

ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

Christielly Fernandes da Costa¹, Bianca Cristina Duarte e Silva², Luiz Henrique de Oliveira³, Lara Cristina Resende Silva Couto⁴, Flaviana Amélia Possancini⁵, Sérgio Ferreira de Paula Silva⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia – MG

¹christielly.eel@gmail.com, ²bianca.duarte.silva@outlook.com, ³luiz_henrique_deoliveira@hotmail.com,

⁴larinha1612@gmail.com, ⁵flavianapossancini@gmail.com, ⁶s.ferreiradepaula@ufu.br

Resumo - Este artigo apresenta os resultados de uma análise da situação atual do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Uberlândia que foi realizada a fim de se propor um estudo de eficiência energética. Toda a metodologia aplicada teve o intuito de oferecer novas alternativas mais eficientes para alguns processos do restaurante e também novos equipamentos e tecnologias para resultarem em uma diminuição no consumo de energia.

Palavras-Chave – Aquecimento, ar condicionado, consumo de energia, eficiência energética, iluminação, Restaurante Universitário.

ENERGY EFFICIENCY STUDY OF A UNIVERSITY RESTAURANT

Abstract - This article presents the results of an analysis of the current situation of the University Restaurant of the Federal University of Uberlândia which was held in order to propose a study of energy efficiency. All the methodology applied was intended to offer new more efficient alternatives for some restaurant processes and also new equipment and technology to result in a decrease in energy consumption.

Keywords – Air conditioning, energy efficiency, heating, lighting, power consumption, University Restaurant.

NOMENCLATURA

$V_{arm.}$ = Volume total mínimo do reservatório térmico [m³];

$T_{cons.}$ = Temperatura de consumo [°C];

$T_{ambiente}$ = Temperatura ambiente [°C];

$T_{arm.}$ = Temperatura de armazenamento [°C].

$E_{útil}$ = Energia diária útil [kWh/dia];

ρ = Massa específica da água (1000) [kg/m³];

C_p = Calor específico da água (4,18) [kJ/(kg·K)];

A_c = Área coletora [m²];

E_{perdas} = Somatório das perdas térmicas [kWh/dia];

I_g = Irradiação global média anual para o local de instalação [kWh/m²·dia];

$PMDEE$ = Produção de energia média diária específica do coletor [kWh/dia];

$F_{R\alpha}$ = Coeficiente de ganho do coletor;

F_{Rul} = Coeficiente de perdas do coletor;

F_c = Fator de correção da orientação do coletor;

β = Inclinação do coletor em relação ao plano horizontal [°];

$\beta_{recqm.}$ = Inclinação recomendada para o coletor solar [°];

γ = Ângulo azimutal [°];

N_{placas} = Número de placas necessárias para o sistema;

CT = carga térmica (kcal/h);

a = volume do recinto (kcal/h.m³);

b = área das janelas (kcal/h.m²);

c = número de pessoas (kcal/h.pessoa);

d = área das portas (kcal/h.m²);

e = aparelhos eletrodomésticos (kcal/h.watt).

I. INTRODUÇÃO

O estudo sobre eficiência energética em setores como a indústria e o comércio está cada vez mais presente no cenário brasileiro. O racionamento de energia elétrica ocorrido em 2001, quando a crise do setor elétrico veio a público, fez crescer em todo o país o sentimento de economizar esta fonte [1].

O Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Uberlândia, situado no *campus* Santa Mônica, apresenta diversos campos/setores para a aplicação de técnicas, processos e/ou equipamentos mais eficientes. Portanto, este estabelecimento oferece significativas possibilidades de redução do consumo de energia elétrica, com consequências diretas no faturamento deste insumo e, também, no custo final das refeições servidas.

Atualmente, o preparo das refeições é terceirizado, esta condição reduziu o consumo energético do RU. No entanto, o armazenamento e a conservação dos alimentos, os sistemas de iluminação e de climatização, e os aparatos que necessitam de água aquecida continuam a oferecer boas oportunidades de redução no consumo de energia elétrica.

O presente artigo está direcionado à análise do perfil atual de consumo do RU, com propostas para a otimização e redução do mesmo. Para tanto, os estudos são fundamentados em medições de campo e em um extensivo trabalho de coleta de dados e informações sobre os equipamentos e processos utilizados no restaurante. Com estas informações é possível avaliar o modo como esse complexo funciona e apresentar alternativas que resultem em um melhor aproveitamento da energia no restaurante. Ressalta-se que o trabalho está



XIV CEEL - ISSN 2178-8308
03 a 07 de Outubro de 2016
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

centrado em três sistemas diferentes: aquecimento de água, ar condicionado e iluminação.

II. PERFIL DE CONSUMO

Durante a semana de 05 a 11 de abril de 2016, foi instalado o equipamento Analisador de Energia RE6000 da EMBRASUL no alimentador do restaurante a fim de analisar as condições de suprimento de energia.

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam o comportamento da potência demandada pelo restaurante, em uma semana típica. Para viabilizar análises posteriores, os valores medidos foram agrupados em dias úteis, sábado e domingo. Assim, o gráfico referente aos dias úteis representa a média das potências horárias para todos os dias úteis monitorados. Para o sábado e domingo, os valores foram computados de forma a representar a média horária.

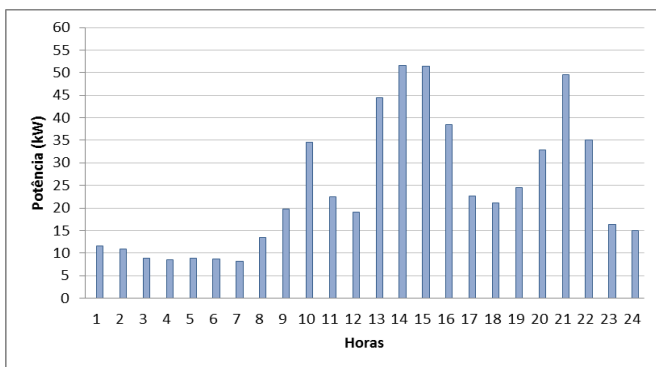


Fig. 1. Média da potência ativa registrada durante os dias úteis.

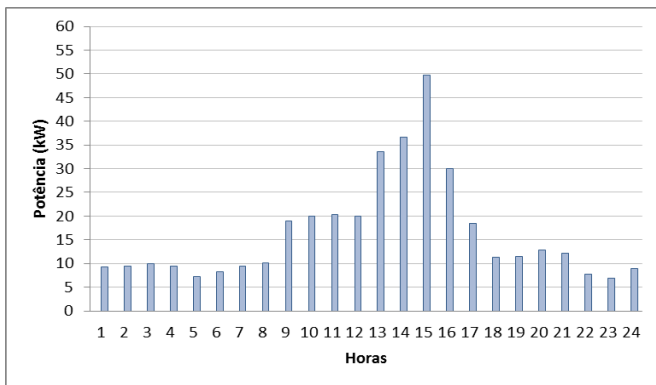


Fig. 2. Potência ativa medida durante o sábado.

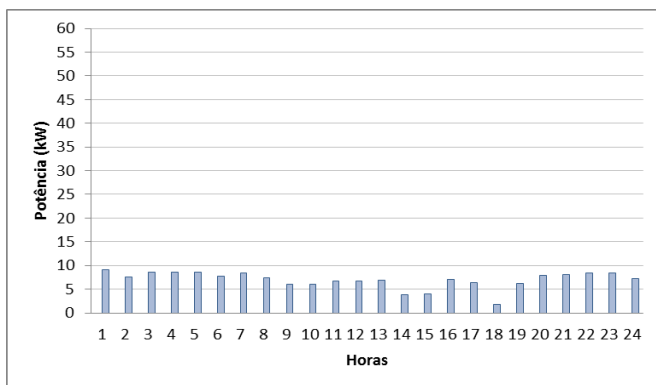


Figura 3. Potência ativa medida durante o domingo.

III. LEVANTAMENTO DE CARGA

Em paralelo às medições, com vistas à determinação da atual condição operacional do RU, foi realizado o levantamento de todas as cargas elétricas do mesmo. Todos os equipamentos que utilizam energia elétrica foram catalogados, com foco na potência exigida pelos mesmos e informações relativas ao período de funcionamento. Cabe destacar a importância da equipe técnica do RU que prontamente forneceu o acesso e os subsídios necessários.

A Tabela I apresenta as cargas em utilização, contendo a quantidade, potência e horas de funcionamento por dia.

Tabela I – Carga instalada do Restaurante Universitário de Uberlândia

| Equipamento | Quantidade | Potência (W) | Horas/dia |
|-------------------------------------|------------|--------------|-----------|
| Compressores câmara de refrigeração | 4 | 306 | 24 |
| Compressores câmara de congelamento | 3 | 1865 | 24 |
| Lâmpada T8 36W + Reator | 224 | 40 | 15 |
| Lâmpada T8 18W + Reator | 122 | 20 | 15 |
| Bebedouro menor | 1 | 103 | 24 |
| Ar condicionado | 4 | 754 | 15 |
| Bate ponto | 1 | 5 | 24 |
| Impressora | 4 | 270 | 24 |
| Telefone | 5 | 3 | 24 |
| Computador | 12 | 500 | 15 |
| Liquidificador Industrial | 1 | 368 | 2 |
| Geladeira Industrial | 3 | 200 | 24 |
| Refresqueira Industrial | 3 | 635 | 24 |
| Passtrought (Frio) | 2 | 190 | 24 |
| Passtrought (Quente) | 2 | 1500 | 12 |
| Pistas | 1 | 17000 | 10 |
| Bebedouro maior | 1 | 308 | 24 |
| Higienizadora de bandeja | 1 | 3000 | 9 |
| Ventiladores simples | 10 | 130 | 15 |
| Ventiladores maiores | 3 | 200 | 15 |
| Purificador de água | 1 | 100 | 24 |
| Frigobar | 1 | 85 | 24 |
| Total | | 57084 | - |

Embora não presente na tabela acima, o total de horas de funcionamento diário de cada equipamento foi separado para cada uma das 24 horas de um dia típico (dia útil, sábado ou domingo). Este procedimento teve como objetivo a determinação do perfil de consumo ao longo do dia, permitindo a verificação dos momentos de carga elevada ou reduzida.

De forma a validar a coleta de dados através dos dados das medições, uma planilha contendo todos estes dados foi elaborada e gráficos de potência diários traçados. Esta metodologia tem por finalidade averiguar se os dados colhidos estão compatíveis com as medições realizadas.

De forma idêntica às medições as informações coletadas também foram compactadas de acordo com o tipo de dia: útil, sábado ou domingo. As figuras 4, 5 e 6 apresentam os perfis resultantes..

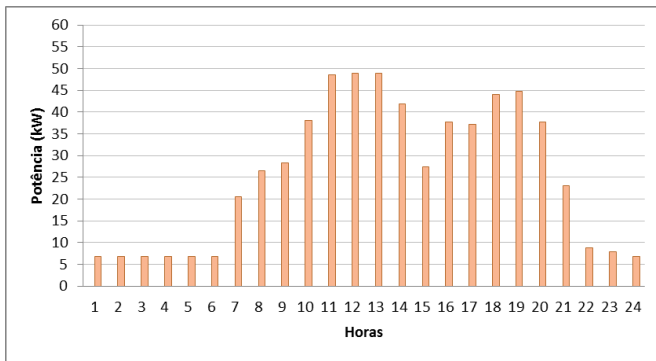


Fig. 4. Potência ativa média durante os dias úteis, calculada pelo perfil de consumo.

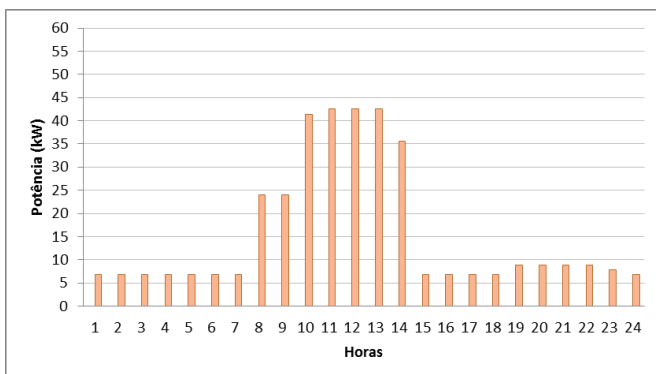


Fig. 5. Potência aos sábados, calculada pelo perfil de consumo.

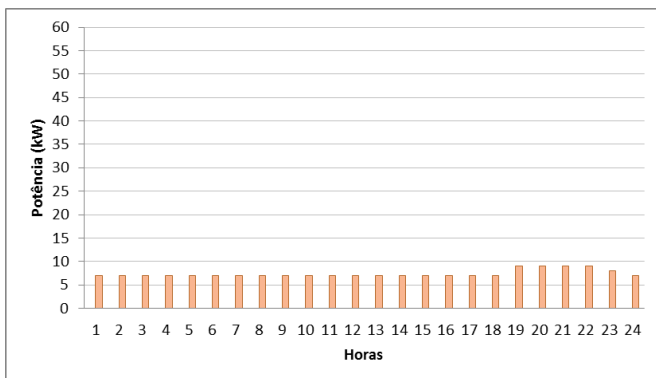


Fig. 6. Potência ativa aos domingos, calculada pelo perfil de consumo.

Os gráficos evidenciam que o comportamento do consumo é semelhante ao observado nas medições e, portanto, estão aptos a serem utilizados nos estudos subsequentes. As diferenças observadas em determinados horários entre as Figuras 1, 2, 3, e suas correspondentes 4, 5 e 6 se devem à imprecisão de algumas informações repassadas pelos funcionários quanto ao tempo de funcionamento exato de cada equipamento durante o dia, e também porque esse tempo pode variar ligeiramente entre os dias.

Após a averiguação dos dados colhidos, optou-se por avaliar três sistemas distintos: sistemas de aquecimento; iluminação; e condicionamento de ar; conforme apresentado na sequência.

A. Sistema de aquecimento de água

Por meio da Tabela I, percebe-se que a potência das pistas corresponde a, aproximadamente, 30% da carga instalada, sendo o equipamento de maior potência encontrado no local.

As pistas de aquecimento são as estruturas onde são servidas as refeições e, para manter os alimentos em temperatura adequada, são utilizadas resistências elétricas imersas em água, no sistema conhecido como “banho-maria”. A Figura 7 mostra uma das pistas do RU, que conta com dois sistemas como este no total.



Fig. 7. Uma das pistas de aquecimento do RU.

As pistas funcionam em média 10h diárias (de segunda a sexta-feira), e durante 5h aos sábados. Dessa forma, é notável que reduzir o consumo de energia destas impacta de forma considerável no consumo total do restaurante. Como o RU, atualmente, é responsável apenas pela distribuição das refeições, e não mais pela produção, os horários de maior consumo energético ocorrem durante o dia, tornando viável a utilização de aquecedores solares.

Apesar desse método de aquecimento estar cada vez mais difundido e aprimorado, sua utilização ainda está concentrada no setor residencial.

A implantação desse sistema no restaurante é justificada também pela alta irradiação solar da região. Conforme verificado no Atlas Brasileiro de Energia Solar, a irradiação global média anual na região da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Santa Mônica é de 5,53 kWh/m²-dia. Os sistemas de aquecimento solar são constituídos basicamente de: coletor solar plano; tanque de armazenamento (boiler); válvulas; aquecedor auxiliar e tubulações. Esses componentes tem a função de captar a energia solar, transferi-la à água, armazenar e disponibilizar o fluido aquecido aos sistemas que serão alimentados por ele.

No caso das pistas de aquecimento, podem ser utilizadas suas próprias resistências como aquecedores auxiliares, para os casos onde a temperatura da água não estiver suficientemente alta, ou nos dias com pouca incidência solar.

O dimensionamento do sistema de aquecimento de água é normatizado pela norma NBR 15569:2008

. Os cálculos são feitos considerando uma fração solar de 70% e que não há sombreamento sobre os coletores solares. As etapas descritas na norma estão especificadas a seguir.

1) Levantar o volume de consumo diário de água quente

Como esse dimensionamento será feito apenas para atender as pistas aquecidas, o volume adotado será o próprio desse sistema. Cada pista consome 130 litros de água, sendo esta trocada duas vezes ao dia. Como são duas pistas, o volume diário consumido é definido por (1):

$$V_{consumo} = 130 \cdot 2 \cdot 2 = 520 \text{ l} = 0,52 \text{ m}^3 \quad (1)$$

2) Calcular o volume de armazenamento

Como o local já possui um reservatório de 500 litros, esse será o volume de armazenamento adotado. Assim, será calculada a temperatura que a água deverá ser armazenada (2), considerando esse volume. A temperatura de consumo adotada será de 85°C, que é a temperatura máxima de operação do equipamento segundo o fabricante.

$$T_{arm} = \frac{(T_{cons} - T_{ambiente}) \cdot V_{cons}}{V_{arm}} + T_{ambiente} \quad (2)$$

$$T_{arm} = 87,5^\circ\text{C}$$

3) Cálculo da demanda de energia útil

$$E_{útil} = \frac{V_{arm} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{arm} - T_{ambiente})}{3600} \quad (3)$$

$$E_{útil} = 38,32 \text{ kWh/dia}$$

4) Cálculo da área coletora

$$A_c = \frac{(E_{útil} + E_{perdas}) \cdot F_c \cdot 4,901}{PMDEE \cdot I_g} \quad (4)$$

$$A_c = 12,83 \text{ m}^2$$

$$PMDEE = 4,901 \cdot (F_{R\tau\alpha} - 0,0249 \cdot F_{Rul}) \quad (5)$$

$$PMDEE = 2,912 \text{ kWh/dia}$$

$$F_c = \frac{1}{1 - [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{recom.})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \gamma^2]} \quad (6)$$

$$F_c = 1$$

O coletor escolhido foi o modelo Soletrol Industrial Plus, cujas especificações técnicas estão abaixo.

- Área: 1,92m²;
- Dimensões (c x l): 1920 x 1000 mm;
- FR $\tau\alpha$: 0,747;
- FR ul : 6,134.

A latitude do local é de 18,92°. Será considerado que a instalação dos coletores seguirá a inclinação recomendada e que estarão voltados para o norte geográfico. Considerando que as perdas são de 15% da Energia útil, o número de placas (7) necessárias para esse sistema de acordo com as equações acima são:

$$N_{placas} = \frac{A_c}{A_{placas}} \quad (7)$$

$$N_{placas} = 6,68 \text{ placas}$$

Portanto, recomenda-se utilizar 7 placas do modelo escolhido para atender à demanda necessária. Esse sistema é relativamente pequeno e representaria uma grande economia de energia ao restaurante, já que atualmente as resistências utilizadas são ligadas em torno de 2 horas antes do início da distribuição das refeições, e permanecem ligadas durante boa parte do dia. Utilizando o aquecedor solar, a água já estaria na temperatura de operação, sendo necessária apenas a manutenção da mesma durante o tempo de atendimento aos usuários.

B. Sistema de ar-condicionado

Em um diagnóstico de eficiência energética, um dos principais segmentos que devem ser analisado corresponde ao sistema de climatização. A simples troca por um aparelho com tecnologia mais moderna e eficiente já garante uma diminuição no consumo de energia elétrica. Aliado a isso, deve-se calcular a carga térmica em BTUs (unidade térmica britânica) exigida pelo local de instalação.

O PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), juntamente com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás, possuem programas de orientação do consumidor a respeito da eficiência energética de cada aparelho. Os equipamentos que recebem Selo Procel “A” são considerados os mais econômicos em termos de consumo de energia, pois apresentam os maiores Coeficientes de Eficiência Energética (CEE). Os novos aparelhos de ar condicionado para substituição dos atuais no RU serão escolhidos observando-se o Selo PROCEL e a tecnologia de refrigeração [2].

O restaurante possui, atualmente, três condicionadores de ar instalados no local. Os aparelhos são antigos e não possuem tecnologia *Inverter*. Sendo assim, a fim de se aplicar um trabalho de eficiência energética foi avaliado se os mesmos estão dimensionados corretamente para cada ambiente. Para calcular a potência é preciso, primeiramente, encontrar a carga térmica (8) do recinto a ser refrigerado. O mesmo pode ser obtido a partir da expressão abaixo:

$$CT = a + b + c + d + e \quad (8)$$

Para o parâmetro “a” (9), tem-se que:

$$a = \text{recinto} \times \text{volume} \quad (9)$$

Para o parâmetro “b” (10), tem-se que:

$$b = \text{janelas} \times \text{área} \quad (10)$$

O parâmetro “c” (11) considera o número de pessoas que frequentam o ambiente durante o dia. Pode ser obtido a partir de:

$$c = n^\circ \text{ de pessoas} \times 125 \quad (11)$$

Para o parâmetro “d” (12), consideram-se apenas as portas, arcos ou vãos que ficam abertos sempre abertos para locais não condicionados.

$$d = \text{soma das áreas das portas} \times 125 \quad (12)$$

E, por último, o parâmetro “e” (13) é calculado a partir da soma das potências dos aparelhos presentes no local que dissipam calor multiplicado por um fator.

$$e = \text{soma das potências} \times 0,9 \quad (13)$$

Sendo assim, após o cálculo da carga térmica, em Kcal/h, e o respectivo valor em BTU para compra correta do condicionador de ar. Tendo em vista todos esses parâmetros, a quantidade de BTUs necessária para cada ambiente do restaurante e os valores atuais são mostrados pela Tabela II.

Tabela II – Valores, em BTU, dos condicionadores de ar instalados atualmente e os calculados para substituição

| | Sala 1 | Sala 2 | Sala 3 | |
|-----------|--------|--------|----------|----------|
| | | | Espaço 1 | Espaço 2 |
| Atual | 7.500 | 12.000 | 12.000 | 18.000 |
| Calculado | 12.000 | 10.000 | 18.000 | 10.000 |

Analisando os valores em BTU dos condicionadores de ar nos dois casos, percebe-se que nas salas 2 e 3 os mesmos estão superdimensionados. Somente a sala 1 possui um ar-condicionado com carga térmica bem inferior à necessária. A Sala 3 possui dois espaços com uma divisória entre eles, sendo que há um ar-condicionado em cada uma. Porém, os mesmos não estão instalados nos locais corretos, pois o maior deveria estar posicionado no Espaço 1 e o menor no Espaço 2.

Com base nos dados coletados a respeito do tempo de funcionamento de cada ar-condicionado e suas respectivas potências, foi possível calcular o consumo médio mensal de cada aparelho. A fim de propor uma redução no consumo, foram especificados novos condicionadores de ar com tecnologia *Inverter* para substituição dos atuais de acordo com o dimensionamento apresentado anteriormente. Foi escolhido um ar-condicionado de 12.000 BTUs (1140 W) para substituir os condicionadores de ar antigos menores ou iguais a 12.000 BTUs. Já para o Espaço 1 da Sala 3 foi escolhido um de 18.000 BTUs (1630 W). A Tabela III apresenta a economia resultante após a troca dos aparelhos.

Tabela III – Valores em kWh/mês da economia adquirida após a substituição dos condicionadores de ar instalados atualmente por novos aparelhos com tecnologia *Inverter*

| | Sala 1 | Sala 2 | Sala 3 | |
|--------------------|--------|--------|----------|----------|
| | | | Espaço 1 | Espaço 2 |
| Antigo | 73,74 | 254,60 | 152,00 | 244,00 |
| Novo | 99,87 | 238,97 | 212,00 | 142,67 |
| Economia [KWh/mês] | -26,13 | 15,63 | -60,00 | 101,33 |

Percebe-se a grande economia em KWh que resultará no final de cada mês após a substituição por aparelhos com tecnologia *Inverter*. Os valores mostrados na Tabela III para a Sala 1 e o Espaço 1 são negativos, pois os condicionadores de ar que estão instalados atualmente não estão

dimensionados corretamente e não atendem a demanda de refrigeração do local. Sendo assim, após o novo aparelho ser instalado o ambiente será climatizado corretamente e esse consumo a mais será compensado com o dimensionamento correto do outro ar-condicionado.

C. Sistema de iluminação

A iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial. Vários trabalhos desenvolvidos mostram que a iluminação ineficiente é comum no Brasil [3].

Ao se analisar a iluminação de determinado ambiente, deve-se verificar se esta apresenta qualidade adequada às exigências da luminotécnica: correta distribuição, conforto visual e boa eficiência energética [4].

Nessa seção, será descrito como se encontra o sistema de iluminação do RU e como esta pode ser melhorada sob o ponto de vista da eficiência energética. O levantamento de dados luminotécnicos do restaurante culminou nas informações contidas na Tabela IV.

Tabela IV – Tipo, potência, tempo e quantidade de luminárias do RU.

| Tipo Lâmpada | Potência (W) | Funcionamento h/dia | Quantidade | Energia (kWh/dia) |
|-----------------|--------------|---------------------|------------|-------------------|
| T8-120cm-3350lm | 36 | 15 | 224 | 120,960 |
| T8-60cm-1350lm | 18 | 15 | 122 | 32,940 |

É importante ressaltar, entretanto, que os estudos e a simulação da iluminação no *software* DiaLux são baseados somente na área de refeitório, onde os alunos e servidores da universidade se reúnem para realizar suas refeições. A Figura 8 mostra o croqui da área de refeitório do RU modelado no DiaLux.

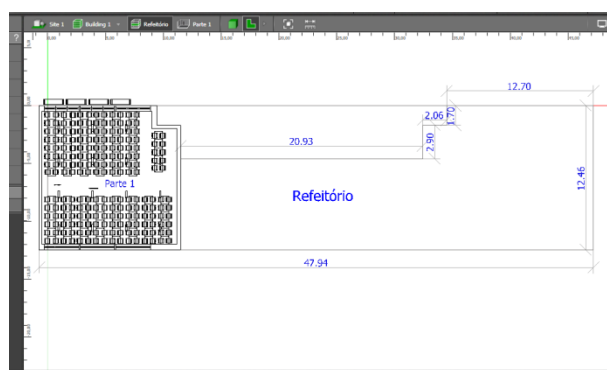


Fig 8. Croqui do Refeitório do RU, sendo a Parte 1 a área simulada.

Utilizando um luxímetro foram realizadas medições do nível de iluminação no refeitório do restaurante. O objetivo deste trabalho é verificar se os níveis atuais estão compatíveis com o recomendado pela norma NBR ISO 8995-1:2013 [5]. Nesta norma, a iluminância mínima para o local designado como “Restaurante self-service” ou “Restaurante, sala de jantar, sala de eventos” é de 200 lux. Os valores medidos estão expressos na Tabela V.

Tabela V – Medidas de iluminância em vinte pontos distintos no período da noite

| Iluminância (lux) a 0,70m do chão (plano de trabalho) | | | |
|---|-----|-----|-----|
| 109 | 379 | 176 | 115 |
| 76 | 149 | 161 | 124 |
| 140 | 251 | 86 | 178 |
| 215 | 157 | 140 | 127 |
| 152 | 214 | 141 | 158 |

O nível médio de iluminação resultante das medições é de aproximadamente 162 lux. Além disso, o menor valor observado foi de 76 lux. Ou seja, é possível concluir que a iluminação não está adequadamente distribuída e não é suficiente para que as pessoas realizem suas refeições sem haver incômodo visual.

A simulação computacional da condição atual resultou em um valor médio de 150 lux, o que mostra um erro de menos de dez por cento em relação ao estado atual do refeitório do RU. A Figura 9 mostra a simulação desse ambiente com iluminação ineficiente:



Fig. 9. Simulação DiaLux de parte do refeitório com iluminância média de 150 lux.

Além do nível de iluminância do RU, é necessário levar em conta, também, o atual método de distribuição das luminárias e o controle dos circuitos.

A distribuição das luminárias deve propiciar uma boa iluminação sobre as mesas, assim o posicionamento das luminárias é de fundamental importância. Uma readequação do posicionamento das luminárias demanda serviços de terceiros e não faz parte do presente estudo, sendo recomendada uma adequação na próxima reforma do restaurante.

O restaurante serve três refeições durante os dias úteis, café-da-manhã, almoço e jantar, e somente uma aos sábados, o almoço. Além disso, na parte da manhã e aos sábados, somente um dos lados do refeitório é liberado para o acesso aos estudantes, pois a quantidade desses é bem menor se comparada aos outros horários.

Nas visitas ao restaurante, verificou-se que todo o sistema de iluminação do refeitório é controlado diretamente pelo disjuntor de proteção, ou seja, não há comandos específicos para a iluminação. Com base nos hábitos de consumo do restaurante já mencionados, a falta de interruptores causa um impacto negativo no consumo de energia elétrica, visto que poderia haver uma economia relevante caso as lâmpadas fossem acionadas somente quando necessário.

A troca e o uso de lâmpadas mais eficientes, como as lâmpadas *Light-Emitting Diode* (LED), também são uma alternativa para melhorar a iluminação tanto do refeitório como das outras áreas da cozinha. A lâmpada escolhida foi o modelo Essential LEDtube 1200/600 mm, 18/9 W, da Philips.

A Tabela VI mostra a economia de energia alcançada com a troca das lâmpadas pelo modelo mais eficiente.

Tabela VI – Economia de energia na troca de lâmpadas

| Tipo Lâmpada | Potência (W) | Funcionamento h/dia | Quantidade | Energia (kWh/dia) |
|-------------------------------------|--------------|---------------------|------------|-------------------|
| T8-120cm-3350lm | 32 | 15 | 28 | 13,44 |
| T8-60cm-1350lm | 18 | 15 | 90 | 24,30 |
| Consumo Total (kWh/dia): | | | | 37,74 |
| T8-120cm-2100lm LED | 18 | 15 | 28 | 7,56 |
| T8-60cm-1000lm LED | 9 | 15 | 90 | 12,15 |
| Consumo Total (kWh/dia): | | | | 19,71 |
| Redução no consumo (kWh/dia) | | | | 18,03 |

IV. CONCLUSÕES

Sem dúvidas há muitas possibilidades de otimização e redução no uso de energia elétrica para se aplicar no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Uberlândia. Com base na aplicação de eficiência energética em seus processos e equipamentos é evidente a economia de energia com a universidade. Seja a troca dos condicionadores ou a proposta de um novo sistema mais eficiente de iluminação. Pelos resultados apresentados, percebe-se uma redução de em média 50% no consumo em kWh, economia essa que impacta diretamente nos gastos mensais, garantindo a viabilidade da proposta do artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] XXIV ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, 2004, Florianópolis, Sc. *Eficiência energética nas indústrias: cenários & oportunidades*. Florianópolis, Sc: Abepro, 2004. 8 p.
- [2] INMETRO. Tabelas de eficiência energética: Condicionadores de ar Split Hi-wall. 2016. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- [3] ELETROBRÁS, Procel et al. *Eficiência Energética: Teoria e Prática*. Itajubá: Fupai, 2007.
- [4] FIORINI, Thiago Morais Sirio. *PROJETO DE ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES INTERNOS ESPECIAIS*. 2006. 125 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.
- [5] *Iluminação de ambientes de trabalho* – Norma Técnica ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 :2013. *Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação* – Norma Técnica ABNT NBR 15569:2008