XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DO EDIFÍCIO DO BDMG EM BELO HORIZONTE-MG

Júnia Ordones M. da Costa (1); Ana Carolina de O. Veloso (2); Roberta Vieira G. de Souza (3)
(1) Arquiteta, Pós-graduanda em Sustentabilidade do Ambiente Construído UFMG, jomc@ufmg.br
(2) Dra, Pós-doutoranda em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável UFMG, acoveloso@gmail.com
(3) Dra, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, robertavgs@ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura e Design, Rua Paraíba, 697, Savassi, 30130-141, Belo Horizonte - MG, Tel.: (31) 3409-8872/8825

RESUMO
O uso mais eficiente de energia, nas últimas décadas, tem sido alvo de discussões no mundo. A construção, o uso e a manutenção das edificações podem contribuir através da implementação de ações que visem à eficiência energética. A edificação do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais - BDMG, recentemente, foi objeto de um plano de gestão para redução no consumo de energia. O objetivo deste trabalho foi apurar os resultados que foram alcançados com a implementação das ações de sustentabilidade; parametrizar o padrão de consumo de energia elétrica, de acordo com uma faixa estabelecida para a mesma tipologia da edificação na cidade, em um *benchmarking;* e pesquisar a percepção do usuário sobre as condições de conforto ambiental. Foi feito um levantamento do consumo de energia elétrica antes e depois da implementação das ações de trocas das lâmpadas do tipo fluorescente por LED, e através dos resultados, foi possível validar o índice de redução em 22,2%. O desempenho energético da edificação foi classificado em B e A, respectivamente, dos edifícios sede e anexo, o que significa que a edificação se enquadra dentre os 44% edifícios totalmente condicionados da mesma classificação que existem na cidade. A pesquisa sobre a percepção do usuário permitiu a compreensão da inter-relação entre as condições de conforto ambiental e o consumo de energia. O resultado foi significativo e demonstra a importância de se promover ações em busca de melhorias no desempenho físico das edificações e do entendimento da satisfação do usuário para a efetividade da sustentabilidade.
Palavras chave: sustentabilidade, desempenho energético, *benchmarking*, percepção do usuário.

ABSTRACT
The most efficient use of energy in the last decades has been the subject of discussions in the world. The construction, use and maintenance of buildings can contribute through the implementation of actions aimed at energy efficiency. The BDMG building, *Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais*, recently, was the subject of a management plan to reduce energy consumption. The objective of this work was to determine the results achieved with the implementation of sustainability actions; parametrize the pattern of electric energy consumption, according to a range established for the same typology of the building in the city, in a benchmarking; and to investigate the user's perception of environmental comfort conditions. It was done a survey of the electric energy consumption before and after the implementation of the actions of exchanges of fluorescent lamps by LED, and through the results, it was possible to validate the reduction rate in 22.20%. The energy performance of the building was classified in B and A, respectively, of the main and annex buildings, which means that the building fits among the 44% totally conditioned buildings of the same classification that exist in the city. The research on user's perception allowed the understanding of the interrelation between the conditions of environmental comfort and the consumption of energy. The result was very good and demonstrates the importance of promoting actions in search of improvements in the physical performance of buildings and user satisfaction for the effectiveness of sustainability.
Keywords: sustainability, energy performance, benchmarking, user perception.

1. INTRODUÇÃO

As crises energéticas têm provocado ações governamentais com o intuito de racionalização da energia. No Brasil, a Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001a), que é conhecida como Lei da Eficiência Energética, determina a criação de "níveis máximos de consumo e energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como para as edificações construídas". Foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL-EDIFICA que, dentre as ações, estabeleceu o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010a) e o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2010b).

A perspectiva é de que o consumo de energia elétrica seja crescente, devido ao aumento da demanda pela população por conforto, através de equipamentos e sistemas com fontes de energia não renováveis. Lamberts *et al.* (LAMBERTS, PEREIRA, DUTRA, 2014), abordam o conceito de eficiência energética como um atributo potencial à edificação de oferecer aos usuários o conforto térmico, lumínico e acústico com baixo consumo de energia. Ou seja, um edifício é mais energeticamente eficiente do que outro quando apresenta as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

Um importante parâmetro a ser verificado quanto à sustentabilidade das edificações é o padrão de consumo de energia elétrica, tendo em vista as regulamentações, políticas públicas e ações que foram implementadas nas últimas décadas, no país e no mundo, e que buscam a eficiência energética e o uso racional de energia. Para que se possa estabelecer um princípio paramétrico, a verificação deve ser feita em um *benchmarking*, através de pesquisas que levem em consideração o contexto e as faixas de consumo de energia elétrica em relação a diferentes tipologias de edificações. Na tese "Avaliação do Consumo de Energia Elétrica de Edificações de Escritório e sua Correlação com as Decisões de Projeto" de Veloso (2017), o doutorando analisa a influência das decisões de projeto no consumo de energia elétrica, com base em um estudo de caso de uma amostra de 101 edifícios de escritórios, na cidade de Belo Horizonte – MG, por meio de uma metodologia de levantamento de dados de consumo de energia elétrica e das características das edificações e de uma definição de metodologia de classificação.

Outro importante parâmetro a ser verificado é a percepção do usuário com relação às condições ambientais da edificação. A qualidade ambiental, em termos de iluminação, térmica e acústica, pode beneficiar o bem-estar e a saúde dos usuários e dos funcionários de uma empresa e, por consequência, proporcionar a redução do absenteísmo e o aumento da produtividade. Ornstein (2004) faz uma análise da obra de Voordt, na qual há referências a pesquisas feitas em países da Europa e nos Estados Unidos acerca da relação do desempenho do ambiente de trabalho e a produtividade das pessoas. A conclusão é de que as melhorias no desempenho e qualidade ambiental com o foco na satisfação do usuário reduzem o absenteísmo e aumentam a produtividade (VOORDT, D. J. M., apud ORNSTEIN, S. W., 2004).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi avaliar o desempenho energético do edifício do BDMG na cidade de Belo Horizonte a partir da apuração dos resultados de redução no consumo de energia elétrica que foram alcançados com a implementação de um *retrofit* energético; verificação do consumo de energia elétrica, de acordo com um *benchmarking* estabelecido para a mesma tipologia da edificação na cidade; e por fim, uma pesquisa de percepção do usuário sobre as condições de conforto da edificação.

3. MÉTODO

O método deste trabalho foi dividido em três etapas:

1. Verificação dos resultados das ações de sustentabilidade em energia que foram implementadas na edificação a partir de 2014;
2. Classificação do desempenho energético da edificação do BDMG de acordo com *benchmarking* de consumo de energia elétrica;
3. Pesquisa de percepção do usuário quanto ao conforto e eficiência energética da edificação.

3.1. Verificação dos resultados das ações de sustentabilidade em energia

Para verificação dos resultados das ações de sustentabilidade em energia, foram feitos cálculos que levassem em consideração o consumo de energia elétrica antes e após a implementação das ações de *retrofit* que iniciaram em 2014. Portanto, o período de análise do consumo de energia foi de 2013 a 2018 e os dados de consumo de energia elétrica foram extraídos das contas mensais da CEMIG. Para a previsão posterior a

2018, foram feitos cálculos e estimativas de consumo de energia.

3.1.1. Caracterização da edificação

A edificação do BDMG foi construída na década de 70 e se localiza no bairro de Lourdes, entorno da Praça da Liberdade, em Belo Horizonte–MG. O projeto foi elaborado pelos arquitetos Humberto Serpa, Marcus Meyer, Márcio Pinto, William Abdalla e Cid Horta. As Figuras 1 e 2 apresentam a localização e imagem da edificação.



Figura 1 - Localização do BDMG.



Figura 2 - Edifícios sede e anexo.

A edificação é composta por dois blocos: sede e anexo, e possui área total de construção de 20.645,03 m². O edifício sede (área de construção de 14.334,54 m²) é composto por 15 pavimentos, sendo dois subsolos com estacionamento; térreo; mezanino; 10 pavimentos de escritórios; um pavimento com restaurante e cozinha; cobertura com casa de máquinas. O edifício anexo (área de construção de 6.310,49 m²) é composto por cinco pavimentos, sendo dois subsolos de estacionamento, térreo com galeria de arte e escritórios, e um pavimento de escritórios. Os pavimentos tipo são em "planta livre" com estações de trabalho.

A envoltória da edificação é composta por esquadrias metálicas com planos de vidros lisos comuns e temperados. As janelas, tipo máximo ar, são permanentemente trancadas. O sistema de iluminação era composto por lâmpadas convencionais, em sua maioria, do tipo fluorescentes, e após o projeto de *retrofit*, têm sido trocadas por lâmpadas do tipo LED. O sistema de condicionamento de ar é central e alguns ambientes possuem sistemas individualizados. A edificação não possui sistemas de energia alternativos, com exceção do aquecimento solar para os chuveiros dos vestiários de funcionários.

3.1.2. Ações de sustentabilidade em energia

As ações para redução de energia foram iniciadas efetivamente em 2014, e continuam sendo implementadas, através das trocas de lâmpadas convencionais por lâmpadas do tipo LED à medida que aquelas chegam ao final da vida útil, cuja previsão de finalização será em 2019. Neste trabalho foram desconsideradas as ações de modernização dos elevadores, dos dispositivos do sistema de refrigeração e da subestação elétrica, por terem sido executadas há mais de uma década. De acordo com os estudos do banco, o sistema de iluminação artificial correspondia a 25% da demanda de energia e era composto por um total de 8.279 lâmpadas, em sua maioria, fluorescentes. As trocas de lâmpadas que têm sido efetuadas são as seguintes:

2.234 lâmpadas tipo fluorescente tubular de 32 W por tipo LED tubular de 20 W.

2.300 lâmpadas tipo fluorescente tubular de 16 W por tipo LED tubular de 10 W.

1.995 lâmpadas tipo fluorescente compacta de 20 W por LED tipo bulbo A60 de 10 W.

1.414 lâmpadas tipo fluorescente PL de 13 W por 707 painéis de LED de 18 W.

3.2. Classificação do desempenho energético

Para a classificação do desempenho energético, utilizou-se a metodologia proposta na tese "Avaliação do Consumo de Energia Elétrica de Edificações de Escritório e sua Correlação com as Decisões de Projeto", de Veloso (2017). A classificação do consumo de energia elétrica da edificação foi feita em comparação com o consumo energético de uma amostra de edifícios de escritórios com características semelhantes e mesma tipologia com relação ao modo de condicionamento de ar, com base em um *benchmarking* de consumo de

energia na cidade.

O indicador de desempenho para a análise denomina-se “Intensidade no Uso de Energia” - EUI, e é definido pelo consumo de energia anual medido por área útil, ou seja, kWh/m²/ano. A classificação é feita com base nos dados de consumo de energia elétrica exclusivo da torre de escritórios da edificação em relação à área correspondente.

3.2.1. Levantamento de dados

Para aplicar a metodologia em referência, foi feito um levantamento de dados, consumo de energia elétrica anual, projetos arquitetônicos e documentos, e visitas *in loco*. Desta forma, obteve-se os dados dos edifícios sede e anexo:

1. Áreas totais construídas, conforme projeto arquitetônico e documentos;
2. Áreas das garagens, conforme projeto arquitetônico;
3. Consumos anuais de energia elétrica, conforme contas da concessionária;
4. Consumo de energia dos sistemas de iluminação das garagens (número e potência de lâmpadas instaladas, e estimativa de número de horas de uso por dia);
5. Consumo de energia dos sistemas de elevadores (consumo de energia dos elevadores e estimativa de número de horas de uso por dia);
6. Consumo de energia do *Data Center*.

Os dados de potência e número de horas de uso dos sistemas de iluminação das garagens e dos elevadores e a estimativa de consumo de energia do *Data Center* foram informados pela área técnica do banco. O levantamento do número de lâmpadas no local das garagens foi feito em outubro de 2018.

3.2.2. Cálculos

Para se obter o consumo de energia exclusivo das torres de escritórios, foi necessário calcular e deduzir os consumos dos sistemas de iluminação das garagens, elevadores e *Data Center*. Para se obter as áreas exclusivas das torres de escritórios, foram deduzidas as áreas de garagens das áreas totais construídas.

1. Consumo de energia do sistema de iluminação das garagens: para o cálculo do consumo de energia do sistema de iluminação das garagens, a quantidade de lâmpadas e as suas respectivas potências foram multiplicadas pelas horas de uso diário. As horas de uso diárias foram multiplicadas por 22 dias úteis ao mês, e 12 meses ao ano, para a transformação em horas de uso anuais. O consumo de energia anual da iluminação será calculado, conforme apresentado na Equação 1.
2. Consumo de energia dos elevadores: para o cálculo do consumo de energia dos elevadores, a quantidade de elevadores e suas respectivas potências foram multiplicadas pelas horas de uso diário. As horas de uso diárias foram multiplicadas por 22 dias úteis ao mês, e 12 meses ao ano, para a transformação em horas de uso anuais, conforme apresentado na Equação 1.
3. Consumo de energia do *Data Center*: estimado em 60% da energia consumida no edifício anexo, conforme informações da área técnica do BDMG.

Os cálculos foram efetuados separadamente dos edifícios sede e anexo, tendo em vista que eles possuem características, áreas de construção, consumos e atividades diferenciadas. No edifício anexo, por exemplo, funciona o *Data Center* que consome energia em um padrão superior e diferenciado.

$$\text{Energia consumida} = n \times p \times h \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
n é a quantidade de lâmpadas ou elevadores;
p é a potência das lâmpadas ou dos elevadores [kW];
h é o número de horas de uso anual.

3.2.3. Classificação

Através dos cálculos, foi obtido o indicador de desempenho “Intensidade no Uso de Energia” - EUI, em kWh/m²/ano, o que possibilita a classificação do desempenho energético da edificação do BDMG – edifício sede e anexo.

3.3. Pesquisa sobre a percepção do usuário

A percepção dos usuários quanto ao conforto e a eficiência energética da edificação foi aferida através da aplicação de um questionário que seguiu os procedimentos:

1. Levantamento da sensibilidade dos usuários: quantidade, localização e turnos de trabalho.

2. Elaboração de questionário, através da plataforma virtual "*Google Forms*", sobre as condições de conforto e consumo de energia: iluminação, insolação, temperatura, ventilação. Os temas e perguntas estão descritos a seguir.

Iluminação natural e artificial: avaliação e importância

Pergunta 1 - Como é a iluminação no local que você trabalha? Opções de respostas: 1 (péssima) a 5 (ótima).
Pergunta 2 - A luz natural é importante? Opções de respostas: sim, não, talvez ou não sei.

Uso das persianas em relação à insolação e iluminação

Pergunta - Com relação às persianas das janelas, marque as opções: ficam sempre abertas; ficam sempre fechadas; ficam fechadas quando tem sol; não sou eu quem controla as persianas; não sei ou não há persianas.

Avaliação da temperatura

Pergunta 1 - Como é a temperatura do local onde você trabalha? Opções de respostas: 1 (frio) a 5 (calor).
Pergunta 2 - Se você sente frio ou calor, isso ocorre com qual frequência? Opções de respostas: sempre, frequentemente ou raramente.

Acesso ao controle dos sistemas

Pergunta - Você gostaria de ter mais acesso ao controle de quais sistemas? Opções: iluminação, persianas, temperatura do ar, abertura das janelas e acústica.

Melhorias e prioridades

Pergunta 1 - Marque os itens que você gostaria de melhorar no seu ambiente de trabalho: iluminação; temperatura, umidade do ar, ventilação; acústica; privacidade; abertura das janelas; janela com vista para o exterior.

Pergunta 2 - Dos itens escolhidos anteriormente, qual deles é prioritário para garantir o conforto, saúde e bem-estar? As opções de respostas foram as mesmas da pergunta anterior, com a possibilidade de marcar apenas uma como resposta.

3. Aplicação do questionário via plataforma virtual, através do envio de convites por e-mail e impressos a todos os colaboradores do BDMG, com a indicação do *link* para acesso e participação na pesquisa. Antes da aplicação definitiva, foi feito um pré-teste e o retorno dos participantes foi importante para o aprimoramento do modelo final. A entrega de convites impressos possibilitou o contato pessoal com os colaboradores e a inclusão daqueles que não tem acesso à internet no trabalho (seguranças e pessoas do serviço de manutenção e limpeza) e que, desta forma, poderiam acessar o *link* no local de preferência.

4. Tabulação: a ferramenta "*Google Forms*" possibilitou a geração de planilhas, tabelas e gráficos para análise, mas esta foi melhorada no *excel* para visualização e compreensão das questões e respostas.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos possibilitaram a análise do desempenho energético da edificação do BDMG.

4.1. Verificação dos resultados das ações para redução do consumo de energia

O período estabelecido para os cálculos da redução no consumo de energia foi a partir de 2013 e se estende a uma data posterior a 2018, respectivamente antes e após a implementação das ações de sustentabilidade em energia. O consumo de energia elétrica dos anos de 2013 a 2018, foram levantados das contas mensais da concessionária CEMIG. Foram feitos cálculos referentes às perspectivas futuras de redução no consumo posterior ao ano de 2018.

4.1.1. Cálculo da redução no consumo de energia após o ano de 2018

Para o cálculo da redução no consumo de energia após 2018, foi feito o levantamento de dados de lâmpadas convencionais (tipos, quantidades, potências e tempo de uso) que ainda serão trocadas por lâmpadas do tipo LED. Com esses dados, foi possível calcular a estimativa futura de redução em 45.006 kWh/ano. Os dados estão apresentados na Tabela 1, com os valores arredondados. Esse resultado deve ser deduzido do consumo do ano de 2018 para o cálculo da estimativa futura de consumo de energia posterior a 2018.

Tabela 1 - Cálculo de estimativa de redução no consumo energético posterior a 2018.

	Existentes em 2018		Substituições após 2018				2018	Após 2018
Pavimentos	**Lâmpadas tipo**	**Potência (W)**	**Lâmpadas tipo**	**Potência (W)**	**Quant.**	**Uso h/dia***	**kWh/ano**	**kWh/ano**
11º, 5º, 4º , térreo	Fluorescente tubular	32	LED tubular	20	578	9	43.946	27.467
11º, térreo	Fluorescente tubular	16	LED tubular	10	492	9	18.704	11.690
11º, 5º, 4º, térreo (escadas)	Fluorescente compacta	20	LED Bulbo A60	10	24	9	1.140	570
2º ss (ed. sede), 2º ss e 3º ss (ed. anexo)	Fluorescente compacta	45	LED Bulbo A60	12	60	12	8.554	2.281
Todos os pav. tipo, exceto: ed. anexo, mezanino e 9º	PL	13	Painel LED	18	1.160**	9	39.475	24.805
Total							**111.819**	**66.813**
Redução no consumo de energia prevista posterior a 2018								**45.006**

*Média ponderada

** A quantidade de painéis LED será de 580. Os painéis LED estão em fase de teste.

4.1.2. Redução anual do consumo de energia

Com base nos dados levantados, foram calculados os percentuais de redução no consumo de energia elétrica a cada ano de 2013 a 2018, inclusive após 2018, um ano em comparação com o ano anterior. É possível verificar que a implementação das ações impactou na redução progressiva do consumo de energia elétrica a cada ano, conforme apresentado na Tabela 2. Após a implementação das ações, a redução total no consumo de energia é de 22,2%, equivalente a 429.448 kWh/ano.

Tabela 2 - Redução e consumo energético em kWh/ano e percentuais dos edifícios sede e anexo.

Ano de referência	Consumo (kWh)	Redução (kWh/ano)	Redução (%)*	Redução (%)**
2013	1.934.102			
2014	1.883.560	-50.542	2,6	2,6
2015	1.809.960	-73.600	3,9	7,4
2016	1.740.060	-69.900	3,9	11
2017	1.603.460	-136.600	7,9	17,7
2018	1.549.660	-53.800	3,4	20,7
Posterior a 2018	1.504.654	-45.006	2,9	22,2
Total de redução		**-429.448**		**22,2**

* Em comparação com o ano anterior ** Em comparação com 2013

4.2. *Benchmarking*

Para possibilitar a classificação no *benchmarking*, foi preciso obter a "Intensidade no Uso de Energia" - EUI, cuja definição é o consumo de energia medido por área útil, ou seja, kWh/m²/ano. A classificação leva em consideração o modo de condicionamento de ar, e foi feita com base nos dados de consumo de energia elétrica exclusivos das torres de escritórios em relação às áreas correspondentes, separadamente dos edifícios sede e anexo, tendo em vista que os edifícios possuem características, consumos e atividades diferenciadas. No edifício anexo funciona o *Data Center* que consome energia em um padrão diferenciado.

4.2.1. Consumo de energia exclusivo das torres de escritórios dos edifícios

Para se obter o consumo de energia exclusivo das torres de escritórios dos edifícios sede e anexo, foram feitos os levantamentos de dados e cálculos: áreas construídas totais e das garagens, consumos energéticos referentes ao ano de 2018, sistemas e consumos em iluminação e dos elevadores, consumo de energia do *Data Center*. A Tabela 3 apresenta os dados de áreas e consumos de energia dos edifícios e das garagens.

Tabela 3 – Dados de áreas e consumos de energia dos edifícios e das garagens – Edifício sede e anexo.

Edifício sede		**Edifício anexo**	
Área total construída	14.334,54 m²	**Área total construída**	6.310,49 m²
Área de garagens	3.566,36 m²	**Área de garagens**	3.824 m²
Consumo de energia elétrica (2018)	1.082.900 kWh/ano	**Consumo de energia elétrica (2018)**	466.760 kWh/ano
Consumo energético de iluminação das garagens	2.252,46 kWh/ano	**Consumo energético de iluminação das garagens**	7.706,16 kWh/ano

Os consumos de energia anuais dos sistemas de iluminação das garagens e de elevadores (quantidade, potência, estimativa de número de horas de uso por dia e anual) foram calculados através da Equação 1 apresentada anteriormente. Os dados dos sistemas de iluminação das garagens e de elevadores dos edifícios sede e anexo são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Consumo energético de iluminação das garagens – Edifícios sede e anexo.

	Garagens	**Tipo de lâmpada**	**Quantidade**	**Potência (kW)**	**Tempo de uso (h/dia)**	**Consumo diário (kWh/dia)**
Edifício sede	2º Subsolo	Fluorescente (compacta)	7	0,045	12	3,78
		LED	10	0,012	12	1,44
	1º Subsolo	LED	23	0,012	12	3,31
	Total consumo diário (kWh/dia)					8,53
	Total consumo anual (kWh/ano)					**2.252,45**
Edifício anexo	3º Subsolo	Fluorescente (compacta)	32	0,045	12	17,28
		LED	3	0,012	12	0,43
	2º Subsolo	Fluorescente (compacta)	21	0,045	12	11,34
		LED	1	0,012	12	0,14
	Total consumo diário (kWh/dia)					29,19
	Total consumo anual (kWh/ano)					**7.706,16**

Tabela 5 - Consumo energético dos elevadores - EdifícioS sede e anexo.

	Elevadores	**Quantidade**	**Potência (kW)**	**Tempo de uso (h/dia)**	**Consumo diário (kWh/dia)**
Edifício sede	Elevador (marca Otis)	4	15	1,5	90
	Monta carga	1	2,2	1	2,2
	Total consumo diário (kWh/dia)				92,2
	Total consumo anual (kWh/ano)				**24.340,8**
Edifício anexo	Elevador (marca Thyssem)	1	5,5	1,5	8,25
	Total consumo diário (kWh/dia)				8,25
	Total consumo anual (kWh/ano)				**2.178**

Nos cálculos finais, para se obter o consumo de energia exclusivo das torres de escritórios, do total do consumo de energia foram deduzidos os consumos dos sistemas de iluminação das garagens e dos elevadores, e do consumo de energia do *Data Center*. Para se obter as áreas exclusivas das torres de escritórios, do total de áreas construídas, foram deduzidas as áreas de garagens. O indicador de desempenho "Intensidade no Uso de Energia" - EUI foi obtido pela divisão entre o consumo de energia das torres de escritórios pela área das mesmas. O resumo dos cálculos e o resultado de Intensidade no Uso de Energia podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6 - Intensidade no Uso de Energia - Resumo dos cálculos.

		Edifício sede	**Edifício anexo**
Consumo de energia elétrica (kWh/ano)	Total por edifício em 2018 (kWh/ano)	1.082.900	466.760
	Iluminação das garagens (kWh/ano)	2.252,45	7.707,75
	Elevadores (kWh/ano)	24.340,80	2.178

	Data Center (kWh/ano)	0	280.056
	Torres de escritórios (kWh/ano)	1.056.306,75	176.818,25
Área das torres de escritórios (m²)		10.768,18	2.486
Intensidade no Uso de Energia (kWh/m²/ano)		**98,09**	**71,13**

4.2.2. Classificação do desempenho energético

Para uma análise de desempenho energético, em consideração à tipologia e ao modo de condicionamento de ar de "edifícios totalmente condicionados", o modelo que foi gerado para a classificação, de acordo com a tese de Veloso (2017), possui indicadores de desempenho com valores de referência correspondentes aos níveis de eficiência de A a E, cujos limites de consumo de energia elétrica por área estão representados na Figura 3.

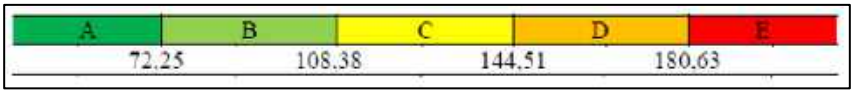

Figura 3 - Limites do consumo de energia elétrica por área de edifícios totalmente condicionados (kWh/m²/ano).

Com base no modelo, o desempenho energético dos edifícios sede e anexo do BDMG, com relação aos edifícios totalmente condicionados da amostra, podem ser classificados:

Edifício sede: Classificação B (Intensidade no Uso de Energia = 98,09 kWh/m²/ano).

Edifício anexo: Classificação A (Intensidade no Uso de Energia –= 71,13 kWh/m²/ano).

A classificação B e A, respectivamente, dos edifícios sede e anexo do BDMG, em comparação com as torres de edifícios comerciais de Belo Horizonte, em um *benchmarking*, quanto ao desempenho energético na tipologia "totalmente condicionados" é um resultado significativo. Esta classificação se enquadra dentre as 44% torres de escritórios "totalmente condicionadas" de classificação máxima B que existem na cidade.

4.3. Percepção do usuário

A análise das respostas do questionário permitiu a compreensão da percepção do usuário sobre as condições de conforto do ambiente construído e o consumo de energia.

1. Levantamento da sensibilidade dos usuários: o total de usuários é de 500 pessoas aproximadamente. O funcionamento comercial é de 08:00 às 19:00 horas. O fluxo de pessoas é maior no turno da tarde. A concentração maior de pessoas é no edifício sede, obviamente, pois possui maior área construída de escritórios.

2. As questões envolvem aspectos das condições de conforto ambiental e consumo de energia: iluminação, insolação, temperatura e ventilação.

3. Aplicação do questionário:

Envio aos e-mails de todos os colaboradores e entrega de 517 convites impressos. A data de início foi em 21/09/2018 (sexta-feira) e a data de encerramento em 08/10/2018 (segunda-feira). O prazo total foi de 17 dias. O total de respostas foi de 276.

4. Tabulação das respostas: o índice de retorno de respostas foi de 53,38%. Os resultados espelham a percepção dos usuários na data em que foi aplicado o questionário. Os resultados foram arredondados.

4.3.1. Iluminação natural e artificial: avaliação e importância

Na avaliação dos usuários, a nota da iluminação foi "4,3", conceitualmente "muito boa", conforme Figura 4. É possível concluir que na avaliação da qualidade da iluminação, os usuários não levam em consideração se a iluminação é natural ou artificial, haja vista que a iluminação artificial é preponderante nos ambientes avaliados, pois as luzes ficam constantemente acesas para a execução das atividades mesmo no período diurno. Apesar disso, a maioria das pessoas (88,4%) consideram importante a luz natural, de acordo com a Figura 5.

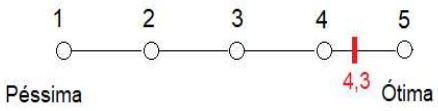

Figura 4: Avaliação da iluminação.

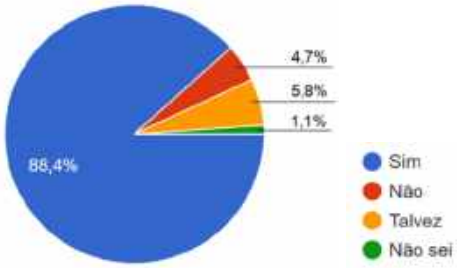

Figura 5: Importância da luz natural.

4.3.2. Uso das persianas em relação à insolação e iluminação

40% das pessoas responderam que as persianas ficam fechadas quando há incidência solar; 21,8% responderam que elas ficam constantemente fechadas; 19,6% não controlam o uso das persianas; 16% responderam elas ficam sempre abertas; e as outras pessoas não sabem ou não trabalham em local onde há persianas. A envoltória da edificação é totalmente envidraçada e permite a incidência solar direta, cujo controle é feito através do uso das persianas. Ao analisar o resultado do somatório de 62,8% que responderam que as persianas ficam fechadas quando há incidência solar ou constantemente fechadas, infere-se na diminuição do uso da iluminação natural e na preponderância da iluminação artificial.

4.3.3. Avaliação da temperatura

A nota da temperatura foi "2,5", conceitualmente "frio", conforme Figura 6. 47,2% (130 pessoas) sentem frio e 14,2% (39 pessoas) sentem calor. Praticamente a metade das pessoas que responderam ao questionário, ou seja, 49,4% (121 pessoas) se sentem desconfortáveis frequentemente em relação à temperatura do local; isso acontece sempre para 16,7% (36 pessoas); e para 33,9% (83 pessoas) isso acontece raramente, de acordo com a Figura 7.

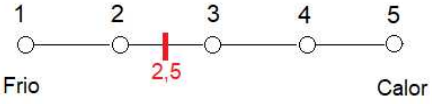

Figura 6: Avaliação da temperatura.

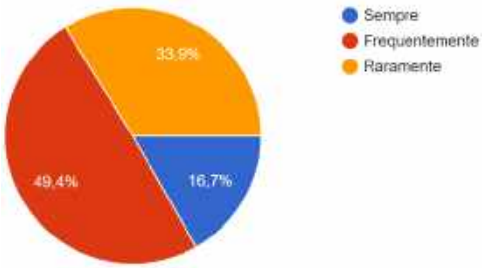

Figura 7: Frequência de frio ou calor.

4.3.4. Acesso ao controle dos sistemas

A preferência dos usuários pelo controle dos sistemas teve o resultado em ordem decrescente:

1. Temperatura do ar: 200 respostas.
2. Abertura das janelas: 106 respostas.
3. Iluminação: 53 respostas.
4. Acústica e persianas: 46 respostas cada.

Temperatura do ar: a necessidade dos usuários foi majoritariamente o controle sobre a temperatura, com 200 respostas. Deve-se, principalmente, ao alto índice de pessoas que sentem frio ou calor com frequência.

Abertura das janelas: a preferência pelo controle da abertura das janelas obteve 106 respostas. Deve-se ao desconforto com a temperatura, preferência pela ventilação natural e preocupação com a propagação de doenças, fatos detectados no questionário.

Iluminação: a iluminação, cujo conceito foi "muito bom", surpreendentemente, aparece aqui com 53 respostas na preferência pelo controle. O entendimento dessa opção deve-se à falta de identificação da localização dos circuitos que ligam e desligam as luzes, em geral, fora do fácil alcance dos usuários. O atendimento à demanda pode suprir a necessidade das pessoas e diminuir o consumo de energia.

Acústica e persianas: o controle da acústica e das persianas obtiveram 46 respostas em cada um. Com relação à acústica, provavelmente, se deve ao fato da inexistência de paredes e/ou divisórias, o que pode acarretar a interferência e propagação dos ruídos internos. Quanto às persianas, foi detectado no questionário

o incômodo com a incidência solar nas mesas de trabalho, aliado ao fato de que poucas fazem uso do controle de fechamento quando se sentem incomodadas por não se situarem em mesas próximas às janelas.

4.3.5. Melhorias e prioridades

Segundo a votação dos usuários, o item que mais necessita de melhoria para o conforto, saúde e bem-estar foi "temperatura, umidade do ar e ventilação" (193 respostas), com quase o dobro de votos a mais que "abertura das janelas" (90 respostas) que, por sua vez, ficou praticamente com o mesmo número de votos de "privacidade" (88 respostas). Os itens "acústica" (51 respostas) e "iluminação" (47 respostas) ficaram quase equiparados em número de votos. A pergunta sobre a prioridade para o conforto, saúde e bem-estar, obteve 63,1% de respostas dos usuários no quesito "temperatura, umidade do ar e ventilação".

5. CONCLUSÕES

A partir da análise do desempenho energético da edificação do BDMG, verificou-se que as ações de *retrofit*, com as trocas de lâmpadas do tipo fluorescente para LED, resultaram em redução no consumo de energia em 22,2%. Com relação ao *benchmarking* de consumo de energia feito para uma amostra de torres de escritórios na tipologia "totalmente condicionados" (modo de condicionamento de ar), os edifícios sedes e anexo obtiveram, respectivamente, classificação B e A. O resultado demonstra um padrão de desempenho energético comparativamente significativo e verifica-se que a edificação se enquadra dentre os 44% dos edifícios (torres de escritórios) totalmente condicionados que tem classificação A e B em Belo Horizonte.

Através da pesquisa sobre a percepção do usuário foi possível identificar a inter-relação entre conforto ambiental e consumo de energia. A iluminação, que foi o objeto das ações de *retrofit*, foi avaliada pelos usuários em sua qualidade como "muito boa", e deduz-se que seja com relação à iluminação artificial, já que é a preponderante no ambiente. O controle da iluminação foi apontado como uma necessidade. Outra avaliação que se destaca é a da temperatura que foi avaliada conceitualmente "frio", preferência de controle pelos usuários, maior necessidade de melhorias e prioridade para o conforto, saúde, bem-estar. A análise da pesquisa pode levar a ações que possibilitem uma redução ainda maior no consumo de energia, principalmente naquela que os usuários apontaram como a maior necessidade de melhoria: *temperatura, umidade do ar e ventilação*.

Os resultados da pesquisa podem dar apoio às tomadas de decisão de melhorias na edificação, será possível acompanhar periodicamente as metas e os resultados, e assim, quando necessário, elaborar diagnósticos ou planos de ações corretivas ou preventivas, a fim de aprimorar e prover efetivamente a eficiência energética e a sustentabilidade da edificação. Esse tipo de trabalho de investigação do desempenho energético de edificações poderá contribuir para que outras edificações possam também analisar os seus consumos e elaborar melhorias contínuas.

REFERÊNCIAS BILBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei nº 10.295**, de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/lei200110295.pdf>. Acesso em 25 nov 2018.

BRASIL. **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010, 2010a.

BRASIL. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012, 2010b.

LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R.; DUTRA, L. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição, ed. Rio de Janeiro: 2014.

ORNSTEIN, S. W. **Conhecendo o Ambiente de Trabalho e seus Usuários: Diretrizes para Projetos de Qualidade no Setor Administrativo.** São Paulo, FAUUSP, 2004.

VELOSO, A.C.O. **Avaliação do consumo de energia elétrica de edificações de escritório e sua correlação com as decisões de projeto**. Tese apresentada para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Mecânica. Belo Horizonte, UFMG, 2017.