

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL EM DOIS HIPERMERCADOS

Leonardo B. S. Mangiapelo¹; Alberto L. Francato²; Wagner A. Andreasi³

(1) Eng. Eletricista, Mestrando. e-mail: leo_mangia@hotmail.com

(2) Eng. Civil, Professor Doutor. e-mail: francato@fec.unicamp.br

Departamento de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais da FEC - Unicamp.

(3) Eng. Civil, Professor Doutor. e-mail: andreasi@dec.ufms.br

Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações do DEC - UFMS

Abstract: Artificial lighting in commercial buildings in Brazil represent about 22% share of their energy consumption. In this sector, supermarkets are responsible for the greatest installed power levels with artificial lighting systems. This paper describes a field study that was conducted in two different supermarkets, with different artificial and natural lighting systems. Field research, energy consumption and lighting distribution measurements were carried out. The authors concluded that the use of natural lighting, associated with an efficient combination of lamp-luminary-ballast and automation systems offer great potential for energy efficiency.

Copyright © 2011 CBEE/ABEE

Keywords: Energy Efficiency Natural Lighting Supermarket

Resumo: No Brasil, os sistemas de iluminação artificial tem uma participação de 22% no consumo total de energia elétrica nas edificações comerciais. Neste setor, os hipermercados apresentam as maiores potências instaladas com sistemas de iluminação artificial. Este trabalho compara dois hipermercados que possuem diferentes sistemas de iluminação artificial e natural, onde um deles apresenta aproveitamento de iluminação natural. Realizaram-se levantamentos de campo, medições do consumo de energia e da distribuição interna de iluminâncias. O estudo conclui que o uso de iluminação natural, associada ao correto dimensionamento do conjunto lâmpada-luminária-reator e uso de sistemas automatizados oferecem grandes potenciais para a eficiência energética.

Palavras Chaves: Eficiência Energética Iluminação Natural Hipermercado

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as edificações são responsáveis por 45% do consumo de toda energia elétrica produzida no país, sendo 14,6% representado pelo setor comercial. Neste setor, os sistemas de iluminação artificial representam em média 22% do consumo de energia, apresentando grandes possibilidades para ações de eficiência energética (PROCEL, 2008).

Jannuzzi et al.(2006) mostram que é possível reduzir 61% do custo com energia elétrica com ações de eficiência energética em sistemas de iluminação.

Estudos realizados no setor comercial indicam que nos hipermercados 66,7% possuem potência instalada em iluminação acima de 100 kW, oferecendo grandes oportunidades para ações de eficiência energética no setor de iluminação (PROCEL, 2006).

Danny e Joseph (2001) mostram que a integração da iluminação artificial com a natural possibilita grandes reduções nos custos com energia elétrica, além de proporcionar um ambiente mais agradável e saudável para seus usuários.

Ainda, Iwashita e Saidel (2005) ressaltam que nos projetos luminotécnicos em geral, não costumam ser considerada a eficiência energética do conjunto de equipamentos luminária-lâmpada-reator, sendo comum a adoção de lâmpadas eficientes com luminárias ou reatores pouco eficientes, aumentando o desperdício de energia nestes casos.

Neste trabalho, serão analisados dois hipermercados de uma mesma rede, localizados na cidade de Campo Grande – MS. O hipermercado B possui um sistema de aberturas zenitais que possibilita o aproveitamento da iluminação natural, enquanto que o hipermercado

A possui um sistema de fechamento com forro, não aproveitando a iluminação natural disponível. Também existem diferenças nos sistemas de iluminação artificial, onde o hipermercado B possui luminárias com refletores brancos e lâmpadas fluorescentes tubulares T8, enquanto o hipermercado A possui luminárias com refletores metálicos e lâmpadas fluorescentes tubulares T5.

Para realizar uma avaliação visando à eficiência energética do sistema de iluminação de ambos estes hipermercados, foram realizados levantamentos em campo, medições do consumo de energia elétrica nos circuitos de iluminação e também medições da distribuição dos níveis internos de iluminâncias.

2 OBJETIVO

Comparar o desempenho dos sistemas de iluminação natural e artificial em dois hipermercados na cidade de Campo Grande – MS, avaliando as tecnologias empregadas, o consumo de energia e a distribuição interna de iluminação.

3 METODOLOGIA

Para avaliar a eficiência energética nos sistemas de iluminação natural e artificial dos hipermercados A e B, foram realizados levantamentos de informações de campo, medições do consumo de energia elétrica nos circuitos dos sistemas de iluminação e medições da distribuição interna de iluminâncias. As medições foram divididas em duas etapas, sendo a primeira realizada entre julho e agosto de 2010 e a segunda entre janeiro e fevereiro de 2011.

3.1 Levantamento de informações de campo

Foram realizadas diversas visitas em ambos os hipermercados onde se obtiveram as plantas arquitetônicas e de instalações elétricas, que não estavam exatamente atualizadas com as situações encontradas em campo. Desta forma, foram levantadas as características das instalações elétricas, os circuitos, os quadros de distribuição, os tipos de lâmpadas, luminárias e reatores utilizados, a disposição e demais medidas destes equipamentos de forma a desenvolver uma metodologia sistemática para realizar as medidas da distribuição de iluminâncias no interior destes hipermercados, bem como do consumo de energia elétrica nos sistemas de iluminação.

3.2 Medições de distribuição interna de iluminâncias

Para estudar a distribuição da iluminação no interior dos hipermercados, optou-se por realizar medições das iluminâncias em vários pontos pré-definidos. Após terem sido levantadas as informações de campo, criou-se uma malha de pontos de medição para cada hipermercado, de acordo com as orientações da

NBR15215-4. Os salões de venda dos hipermercados foram subdivididos em regiões distribuídas de acordo com a geometria do ambiente e das disposições das prateleiras e demais objetos no interior da loja. Foram feitas medições utilizando o luxímetro MLM-1010 da MINIPA, a uma altura padronizada de 75 cm da altura do piso, conforme orienta a NBR15215-4.

Em virtude das frequentes variações das condições de céu ao longo do dia e do ano, a NBR15215-4 orienta a realização destas medidas em diferentes horários do dia e também nas épocas do ano em que as condições de céu sejam mais representativas, que ocorrem no período próximo aos solstícios de verão (22 de dezembro) e ao solstício de inverno (22 de junho). Com base nestas recomendações, optou-se por realizar duas etapas de medidas: a primeira em julho de 2010, próxima ao solstício de inverno e a segunda em janeiro de 2011, próxima ao solstício de verão. Cada etapa de medida teve duração de três dias para cada hipermercado, onde foi realizado um total de cinco medidas nos três períodos do dia (manhã, tarde e noite).

3.3 Medições do consumo de energia elétrica

Para realizar a medição do consumo de energia elétrica optou-se por levantar a curva de carga diária do consumo de energia nos circuitos de iluminação de cada hipermercado. Para isto, foram utilizados os analisadores de energia RE 2000 e RE 6000, ambos da EMBRASUL. Após terem sido levantadas as características das instalações elétricas de ambos os hipermercados, os analisadores foram instalados de forma a medir o consumo de energia elétrica nos circuitos de iluminação dos salões de venda. A instalação destes equipamentos ocorreu de forma simultânea às medidas de distribuição de iluminâncias, sendo que em cada etapa os circuitos de iluminação foram monitorados por três dias consecutivos em cada hipermercado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Hipermercado A

4.1.1 Levantamento de informações de campo

Em operação desde 1989, este hipermercado possui dois pavimentos e conta com cinco mil metros quadrados de área, não havendo aproveitamento da iluminação natural disponível. Desta forma, este hipermercado depende exclusivamente do sistema de iluminação artificial durante suas 24 horas diárias de operação.

Em 2008 esta unidade foi reformada onde várias mudanças foram feitas em seus ambientes e equipamentos, incluindo melhorias em suas instalações elétricas e sistemas de iluminação artificial, que foram inteiramente modificados e

atualizados com lâmpadas, luminárias e reatores de alta eficiência. A figura 1 ilustra o interior do hipermercado A.

O sistema de iluminação artificial do salão de vendas analisado é constituído por nove fileiras de luminárias fixadas no forro a uma altura de 4,4 metros. O número de luminárias por fileiras não é constante, sendo que no setor de hortifruti existem cinco fileiras de luminárias adicionais fornecendo um maior nível de iluminação nesta seção.

De acordo com a equipe de manutenção deste hipermercado, as luminárias foram feitas especificamente para esta unidade da rede, não sendo modelos comercialmente disponíveis. Estas luminárias se caracterizam por possuir refletores em alumínio sem aletas. Esta configuração faz com que exista um maior direcionamento do fluxo luminoso para a área de tarefa, que neste caso é o salão de vendas, causando um aumento na eficiência do conjunto lâmpada-luminária-reator.

Cada luminária possui uma lâmpada OSRAM LUMILUX T5 HO FQ com potência de 54 W, temperatura de cor de 4.000 K, fluxo luminoso de 4.450 lumens e índice de reprodução de cor de 80-89. Para cada duas lâmpadas utiliza-se um reator EL258A26 da PHILIPS. De acordo com dados de catálogo dos fabricantes, este conjunto formado por um reator e duas lâmpadas possui uma potência total de 110 W, corrente de 0.49 A, fator de potência de 0,99 e uma taxa de distorção harmônica inferior a 5%. Desta forma, este conjunto proporciona um fluxo luminoso de 8.900 lumens com 110 W de potência, apresentando uma relação de 80 lm/W.

De acordo com os levantamentos realizados, este sistema conta com 554 lâmpadas, 554 luminárias e 277 reatores, totalizando uma potência instalada de 30,47 kW.

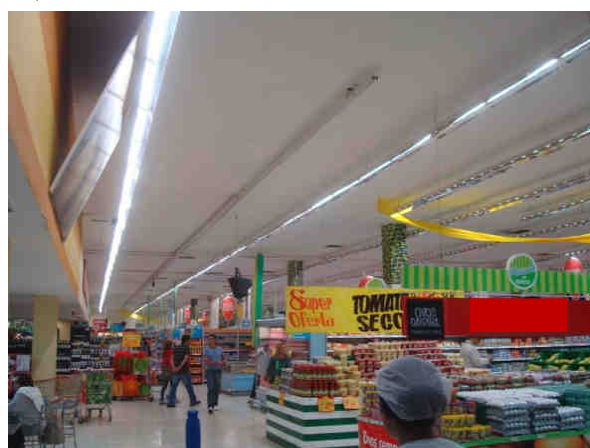


Figura 1: Foto do interior do hipermercado A.

4.1.2 Medições da distribuição interna de iluminâncias

Com o resultado das medidas realizadas no hipermercado A, e seguindo as orientações da NBR15215-4, obteve-se o nível médio de iluminância

do salão de vendas para cada medida, que encontram-se na tabela 1.

O nível médio para a primeira e segunda etapa de medidas foi de 828 e 736 lux respectivamente. Esta redução de 11% apresenta como causas a redução natural de iluminação da lâmpada após seis meses de operação, a possível falta de manutenção e acúmulo de sujeira sobre as lâmpadas e luminárias e as alterações ocorridas no interior do hipermercado como mudanças de produtos e prateleiras e a adição e movimentação de banners internos utilizados para propagandas e ofertas.

Pode-se observar que estes níveis apresentaram pequenas variações ao longo dos períodos do dia, em uma mesma etapa de medidas. Isto se justifica pelo fato do hipermercado possuir somente o sistema de iluminação artificial, o qual permanece ligado durante as 24 horas do dia fornecendo níveis de iluminação praticamente constantes.

No período das 22:30 até as 7:00, a equipe de manutenção do hipermercado desliga manualmente parte do sistema de iluminação com o intuito de reduzir o consumo de energia devido ao fluxo reduzido de pessoas, as quais estão acostumadas com um menor nível de iluminação proporcionado pelo período noturno. Como reflexo desta atitude, houve uma drástica redução no nível médio, observado durante a medida 3 da primeira etapa e a medida 4 da segunda etapa, com níveis de 274 e 234 lux respectivamente. A NBR 5413 indica um nível mínimo de 500 lux como apropriado para este ambiente, o qual não é respeitado nestes períodos. Devido a estes fatos, os níveis médios obtidos durante estes períodos não foram utilizados para calcular os níveis médios de cada etapa de medição.

Tabela 1: Medidas de iluminância no hipermercado A.

Etapa	Medida	Data	Horário	Iluminância Média [lux]
1	1	26/07	16:00	795
	2	26/07	20:00	843
	3	27/07	00:00	274
	4	27/07	09:00	834
	5	27/07	14:00	840
Nível médio da etapa 1				828
2	1	01/02	10:00	744
	2	01/02	17:00	725
	3	01/02	22:00	752
	4	02/02	00:00	234
	5	02/02	10:00	724
Nível médio da etapa 2				736

A figura 2 ilustra a curva isolux da distribuição média de iluminâncias no hipermercado A, obtidas com a utilização do software SURFER 3D. A região que possui maior nível de iluminação é a seção de hortifruti, devido às fileiras adicionais de luminárias existentes.

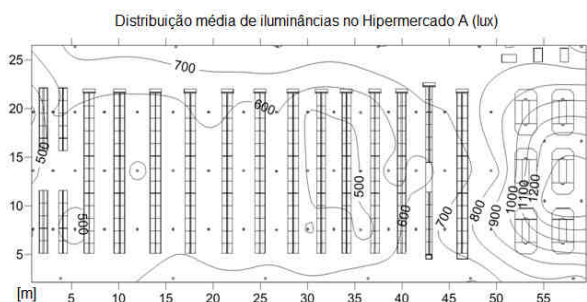


Figura 2: Distribuição média de iluminâncias no hipermercado A – segunda etapa de medições

4.1.3 Medições do consumo de energia elétrica

As curvas de carga levantadas pela medição do consumo de energia elétrica da segunda etapa de medidas encontram-se ilustradas na figura 3. Apesar de terem sido feitas em quatro dias, foram monitorados três dias ininterruptos de consumo de energia. A variação de demanda com o sistema de iluminação pode ser vista nas quatro curvas traçadas, obtidas para cada dia de monitoração, sendo a curva azul para o dia 31 de janeiro, a vermelha para o dia 1, a verde para o dia 2 e a roxa para o dia 3 de fevereiro de 2011.

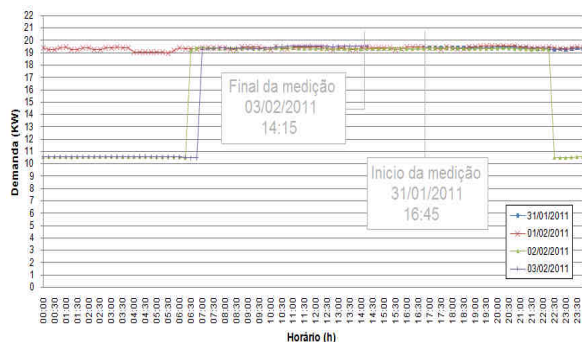


Figura 3: Curva de carga do sistema de iluminação no hipermercado A – segunda etapa de medição.

A figura 3 mostra que a demanda permaneceu praticamente constante em dois patamares: 10,6 kW e 19,4 kW. O patamar de 19,4 kW representa o sistema de iluminação integralmente ligado, enquanto que o de 10,6 kW representa o sistema parcialmente ligado. Pode-se ver também que a demanda do sistema integralmente ligado se inicia por volta das 7:00, permanecendo até o final do dia, próximo às 22:30. Isto coincide com o procedimento da equipe de manutenção já descrito anteriormente. Como este procedimento é manual, pode-se ver que esta transição não ocorre sempre no mesmo horário, e que esta suscetível ao erro humano, como aconteceu entre o dia 31 de janeiro e 1 de fevereiro, onde o sistema permaneceu ligado durante toda a noite. De acordo com

a equipe de manutenção, este procedimento só é feito durante os dias da semana, pois nos finais de semana a equipe não fica presente no hipermercado neste horário. Desta forma, um acionamento automatizado seria mais aconselhável, podendo reduzir consideravelmente o consumo de energia elétrica.

Durante os três dias em que foram realizadas estas medições, o sistema de iluminação artificial do hipermercado A consumiu um total de 1.219,44 kWh, que em média representa um consumo diário de 406,48 kWh.

Hipermercado B

4.1.4 Levantamento de informações de campo

Em operação desde 2009, este hipermercado possui apenas um pavimento e uma área de três mil metros quadrados. Este hipermercado possui como diferencial doze aberturas zenitais que permitem o aproveitamento da iluminação natural disponível. A cobertura deste hipermercado foi feita utilizando sistema integrado de estrutura e cobertura metálica Roll-on, a qual pode admitir a iluminação natural com adição de módulos para abertura zenital tanto em fibra de vidro quanto em policarbonato. A figura 4 ilustra o interior deste hipermercado onde estas características podem ser observadas.

O sistema de iluminação artificial deste hipermercado é constituído por vinte fileiras de luminárias, que estão distribuídas uniformemente ao longo do hipermercado e fixadas em eletrocalhas a uma altura de 4,0 metros do piso. A quantidade de luminárias por fileira também não é constante, tendo no setor de hortifruti cinco fileiras adicionais de luminárias.

As luminárias deste hipermercado são caracterizadas por possuir elemento reflexivo branco sem aletas. Esta é uma luminária simples e que oferece baixa eficiência luminosa, pois o refletor branco não direciona a iluminação gerada pelas lâmpadas para o plano de trabalho de uma maneira tão eficiente quanto um refletor metálico de alumínio.

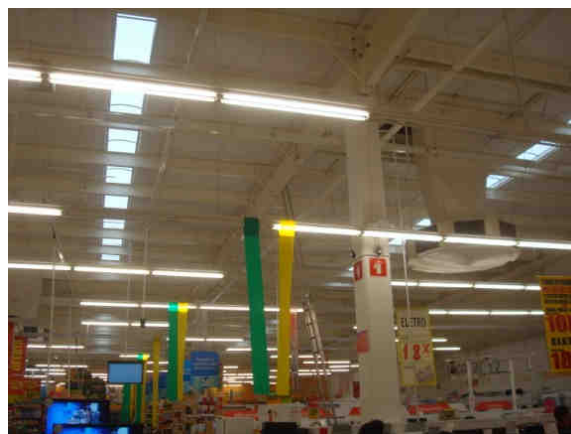


Figura 4: Foto do interior do hipermercado B.

Cada luminária possui duas lâmpadas fluorescentes tubulares LUMILUX FO T8 e um reator eletrônico

FLUORTRONIC AFP, ambos da OSRAM. De acordo com dados de catálogo do fabricante, cada lâmpada possui potência de 32 W, fluxo luminoso de 2.700 lumens, temperatura de cor de 4.000 K e um índice de reprodução de cores de 80-89. Cada conjunto, formado por duas lâmpadas e um reator operando em 220 V, consome uma corrente de 0.3 A, potência de 62 W e um fator de potência de 0.96. Desta forma, este conjunto produz um fluxo luminoso total de 5.400 lumens com um consumo de 62 W, apresentando uma relação de 87 lm/W.

De acordo com os levantamentos realizados, este sistema conta com 1.880 lâmpadas, 940 luminárias e 940 reatores, totalizando uma potência instalada de 58,28 kW.

4.1.5 Medições da distribuição interna de iluminâncias

Com o resultado das medidas realizadas no hipermercado B, e seguindo as orientações da NBR15215-4, obteve-se o nível médio de iluminância do salão de vendas para cada medida, que se encontram na tabela 2.

Tabela 2: Medidas de iluminância no hipermercado A.

Etapa	Medida	Data	Horário	Médio[lux]
1	1	30/07	09:00	1619
	2	30/07	14:00	1088
	3	30/07	20:00	772
	4	31/07	09:00	1409
	5	31/07	14:00	1187
Nível médio da etapa 1				1326
C. I. N. *				553
2	1	26/01	09:00	1488
	2	26/01	15:00	969
	3	26/01	22:00	740
	4	27/01	09:00	1797
	5	27/01	15:00	1613
Nível médio da etapa 2				1467
C.I.N.*				727

*C.I.N. = Contribuição da Iluminação Natural

O nível médio para a primeira e segunda etapa de medidas foi de 1.326 e 1.467 lux respectivamente. Estes níveis foram calculados somente utilizando as médias das medidas diurnas, não levando em consideração as médias das medidas noturnas. Estas variações, bem como as observadas em praticamente todas as medidas realizadas durante o dia, são justificadas pela existência das aberturas zenitais como elementos que exploram a iluminação natural, contribuindo com o aumento nos níveis internos de iluminação. Estes valores variam de acordo com as

condições climáticas, onde períodos mais ensolarados, como o ocorrido na medida 4 da segunda etapa, possuem níveis médios de iluminância maiores quando comparados com períodos nublados, como o ocorrido na medida 2 durante a mesma etapa, podendo existir variações consideráveis durante o mesmo dia.

Durante o período noturno os níveis médios de iluminância permaneceram praticamente constantes, conforme observado na medida 3 de ambas as etapas de medidas.

Como os valores obtidos para os níveis médios das medidas noturnas foram praticamente constantes, uma estimativa da contribuição da iluminação natural média foi feita efetuando-se a subtração dos valores das medidas noturnas dos valores das medidas diurnas para cada etapa. A figura 5 mostra a curva isolux obtida com o SURFER 3D desta estimativa durante a segunda etapa de medição. É importante lembrar que este valor muda constantemente ao longo do dia em função das variáveis climáticas, e que o objetivo desta estimativa é ter uma ideia da participação da iluminação natural nos níveis médios de iluminação internos ao hipermercado. De acordo com as estimativas realizadas, os níveis médios de iluminância obtidos pela contribuição da iluminação natural foram de 553 e 727 lux na primeira e segunda etapa de medidas, indicando uma participação de 41,7% e 49,5% respectivamente.

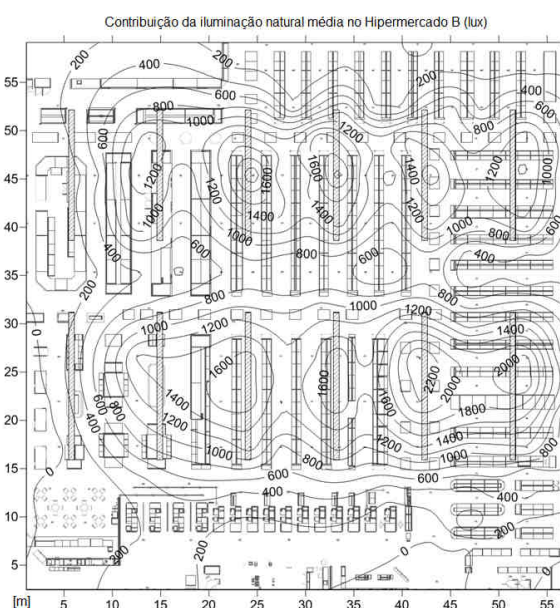


Figura 5: Curva isolux de iluminâncias no hipermercado B – Estimativa da contribuição média da iluminação natural na segunda etapa de medição.

4.1.6 Medições do consumo de energia elétrica

As curvas de carga levantadas pela medição do consumo de energia elétrica da segunda etapa encontra-se ilustrada na figura 6. De forma semelhante ao apresentado para o outro hipermercado, foram monitorados três dias

ininterruptos de consumo de energia, onde a variação de demanda com o sistema de iluminação pode ser vista nas quatro curvas traçadas, obtidas para cada dia de monitoração, sendo a curva azul para o dia 25, a vermelha para o dia 26, a verde para o dia 27 e a roxa para o dia 28 de janeiro de 2011. Durante este período, não foram observadas grandes variações nas curvas de demanda, sendo que esta permaneceu próxima a um patamar de 39 kW, com exceção do ocorrido no dia 29 por volta das 20:30 onde houve um problema causado pelo gerador que desligou parte dos dispositivos de proteção dos circuitos de iluminação.

O hipermercado B não opera 24 horas por dia, sendo que suas atividades se iniciam às 8:00 e encerram às 23:00. O que se observa na figura 6, é que o sistema de iluminação permaneceu totalmente ligado durante o período em que o hipermercado não estava aberto durante todos os três dias de medição. Uma estimativa realizada supondo o uso de um sistema de automação que acione apenas 10% da iluminação total das 23:00 às 7:30 e consiga, com o uso de sensores, reduzir em 30% o consumo de energia durante as 5 horas mais ensolaradas do dia, ocasionaria uma redução de 39,5% do consumo diário de energia. Este comportamento está ilustrado pela curva pontilhada da figura 6.

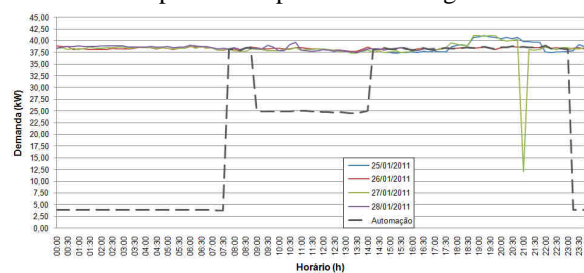


Figura 6: Curva de carga do sistema de iluminação no hipermercado B – segunda etapa de medição.

Durante estes três dias, o sistema de iluminação consumiu um total de 2.839,31 kWh, que em média representa um consumo diário de 946,43 kWh.

4.2 Comparação entre os hipermercados A e B

Conforme o esperado, o hipermercado B apresentou níveis médios de iluminância superior ao hipermercado A devido basicamente a suas aberturas zenitais. Isto pode ser observado, pois no período noturno os níveis médios de iluminância apresentam valores próximos, indicando que o sistema de iluminação artificial de ambos os hipermercados fornecem níveis semelhantes de iluminação. Durante o período diurno foram observados no hipermercado B níveis de iluminância que chegaram a ser duas vezes maiores aos observados no hipermercado A. As estimativas indicaram que a participação da iluminação natural no hipermercado B chegou próxima a 50%.

Com relação ao consumo de energia, tanto a demanda média quando o próprio consumo de energia no hipermercado B foram superiores a duas vezes ao observado no hipermercado A. Este fato pode ser

justificado devido ao hipermercado B apresentar um salão de vendas cuja área é 1,46 vezes a do hipermercado A e cuja potência instalada é 1,89 vezes maior. Desta forma, o hipermercado B apresentou uma densidade de potência instalada de 23,66 W/m², enquanto no hipermercado A este valor chegou a 18,04 W/m², ou seja, 1,31 vezes maior. Este aumento de 31% no valor da densidade de potência instalada é coerente com o estudo de Ghisi e Lamberts (1998), onde foi verificado que a utilização de luminárias com refletores brancos ao invés de refletores metálicos em alumínio, ambos sem aletas, e mantendo o mesmo nível de iluminação, ocasiona um aumento em até 30% da potência instalada com iluminação. Estes resultados podem ser observados na tabela 3.



Tabela 3: Resultados das medições realizadas.

Hipermercado	A		B	
Medições	07/2010	01/2011	07/2010	01/2011
1) Níveis médios de iluminâncias [lux]				
Diurno	828,0	736,0	1326,0	1467,0
Noturno	843,0	752,0	772,0	740,0
C.I.N.*	-	-	553,0	727,0
2) Consumo de Energia				
Demanda máxima [kW]	20,14	19,55	42,10	41,14
Demanda média [kW]	16,84	16,94	35,32	39,43
Consumo total [kWh]	1212,61	1219,44	2543,25	2839,31
Consumo diário médio [kWh]	404,20	406,48	847,75	946,43
Potência instalada [kW]	30,47	30,47	58,28	58,28
Área do salão de vendas [m ²]	1689,10	1689,10	2463,30	2463,30
Potência Instalada / área [W/m ²]	18,04	18,04	23,66	23,66

*C.I.N. = Contribuição da Iluminação Natural

O hipermercado B apresenta um sistema de iluminação natural que possibilita uma grande redução no consumo de energia com iluminação artificial. Conforme já observado no item 3.1, o conjunto de lâmpadas e reatores do hipermercado B é mais eficiente que o do hipermercado A, porém o uso de luminárias pouco eficientes reflete em um aumento na potência instalada. Os dados referente ao conjunto de lâmpadas, luminárias e reatores de ambos os hipermercados podem ser vistos na tabela 4.

Tabela 4: Características dos sistemas de iluminação.

Hipermercado B	Hipermercado A
	
Luminárias	
Refletor Branco sem aletas	Refletor Metálico sem aletas
Lâmpadas	
OSRAM LUMILUX T8 FO	OSRAM LUMI. T5 HO FQ
Potencia(W): 32	Potencia(W): 54
Temp. de cor (K): 4.000	Temp. de cor(K): 4.000
Fluxo Lum. (Lm): 2.700	Fluxo Lum. (Lm): 4.450
I.R.C.: 80-89	I.R.C.: 80-89
Reator	
OSRAM FLUORT. AFP	PHILIPS EL258A26
Fator de Potencia: 0.96	Fator de Potencias: 0.99
T.D.H.: 20%	T.D.H.: <5%
Conjunto Lâmpada – Luminária – Reator	
Lâmpadas por reator: 2	Lâmpadas por reator: 2
Pot. do Conjunto(W): 62	Pot. do Conjunto(W): 110
Flux. lum.Total(Lm): 5.400	Flux. lum. Total(Lm): 8.900
Relação Lumens/Watt: 87,1	Relação Lumens/Watt: 80,9

*I.R.C. = Índice de reprodução de cores.

*T.D.H. = Taxa de Distorção Harmônica.

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado evidencia algumas conclusões importantes com relação à eficiência energética em sistemas de iluminação em edificações comerciais. Inicialmente, o aproveitamento da iluminação natural disponível pode participar em até 50% do nível de iluminação médio no interior da edificação, podendo contribuir com uma participação adicional superior a 700 lux, acima dos 500 lux exigidos pela NBR 5413. Desta forma a iluminação natural pode contribuir para o aumento dos níveis de iluminação médios internos à edificação, implicando na possibilidade de reduzir o consumo de energia.

Também foi possível concluir que a correta associação de lâmpadas, luminárias e reatores são fundamentais para obter a maior relação de lumens por watt possível e reduzir a potencia instalada necessária para atender os níveis de iluminação exigidos pela norma. Desta forma, ambos os hipermercados apresentaram, durante a noite, níveis de iluminação semelhantes, porém a densidade de potencia instalada por área no hipermercado B, cuja luminária é de menor eficiência, foi 31% superior ao hipermercado A.

Com relação aos hábitos de uso, ambos os hipermercados apresentaram casos onde os sistemas de iluminação artificial permaneceram ligados durante períodos prolongados sem que houvessem necessidade, ocasionados devido à característica de

acionamento manual do sistema. As estimativas realizadas levantaram que seria possível reduzir o atual consumo com iluminação em quase 40% somente com o uso de sistemas que automatizem a rotina de acionamento. Desta forma, pode-se concluir que o aproveitamento da iluminação natural, associada ao correto dimensionamento do conjunto lâmpada-luminária-reator e uso de sistemas automatizados oferecem grandes potenciais para a eficiência energética.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, pelo apoio financeiro deste trabalho, aos Laboratórios de Eficiência Energética e de Análise e Desenvolvimento de Edificações, ambos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul pelo apoio, e também a todos os colaboradores da rede de Hipermercados que auxiliaram e incentivaram este estudo.

7 REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. “NBR15215-4 Iluminação Natural - Parte 4: Verificação Experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de Medição”. Novembro de 2004.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. “NBR5413 - Iluminância de interiores.” abril 1992
- Danny, H. W. Li. Joseph, C. Lam. (2001). “Evaluation of lighting performance in Office buildings with daylight controls”. *Energy and Buildings*, **33**,793 - 803.
- Ghisi, E. e Lamberts, R. (1998). “Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação”. *VII ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Florianópolis, S.C., 1998.
- Iwashita, J. e Saidel, M. “Avaliação da eficiência energética de sistemas de iluminação interior: parâmetros para uma abordagem uniforme visando a lei da eficiência energética.” *XVIII SNPTEE*, 2005.
- Jannuzzi, G. *et al.* “Projeto de Eficiência Energética no Hospital de clínicas da Unicamp”. *XVII SENDI*. 2006.
- Procel - Eletrobrás. “Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil - Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - Classe Comercial - Alta tensão. Relatório Brasil Completo.” 2008.
- Procel - Eletrobrás. “Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil - Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - Relatório setorial - supermercados / Hipermercados.” 2006.