se a equação 2.
- **Volume Atual Racional** (V_{ARac}): $a = fp_1$, $b = fp_2$, $c = fc_1$ e $d = 1$. Se $fp_2 \leq 0,92$ utiliza-se a equação 1, se $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 3 e se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ utiliza-se 2.
- **Volume Eficiente e Racional** ($V_{Ef/Rac}$): $a = fp_2$, $b = 1$, $c = fc_2$ e $d = 1$. Se $fp_2 \leq 0,92$ utiliza-se a equação 2, se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ ou $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 3.
- **Volume Total Útil** (V_{TU}): $a = fp_1$, $b = 1$, $c = fc_1$ e $d = 1$. É a soma dos volumes: Atual Eficiente, Atual Racional, Eficiente e Racional menos o Volume Atual.

A diferença percentual entre o Volume Total Útil e o Volume Atual representa a região do sólido onde a empresa, ao alcançar esta faixa, estaria utilizando a energia elétrica de forma mais racional e ou mais eficiente.

As áreas determinadas pelo V-Hiperbolóide de Carga e Potência, para a empresa em estudo no período considerado é a área da região da superfície gerada pelo V-Hiperbolóide de Carga e Potência, determinada pela intersecção do mesmo com os planos a, b, c e d , e são calculados de acordo com as seguintes equações:

$$A = \int_a^b \int_c^d \sqrt{E_1 G_1 - F_1^2} dy dx \quad (4)$$

$$A = \int_a^{0,92} \int_c^d \sqrt{E_1 G_1 - F_1^2} dy dx + \int_{0,92}^b \int_c^d \sqrt{E_2 G_2 - F_2^2} dy dx \quad (5)$$

$$A = \int_a^b \int_c^d \sqrt{E_2 G_2 - F_2^2} dy dx \quad (6)$$

onde:

$$E_1 G_1 - F_1^2 = 1 + \frac{(0,92)^2 \cdot C_m^2}{x^4} \left(TC + \frac{TD}{730 \cdot y} \right)^2 + \frac{(0,92)^2 TD^2 \cdot C_m^2}{(730)^2 x^2 y^4} \quad \text{e} \quad E_2 G_2 - F_2^2 = 1 + \frac{TD^2 \cdot C_m^2}{(730)^2 y^4}$$

As áreas são calculadas segundo os seguintes critérios:

- **Área Atual** (A_A): $a = fp_1$, $b = fp_2$, $c = fc_1$ e $d = fc_2$. Se $fp_2 \leq 0,92$ utiliza-se a equação 4, se $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 6 e se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ utiliza-se a equação 5.
- **Área Atual Eficiente** (A_{Aef}): $a = fp_1$, $b = 1$, $c = fc_1$ e $d = fc_2$. Se utiliza-se a equação 6, se ou utiliza-se a equação 5.
- **Área Atual Racional** (A_{ARac}): $a = fp_1$, $b = fp_2$, $c = fc_1$ e $d = 1$. Se $fp_2 \leq 0,92$ utiliza-se a equação 4, se $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 6 e se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ utiliza-se a equação 5.
- **Área Eficiente e Racional** ($A_{Ef/Rac}$): $a = fp_2$, $b = 1$, $c = fc_2$ e $d = 1$. Se $fp_2 \leq 0,92$ utiliza-se a equação 5, se $fp_1 < 0,92 < fp_2$ ou $fp_1 \geq 0,92$ utiliza-se a equação 6.
- **Área Total Útil** (A_{TU}): $a = fp_1$, $b = 1$, $c = fc_1$ e $d = 1$. É a soma das áreas: Atual Eficiente, Atual Racional, Eficiente e Racional menos o Volume Atual.

A diferença percentual entre a Área Total Útil e a Área Atual, representa a região da superfície, onde a empresa, ao alcançar esta faixa, estaria utilizando a energia elétrica de forma mais racional e/ou mais eficiente.

Resultados e discussão

A Figura 1 mostra a tela de entrada de dados, isto é, onde os parâmetros elétricos são informados. Esses parâmetros podem ser informados manualmente, por meio do botão “Cadastrar”, ou importados de um arquivo. Para isso utiliza-se o botão “Importar” e em seguida confirma a importação por meio do botão “Confirma Importação”. À medida que os parâmetros elétricos são informados, o fator de carga, o fator de potência de ponta e fora de ponta para o referido mês, são calculados e apresentados em uma tabela.

Uma vez que todos os parâmetros elétricos estejam informados, pode-se efetuar todos os cálculos necessários para a análise da empresa, por intermédio do V-Hiperbolóide de Carga e Potência, para isso deve-se escolher a opção “Efetuar Análise”. Ativando-se essa opção uma nova tela é apresentada (Figura 2), onde é necessário informar os valores das tarifas de eletricidade para que os cálculos sejam

efetuados.

Continuando a execução do programa, são efetuados todos os cálculos necessários para a análise da empresa. Os resultados são mostrados na tela de “*Resultados*” em três seções, na seção “*Horário de Ponta*” (Figura 3) e na seção “*Horário Fora de Ponta*” (Figura 4), são apresentados nos horários de ponta e fora de ponta respectivamente, os valores dos volumes, das áreas, o consumo médio, o menor e o maior fator de carga, o menor e o maior fator de potência e uma caixa de texto, informando a porcentagem possível de redução do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa sobre o Volume Total Útil e sobre a Área Total Útil, e na seção “*Parâmetros Elétricos*” (Figura 5) o usuário pode visualizar todos os parâmetros elétricos utilizados na análise.

kW	kWhp	kWhfp	kVArhp	kVArhp	FC	FPp	FPfp
92,35	487	7258	3	2174	0,114885	0,999981	0,95795
68,12	396	5800	6	1548	0,124599	0,999885	0,96619
38,02	292	4051	1	979	0,156479	0,999994	0,972018
82,94	184	3931	0	1037	0,0679646	1	0,966921
70,66	206	4013	0	1042	0,0817924	1	0,967904
75,26	207	4944	0	1267	0,0937572	1	0,968696

FIGURA 1: Tela para entrada dos parâmetros elétricos

FIGURA 2: Tela para leitura dos valores das tarifas

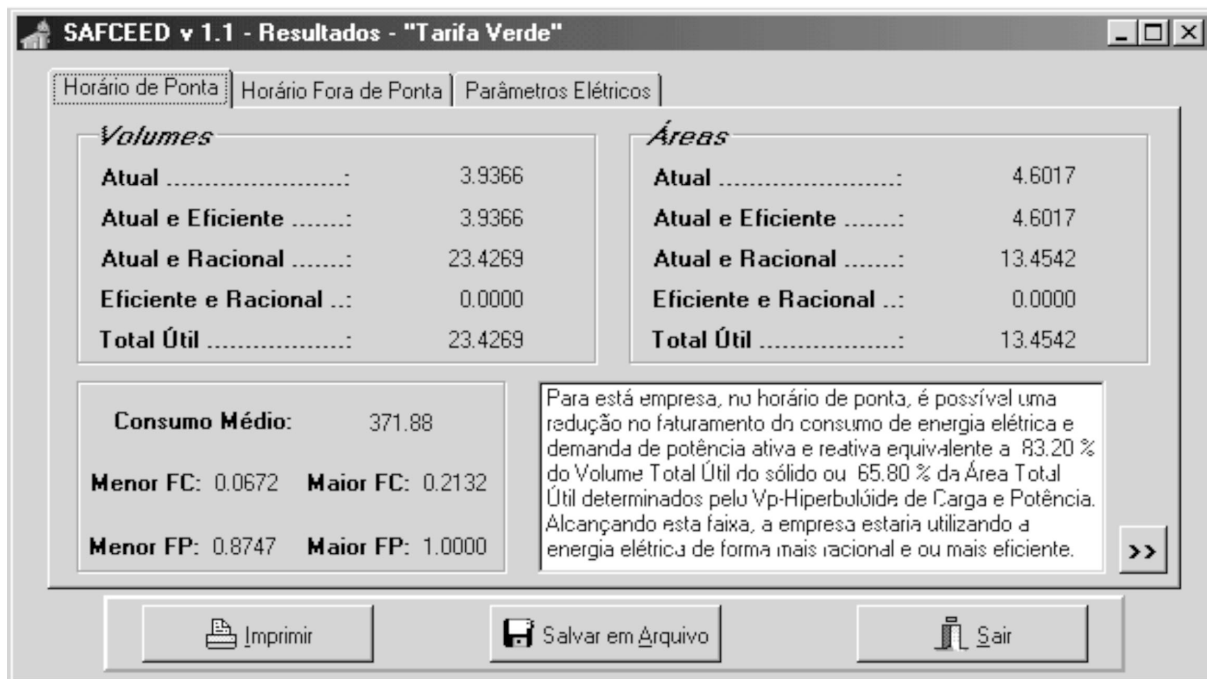


FIGURA 3: Tela de Resultados – Seção “Horário de Ponta”

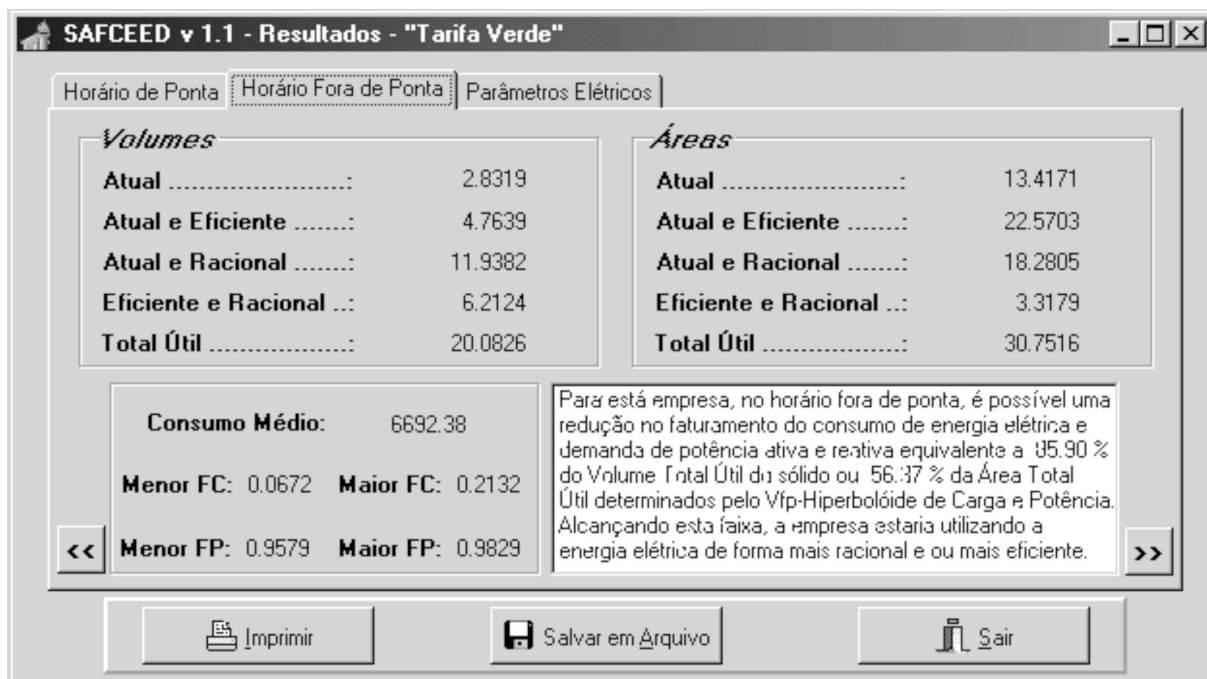


FIGURA 4: Tela de Resultados – Seção “Horário Fora de Ponta”

	kW	kWhp	kWhfp	kVArhp	kVArhfp	FC	FPp	FPfp
▶	73,67	554	4254	33	1123	0,0834	0,9982	0,9665
	162,16	680	7279	59	1782	0,06723	0,9963	0,9713
	107,42	568	16149	4	3888	0,2132	1	0,9722
	105,54	577	11236	7	2370	0,1533	0,9999	0,9785
	93,99	607	10573	13	1978	0,1629	0,9998	0,9829
	90,43	673	9640	32	2250	0,1562	0,9989	0,9738
	86,76	496	7561	25	1755	0,1272	0,9987	0,9741
	67,41	320	5372	9	1240	0,1157	0,9996	0,9744
	82,8	197	4576	0	1120	0,07897	1	0,9713
	41,62	182	3162	0	715	0,1101	1	0,9754

FIGURA 5: Tela de Resultados – Seção “Parâmetros Elétricos”

A Tabela 1 apresenta à análise dos parâmetros elétricos da cooperativa analisada, realizada por meio do programa computacional.

TABELA 1: Valores dos Volumes e das Áreas no período de junho de 1999 a maio de 2001

	Volume (u.c.) de ponta	Volume (u.c.) fora de ponta	Área (u.q.) de ponta	Área (u.q.) fora de ponta
Atual	3,9366	2,8319	4,6017	13,4171
Atual Eficiente	3,9366	4,7639	4,6017	22,5703
Atual Racional	23,4269	11,9382	13,4542	18,2805
Eficiente e Racional	0,0000	6,2124	0,0000	3,3179
Total Útil	23,4269	20,0826	13,4542	30,7516

u.c.: unidade cúbica; **u.q.:** unidade quadrática.

Sabendo-se que, no período analisado, a tarifa de consumo de ponta, a tarifa de consumo de fora de ponta e a tarifa de demanda.

Com os dados das contas de energia elétrica da cooperativa, calculou-se o consumo médio de energia elétrica de ponta que foi de , observou-se que o menor fator de potência de ponta foi de , o maior fator de potência de ponta foi de , o menor fator de carga foi de e o maior fator de carga foi de .

A Tabela 1 fornece, no horário de ponta, os valores dos volumes e das áreas determinados pelo programa computacional. As equações utilizadas no cálculo dos volumes e das áreas e os valores de foram:

· **Volume Atual:** $a = 0,8747$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 2, sendo que: $V_A = 3,9366$ u.c.

· **Volume Atual Eficiente:** $a = 0,8747$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 2, sendo que: $V_{AEf} = 3,9366$ u.c.

· **Volume Atual Racional:** $a = 0,8747$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 2, sendo que: $V_{ARac} = 23,4269$ u.c.

· **Volume Eficiente e Racional:** $a = 1$, $b = 1$, $c = 0,2132$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 3, sendo que: $V_{Ef/Rac} = 0$ u.c.

· **Volume Total Útil:** $V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef/Rac} - V_A$, então $V_{TU} = 23,4269$ u.c., como $\frac{V_A}{V_{TU}} = 0,1680$, assim o Volume Atual (V_A) representa 0,1680 do Volume Total Útil (V_{TU}), isto é: $V_A = 16,80 \% V_{TU}$.

Os 83,20% do Volume Total Útil restante do V_p -Hiperbolóide de Carga e Potencia representa a região do sólido onde a cooperativa agrícola, ao alcançar esta faixa, estaria reduzindo consideravelmente o faturamento mensal do consumo de energia elétrica e demanda. Nesta faixa, a cooperativa estaria utilizando a energia elétrica de forma mais racional e ou eficiente.

· **Área Atual:** $a = 0,8747$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 5, sendo que: $A_A = 4,6017$ u.q.

· **Área Atual Eficiente:** $a = 0,8747$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 5, sendo que: $A_{AEf} = 4,6017$ u.q.

· **Área Atual Racional:** $a = 0,8747$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 5, sendo que: $A_{ARac} = 13,4542$ u.q.

· **Área Eficiente e Racional:** $a = 1$, $b = 1$, $c = 0,2132$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 6, sendo que: $A_{Ef/Rac} = 0$ u.q.

· **Área Total Útil:** $A_{TU} = A_{AEf} + A_{ARac} + A_{Ef/Rac} - A_A \Rightarrow A_{TU} = 13,4542$ u.q., como $\frac{A_A}{A_{TU}} = 0,3420$, assim a Área Atual (A_A) representa 0,3420 da Área Total Útil (A_{TU}), isto é: $A_A = 34,20 \% A_{TU}$.

Os 65,80% da Área Total Útil, restante do V_p -Hiperbolóide de Carga e Potencia representa a área da superfície que contem a região do V_p -Hiperbolóide de Carga e Potência onde a cooperativa agrícola, ao alcançar esta faixa, estaria reduzindo consideravelmente o faturamento mensal do consumo de energia elétrica e demanda. Nesta faixa, a cooperativa estaria utilizando a energia elétrica de forma mais racional e ou eficiente.

Com os dados das contas de energia elétrica, calculou-se o consumo médio de energia elétrica fora de ponta que foi de , observou-se que o menor fator de potência fora de ponta foi de , o maior fator de potência fora de ponta foi de , o menor fator de carga foi de e o maior fator de carga foi de $fc_2 = 0,2132$.

A Tabela 1 fornece, no horário fora de ponta, os valores dos volumes e das áreas determinados pelo programa computacional. As equações utilizadas no cálculo dos volumes e das áreas e os valores de foram:

· **Volume Atual:** $a = 0,9579$, $b = 0,9829$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 3, sendo que: $V_A = 2,8319$ u.c.

· **Volume Atual Eficiente:** $a = 0,9579$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 3, sendo que: $V_{AEf} = 4,7639$ u.c.

· **Volume Atual Racional:** $a = 0,9579$, $b = 0,9829$, $c = 0,0672$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 3, sendo que: $V_{ARac} = 11,9382$ u.c.

· **Volume Eficiente e Racional:** $a = 0,9829$, $b = 1$, $c = 0,2132$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 3, sendo que: $V_{Ef / Rac} = 6,2124$ u.c.

· **Volume Total Útil:** $V_{TU} = V_{AEf} + V_{ARac} + V_{Ef / Rac} - V_A$, então $V_{TU} = 20,0826$ u.c., como $\frac{V_A}{V_{TU}} = 0,1410$, assim o Volume Atual (V_A) representa 0,1410 do Volume Total Útil (V_{TU}), isto é: $V_A = 14,10 \% V_{TU}$.

Os 85,90% do Volume Total Útil restante do V_{fp} -Hiperbolóide de Carga e Potencia representa a região do sólido, onde a cooperativa agrícola, ao alcançar esta faixa, estaria reduzindo consideravelmente o faturamento mensal do consumo de energia elétrica e demanda. Nesta faixa, a cooperativa estaria utilizando a energia elétrica de forma mais racional e ou eficiente.

· **Área Atual:** $a = 0,9579$, $b = 9829$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 6, sendo que: $A_A = 13,4171$ u.q.

· **Área Atual Eficiente:** $a = 0,9579$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 0,2132$. Utilizou-se a equação 6, sendo que: $A_{AEf} = 22,5703$ u.q.

· **Área Atual Racional:** $a = 0,9579$, $b = 1$, $c = 0,0672$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 6, sendo que: $A_{ARac} = 18,2805$ u.q.

· **Área Eficiente e Racional:** $a = 9829$, $b = 1$, $c = 0,2132$ e $d = 1$. Utilizou-se a equação 6, sendo que: $A_{Ef / Rac} = 3,31790$ u.q.

· **Área Total Útil:** $A_{TU} = A_{AEf} + A_{ARac} + A_{Ef / Rac} - A_A \Rightarrow A_{TU} = 30,7516$ u.q., como $\frac{A_A}{A_{TU}} = 0,4363$, assim a Área Atual (A_A) representa 0,4363 da Área Total Útil (A_{TU}), isto é: $A_A = 43,63 \% A_{TU}$.

Os 56,37% da Área Total Útil restante do V_{ip} -Hiperbolóide de Carga e Potência representa a área da superfície, que contem a região do V_{ip} -Hiperbolóide de Carga e Potência onde a cooperativa agrícola, ao alcançar esta faixa, estaria reduzindo consideravelmente o faturamento mensal do consumo de energia elétrica e demanda. Nesta faixa, a cooperativa estaria utilizando a energia elétrica de forma mais racional e ou eficiente.

Conclusão

O programa computacional demonstrou que para a cooperativa agrícola analisada, no horário de ponta, é possível uma redução do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda, equivalente a 83,20 % do Volume Total Útil ou 65,80 % da Área Total Útil da superfície determinada pelo V_{ip} -Hiperbolóide de Carga e Potência, e no horário fora de ponta, é possível uma redução do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda, equivalente a 85,90 % do Volume Total Útil ou 56,37 % da Área Total Útil da superfície determinada pelo V_{ip} -Hiperbolóide de Carga e Potência.

Qualquer empresa, não importando o ramo de atividade, que apresentar registros de fator de carga e fator de potência, pode ser analisada por intermédio do programa computacional.

O programa computacional proporciona, de maneira rápida e eficiente, a obtenção de resultados práticos na análise do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa e reativa.

Referências

Livros

AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA. **Auto avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica nos setores comercial e de serviços**. São Paulo, 1998. 50p.

BLOOMQUIST, W. C. **Introduction à la electronica de los semicondutores**. Barcelona: Labor, 1973. 440p.

COTRIN, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. São Paulo: McGraw Hill, 1982. 423p.

Dissertação

CARDIM, D. **Programa computacional para análise do faturamento do consumo de energia elétrica através do k-hiperbolóide de Carga e Potência em empresas frigoríficas abatedoras de bovinos**. Botucatu: UNESP, 2001. 177p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

Manual

COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifas Horo-Sazonais, Manual de Orientação ao Consumidor**. Rio de Janeiro, 1988. 28p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO e COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **Manual de fator de potência**. São Paulo, 1980. 23p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. **Manual de fator de carga**. São Paulo, 1990. 18p.