

## ANÁLISE DA EFICIÊNCIA AMBIENTAL DO PRÉDIO DA ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG

Raphael Vilas Boas Leonel Ribeiro (\*), Raphael Tobias de Vasconcelos Barros (\*)

\* Universidade Federal de Minas Gerais, raphael-vilasboas@hotmail.com

### RESUMO

A Escola de Engenharia da UFMG deve ser pioneira na promoção do desenvolvimento sustentável, tanto através do ensino quanto através da prática, como por exemplo, demonstrando uma eficiência ambiental consciente de seu prédio. A necessidade de cuidar do meio ambiente não é nova e o movimento ambientalista já está entre nós há algumas décadas. Desde o lançamento da Primavera Silenciosa, de Rachel Carlson, considerado por muitos um divisor de águas da forma como encaramos o meio ambiente e o impacto de nossas ações sobre ele, a forma como pensamos o nosso redor tem mudado e evoluído. O Relatório Brundtland definiu o conceito de desenvolvimento sustentável, esse se propõe a promover um desenvolvimento econômico, a igualdade social e a preservação ambiental da geração atual sem comprometer as futuras. As universidades possuem um grande papel em disseminar informação e mudança e a UFMG por ser uma instituição pública, tem uma obrigação ainda maior de servir a sociedade da melhor forma possível. Portanto, a Escola de Engenharia da UFMG tem um papel duplo na reprodução do desenvolvimento sustentável, por ser uma instituição pública e por formar profissionais que estarão na linha de frente dialogando com várias esferas da sociedade na produção de um conhecimento de alta qualidade. Entretanto, para que o conceito de desenvolvimento sustentável reflita no conhecimento daqueles que transitam pela universidade, a própria escola deve dar sinais de alinhamento com esses conceitos através de exemplos práticos e tangíveis. Através da análise de plantas e memoriais e de verificações presenciais do 4º pavimento do Bloco 1, fez-se um levantamento da realidade da Escola de Engenharia em relação a seus impactos, especialmente no que se refere ao consumo de energia, água e gestão. Em comparação com práticas mais eficientes foi feita sugestões para que essa Escola tenha uma melhor performance ambiental, o que se mostrou necessário, e assim possa educar melhor seus alunos em direção a um futuro sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência ambiental, Escola de Engenharia, sustentabilidade

### INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu pela primeira vez no Relatório Brundtland, onde se estabelece que esse desenvolvimento é aquele que supre as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987). De acordo com Eames *et al.* (2013), até 2050 espera-se que viverão nas cidades cerca de 70% da população mundial; além disso, as cidades são responsáveis por 75% do consumo global de energia e 70% da emissão de carbono. Como a engenharia é uma grande agente na construção das cidades, é importante que ela avalie e busque alternativas para melhorar o desempenho ambiental de suas construções e conseqüentemente crie uma relação menos danosa entre o homem e a natureza. Adicionalmente, como dito por Allenby (2007), o Antropoceno trouxe desafios, o que significa que engenheiros não podem mais se apoiar em suas forças tradicionais, que são cada vez mais inadequadas dadas as atuais demandas sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas. Portanto, a engenharia precisa melhor se adequar aos desafios impostos pela crescente demanda das cidades, para diminuir seus impactos e assim se alinhar ao conceito de desenvolvimento sustentável.

A Escola de Engenharia (EE) da UFMG foi fundada em 1911 e em 1927 se juntou a três outras escolas para formar a UFMG tal como é conhecida hoje. A Escola se situa no *campus* Pampulha, possui 11 cursos de graduação, correspondendo a 15% dos cursos oferecidos pela universidade (Escola de Engenharia UFMG, 2016), é a terceira unidade em número de professores, com 10,7% dos professores da UFMG e também a terceira em números de patentes (VASCONCELOS *et al.*, 2016). Dados de 2013, indicam que a Escola de Engenharia já formou mais 38.000 especialistas em diversos níveis, sendo 23.000 engenheiros, 4.000 mestres e doutores, 4.000 especialistas e 6.000 trabalhadores em mão de obra industrial (Escola de Engenharia UFMG, 2016), profissionais estes que aplicaram e aplicam seus conhecimentos em diversas esferas da sociedade, do público ao privado. É dentro desse contexto que se encontra o Bloco 1 do prédio da engenharia, objeto deste estudo: ele constitui-se majoritariamente das salas dos professores dos departamentos que compõem os cursos de engenharia; logo, é seguro dizer que no Bloco 1 da EE é produzido o maior conhecimento na área de engenharia de uma das melhores universidades brasileiras com relevância internacional. Portanto, a forma como

a universidade se posiciona além da produção do conhecimento, mas também na prática é capaz de influenciar atores que tem dialogam e transitam entre as diversas camadas da sociedade.

Como discutido acima a Escola de Engenharia, como parte da Universidade Federal de Minas Gerais, ocupa um lugar central na sociedade local e possui relevância, nacional e internacional, como produtora de conhecimento. A legitimação e aplicação de um conceito passa pelo estudo de tal e, como argumentado por Lukman e Glavič (2007), as universidades na sua educação e pesquisa, através de sua missão, visões e estratégias, são os mais adequados disseminadores. Acrescenta Cortese (2003) que o ensino superior prepara a maioria dos profissionais que desenvolvem, lideram, gerenciam, ensinam, influenciam e trabalham nas instituições sociais e têm um impacto direto e indireto no ambiente local, regional e nacional e também nos graduandos e suas decisões futuras. Cortese (2003) argumenta que a maneira como a universidade carrega suas atividades diárias é um importante demonstrativo de como atingir uma forma de vida ambientalmente sustentável e reforça os valores e comportamentos desejáveis por toda comunidade. Sugerem Lukman e Glavič (2007) que as universidades devem promover liderança praticando o que ensinam e integrando sustentabilidade no ensino e aprendizado. Adicionalmente, os mesmos autores sugerem que, no campo da prática, as universidades devem se comprometer a usar recursos naturais e energia de forma razoável, a gerenciar resíduos, usar e reaproveitar a água de forma sustentável e gerenciar os impactos ambientais através de um Sistema de Gestão Ambiental (LUKMAN & GLAVIČ, 2007). É sob essa visão que o presente trabalho tenta verificar se a Escola de Engenharia possui práticas adequadas para reduzir seus impactos e promover um ensino mais sustentável e propor melhorias quando não for o caso.

## **METODOLOGIA**

Para a análise da eficiência ambiental do Bloco 1 da EE, o 4º pavimento foi escolhido como objeto de estudo. Espera-se que através da análise desse pavimento seja possível tirar conclusões que possam ser expandidas para todo o Bloco 1, pois esse é representativo e indica um padrão de planejamento. Para tal análise, foi estudado alguns projetos que foram obtidos através do setor de serviços gerais da EE. Os projetos analisados foram os seguintes:

- Projeto arquitetônico: plantas baixas, detalhes construtivos, cortes e projetos de esquadrias;
- Projeto elétrico: projetos de iluminação e tomadas e projetos de dados e telefonia;
- Projeto hidro sanitário: planta geral água fria e projeto de esgotamento;
- Projeto de ar condicionado.

Foi também analisado o memorial descritivo dos projetos, quando existente. Dentre o material recebido, os seguintes projetos possuíam memorial descritivo: projeto de ar condicionado, hidro sanitário e o elétrico. A partir da análise desses projetos e do memorial foi feito um levantamento amostral das salas existentes descrevendo seus componentes. Foram realizadas também visitas presenciais para verificar a compatibilidade de projeto e colher informações que não foram possíveis de serem obtidas através do material disponibilizado.

## **RESULTADOS**

O Bloco 1 da Escola de Engenharia é formado por quatro pavimentos: térreo mais três andares. O 4º pavimento compreende os departamentos de engenharia hidráulica, de engenharia sanitária e ambiental e de engenharia de estruturas. Esse pavimento possui dois corredores principais seguindo a orientação do prédio com comprimento total de 87,50 m e um de 70 m, um corredor secundário transversal com comprimento de 55 m, um de 47,5 m e um transversal principal com comprimento total de 70 m. Possui 5 caixas de escadas, sendo que as laterais permitem a entrada de luz e 4 caixas de elevadores, sendo que em projeto são dois elevadores em cada uma e possui uma área construída de 4275 m<sup>2</sup>. A maior sala é a sala de congregação com 187,5 m<sup>2</sup>, com capacidade para 60 pessoas sentadas, e as menores são os depósitos de material de limpeza (DML) que ficam ao lado dos elevadores centrais ao prédio. A partir do projeto arquitetônico verificou-se que as salas do 4º pavimento são distribuídas conforme a TAB.1.

Nessa tabela, por salas administrativas, entendem-se salas como secretaria, almoxarifado, servidor, arquivo morto, chefia, coordenação, administração, entre outras. Por salas de convivência, entendem-se salas como aquelas destinadas ao uso de alunos (i.e. monitoria), reuniões, congregação, antessala da congregação, entre outras. Nessa tabela, outros significam salas como casa de máquina e o Depósito de Material de Limpeza (DML). Algumas salas foram descritas com maior profundidade por terem sido consideradas de maior importância, seja pelo número de ocorrência, como os gabinetes de professores, que nesse andar somam-se 70, ou por possuírem componentes de relevância, como os banheiros que possuem muitos pontos de água, e copas,

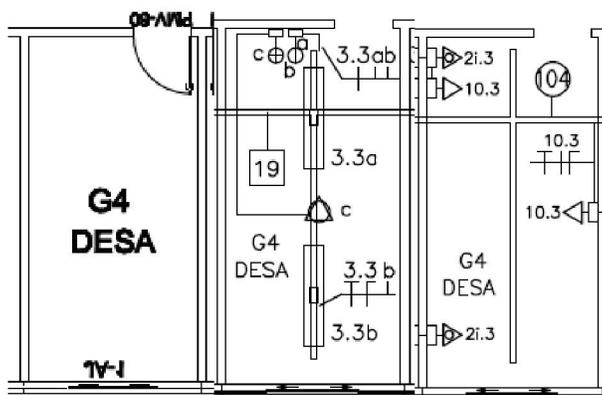
com grande carga energética. Para efeito ilustrativo, a seguir mostra-se a caracterização dos gabinetes dos professores.

**Tabela 1 - Resumo das salas do quarto pavimento – Fonte: Autores do Trabalho**

Salas	Quantidade
Banheiros	8
Gabinetes de professores	70
Laboratório com ponto de água	0
Laboratório comum	7
Administração	25
Salas de aula	10
Salas de convivência	14
Copas	4
Outros	4

### Gabinete de professores

No projeto arquitetônico existem salas nomeadas “G”, numeradas em ordem crescente dentro de cada departamento. Verifica-se que essas salas são prioritariamente destinadas como local de trabalho dos professores, e são conhecidas como gabinete de professor. Possuem dimensão de 2,5mx5,0m e planta-tipo, projeto de iluminação e três tomadas (maior relevância para esse tipo de sala) conforme a FIG. 1.



**Figura 1 - Planta tipo, projeto elétrico e projeto tomadas gabinete. Fonte: Projetos**

A descrição dos componentes desse tipo de sala está de acordo com as características listadas na TAB. 2 a seguir.

**Tabela 2 - Descrição do gabinete de professor tipo – Fonte: Autores do Trabalho**

Característica	Descrição
Área total (m <sup>2</sup> )	12,5
Pontos de energia	2 tomadas monofásicas 2P+T (15A) e 2 tomadas p/ inf. monofásicas (15A)
Pontos de luz	2 luminárias fluorescentes com duas lâmpadas de 32W/127V
Janelas	as janelas variam por sala, mas a maioria possui área de iluminação = 3,8m <sup>2</sup> ou 4,0 m <sup>2</sup> e área de ventilação = 1,9 ou 2,0 m <sup>2</sup>
Tomadas telefone/dados	2

Baseado nos projetos, e com atenção especial às salas de maior relevância conforme descrito acima, foi totalizado que no andar inteiro o quantitativo, entre itens que consomem água e energia, está de acordo com a TAB. 3.

**Tabela 3 - Itens levantados em projeto do 4º pavimento– Fonte: Autores do trabalho**

Itens	quantidade
Lâmpadas	1062
Torneiras de banheiro	14
Torneiras das copas	4
Torneiras dos laboratórios	0
Torneiras salas de limpeza	1
Vaso sanitários com descarga acoplada	16
Vaso sanitários com válvula de descarga	6
Mictórios	9
Unidades climatizadoras	19

Após o levantamento feito baseado nos projetos, foram feitas visitas presenciais no primeiro semestre de 2016 para verificar possíveis diferenças entre o projeto e a realidade e conseguir uma visão mais ampla das características gerais do 4º pavimento. As visitas presenciais foram realizadas em dias e horários diferentes no maior número de salas possíveis. Essas visitas geraram um inventário com a descrição de interesse das salas visitadas e também registros fotográficos. A partir dessas verificações, constatou-se que os itens que consomem água e energia listados na TAB. 3 são caracterizados de acordo com a TAB. 4.

**Tabela 4- Totalidade de itens verificados em relação a de projeto – Fonte: Autores do trabalho**

Itens	Quantid.	Descrição
Lâmpadas	1062	lâmpadas fluorescentes tubulares em sua maioria da marca Phillips de 16 ou 32W da família T
Torneiras de banheiro	14	12 torneiras da marca DOCOL automáticas hidromecânicas e 2 torneiras de abertura manual (pressão) DECA
Torneiras das copas	4	4 torneiras de abertura manual (borboleta) sendo 2 sem regulador de vazão, 1 com regulador e 1 não identificada
Torneiras dos laboratórios	0	
Torneiras salas de limpeza	9	1 torneira abertura manual (borboleta), adicionalmente, existem 1 em cada banheiro do mesmo tipo para finalidade de limpeza
Vaso sanitários com descarga acoplada	16	15 vasos com descarga de vazão única e 1 vaso com descarga de vazão dupla
Vaso sanitários c/ válvula de descarga	6	
Mictórios	9	
Unidades climatizadoras	19	Foram encontradas mais 2 que não estavam em projeto

## Energia

O 4º pavimento tem áreas bastante iluminadas, devido aos vazios centrais do prédio e as grandes janelas laterais ao lado das escadas; entretanto, em mais de uma ocasião (20/05 e 01/06) e em horários diferentes (13:30h e 11:00h) foi verificado que havia muitas lâmpadas acesas, desnecessariamente. Foi o caso da passarela central transversal à orientação do prédio; entretanto, o uso de luz faz-se quase completamente desnecessário durante o dia devido a sua localização. Algumas pessoas confirmaram a informação de que, por vezes, essas luzes se encontram acesas sem utilidade. Todas as lâmpadas do 4º pavimento são fluorescentes tubulares, de 16W ou de 32W, as de 16W se encontram prioritariamente nos corredores e as de 32W nas demais salas. Foram encontradas três marcas diferentes de lâmpadas (Philips, Sylvania e Osram). Entretanto, a grande maioria das lâmpadas instaladas é da marca Philips, essasão da família T, e tanto a de 16W quanto de 32W possuem vida útil de 15.000 horas.

O memorial descritivo do projeto elétrico menciona a instalação de sensores de presença. Nos sanitários masculinos foi utilizada bomba universal para o mictório no projeto hidráulico, cujo acionamento se dá por intermédio de sensor de presença projetado para este fim. A existência desses sensores foi confirmada nas verificações presenciais, apesar de que, no caso do sanitário masculino do DEES, verificou-se que o acionamento está ocorrendo mesmo a pessoa estando distante do mictório, o que indica necessidade de manutenção. Em relação aos sensores de presença para áreas de circulação e passarelas metálicas, a opção foi

discutida, mas a opção adotada foi a de programadores horários/semanal em conjunto com interruptores *threeway*. Para não se adotarem os sensores de presença alegou-se o fato de que as áreas de circulação são de grande uso e, portanto, haveria grande número de liga-desliga que diminuiria a vida útil das lâmpadas (a possível economia de luz seria consumida pela maior necessidade de aquisição de lâmpadas). Adicionalmente, foi levado em consideração o fato de que sensores de presença teriam sido furtados em outras unidades da universidade e também de que alguns sensores não atuam quando necessários e que melhores sensores são mais caros e difíceis de conseguir no mercado.

Portanto, para a melhor eficiência energética do quarto andar da EE, as intervenções mais significativas são em relação à iluminação, através do uso de lâmpadas mais eficientes e com menor gasto e/ou através da instalação de sensores de presença; e em relação à eficiência dos equipamentos instalados nas salas, como ar condicionado. Em relação aos aparelhos que são adicionados à rede elétrica, mas que não têm seus modelos definidos em projeto, como computadores, impressoras, cafeteiras, geladeiras e outros, é necessária uma adequação com modelos mais eficientes. Adicionalmente, é necessário que haja consciência dos usuários em relação a real necessidade da instalação de alguns desses equipamentos, como geladeiras que não sejam na copa. Entretanto, essas últimas considerações estão mais relacionadas à educação e consciência dos usuários.

### Água

No memorial de cálculo, para o cálculo da capacidade de reserva, foi considerado, para o Bloco 1, uma população de 1.000 pessoas. Segundo o memorial de cálculo, a contribuição dos esgotos sanitários do Bloco 1 é constituída de efluentes que não ferem as normas da Copasa, e, portanto, será lançada no interceptor às margens do Córrego do Engenho, não havendo evidências da necessidade de tratamento destes esgotos domésticos. Entretanto, os esgotos gerados pelos laboratórios devem ser coletados por sub-ramais, ramais e colunas e somente após a sua adequação poderão ser lançados na rede coletora geral. O abastecimento de água é feito através de dois reservatórios superiores, com capacidade total de 65 m<sup>3</sup> (incluído a reserva para incêndio), e um inferior com capacidade de 55m<sup>3</sup>.

O cálculo da drenagem pluvial não faz nenhuma consideração à área permeáveis para se diminuir a vazão de drenagem, ou até possível reaproveitamento, e considera que a drenagem do Bloco 1 será interligada à rede geral pluvial do complexo da Engenharia. O consumo de água do 4º pavimento do Bloco 1 se dá majoritariamente através do uso dos pontos de água presentes nos banheiros, copas e salas de limpeza. Conforme a TAB. 4, esses pontos consistem das torneiras, vasos sanitários e descargas e mictórios. Foi verificado que as torneiras dos banheiros são torneiras automáticas hidromecânicas e possuem arejador embutido, restritor de vazão e fechamento automático de 6 segundos. As torneiras das copas, das salas de limpeza e dos banheiros destinadas a limpeza são de fechamento manual. Os mictórios possuem sensor de presença para acionamento automático de descarga e, dos vasos sanitários com descarga acoplada verificados, apenas um possui duas vazões. Portanto, para a redução do consumo de água, sugere-se a melhoria ou troca, quando necessária, desses equipamentos.

É importante ressaltar que não há no memorial nenhuma menção de projeto de minimização do consumo de água potável (ou tratada) e de reutilização de águas servidas ou de água de chuva. A própria construção do prédio não leva em conta sua inserção numa área degradada, em que pudesse colaborar para remediar os impactos que os usos do terreno já provocaram no solo. O estacionamento para professores e funcionários, por exemplo, além de ter área vegetada maior e com plantio de mais espécies de grande porte, poderia servir como área de recarga de lençol freático e como atenuador da onda de cheia, minimizando potenciais estragos de enchentes que recorrentemente acontecem na área do *campus*.

### DISCUSSÃO

Mesmo que não seja objetivo estabelecer um sistema de gestão ambiental, é interessante saber do que consiste e a partir dele propor a direção que pode ser seguida para a melhor eficiência ambiental da EE. A norma ABNT NBR ISO 14001 estabelece parâmetros para a implementação de um sistema de gestão ambiental. Segundo a norma, variados tipos de organizações, a partir do crescente rigor da legislação a fim de proteger o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável, estão cada vez mais interessadas em demonstrar um melhor desempenho ambiental por meio do controle e da minimização do impacto de suas atividades (NBR ISO 14001, 2004). A norma se baseia na metodologia PDCA (*plan-do-check-act*, ou seja, planejar-fazer-avaliar-agir), e essa metodologia tem sua configuração de acordo com a FIG. 2.



Figura 2 - Modelo de SGA. Fonte: NBR ISO 14001, 2004

Para a construção de um ambiente, Motta e Aguilar (2009) observam que a sustentabilidade deve estar presente em todas as fases, sendo essas: idealização, concepção, projeto, construção, uso, manutenção e final de vida útil sendo que, para estes autores e dentro da relevância desse trabalho, estas são as principais práticas que podem ser adotadas:

- Conforto ambiental e eficiência energética, promovendo uso do edifício com conforto, térmico, visual acústico e salubridade, com baixo consumo de energia, usando preferencialmente as possibilidades de condicionamento passivo nos ambientes;
- Eficiência no consumo de água, considerando baixo consumo, aproveitamento de águas de chuvas, reutilização, recuperação e geração de resíduos;
- Eficiência construtiva, com materiais, técnicas e gestão que permitam um desempenho ótimo da edificação com durabilidade, e que possuam, quando analisados em toda cadeia produtiva, práticas sustentáveis de extração, produção e reciclagem (MOTTA & AGUILAR, 2009).

O presente trabalho poderia ser visto então como uma verificação. Entretanto, como não se partiu de nenhum SGA, a verificação do 4º pavimento tem a intenção de monitorar e medir a EE em comparação com melhores parâmetros e relatar se há a necessidade de pensar e de implementar uma melhor gestão ambiental. Adicionalmente, o trabalho se propõe a seguir práticas que podem ser adotadas para a melhor performance ambiental, como as sugeridas por Motta e Aguilar (2009), especialmente as que se referem a eficiência energética, eficiência no consumo de água, eficiência construtiva e gestão que permitam um desempenho ótimo da edificação.

## Sugestões

### Troca das descargas acopladas

As bacias sanitárias com descarga acoplada possuem algumas vantagens em relação às bacias convencionais que dependem de uma válvula de descarga independente embutida na parede, elas possuem maior facilidade de instalação e manutenção, sendo que essa se feita regularmente, diminui eventuais perdas. Em um estudo para a racionalização do uso da água em prédios públicos, Cal *et al.* (2009) fizeram uma enquete dos usuários dos sanitários da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia para caracterizar o uso principal dos sanitários. Nele, concluíram que 73% das pessoas usam os sanitários prioritariamente para urinar, e nos sanitários masculinos, mesmo com o mictório 33% das pessoas afirmam não o utilizar, sendo que 70% do uso das bacias sanitárias masculinas se destinam a atividade de urinas. Nos sanitários femininos, o destino das bacias para urinas é de 70%. Percebe-se, portanto, que em ambos os sanitários masculino e feminino a atividade principal que requer o uso da descarga é urinar; portanto, existe um potencial para redução do consumo de água se a descarga possuir uma vazão específica para a descarga de urina. Em um estudo da avaliação de desempenho, em oito apartamentos residenciais, de bacias de volume de descarga reduzido com caixa acoplada de dois tipos, a usual com volume nominal de descarga de 6 litros e com o sistema dual que permite descargas com volumes nominais de 3 e 6 litros, Uchida e De Oliveira (2006) concluíram que o sistema dual levou a um consumo de água 19% menos que comparado com o sistema usual de uma vazão. Dos 16 vasos sanitários com

descarga acoplada, apenas um (em um dos banheiros masculinos) possui duas vazões; logo, existe um potencial real de economia se houver a troca do sistema de uma vazão pelo sistema dual de descarga.

### Troca das torneiras

As torneiras de fechamento automático se resumem prioritariamente a dois tipos, as de pressão (hidromecânicas) e as de sensor. Segundo Cardozo e Demandoro (2010), as torneiras de pressão são acionadas manualmente, liberando assim o fluxo de água e o fechamento ocorre automaticamente alguns segundos depois. Pode-se utilizar dispositivos reguladores e redutores de pressão em conjunto com essas torneiras, sendo que nesses casos a economia pode variar entre 20 e 50%. As torneiras de sensor ou eletrônica são acionadas com a aproximação das mãos do usuário, que é reconhecida através de um sensor eletrônico de movimento e o fechamento ocorre com o afastamento do usuário. Podem ser também usadas em conjunto com redutores de vazão e a economia de água pode variar de 40 a 70% em relação às convencionais, com um consumo de 0,7 L por utilização em comparação com 1,0 L das hidromecânicas (CARDOZO & DEMANDORO, 2010). Os mesmos autores argumentam que, mesmo sendo elétricas, possuem baixo consumo e podem funcionar até mesmo com pilhas.

Para as torneiras das copas, existem acessórios que podem ser instalados de forma a reduzir o consumo de água. Segundo Cardozo e Demandoro (2010), o arejador é um pequeno acessório instalado na saída da água da torneira e tem a função de misturar ar com a água e direciona o fluxo evitando a dispersão do jato. Dessa forma, proporciona economia de água e conforto na utilização. Esses arejadores possuem vazão constante e criam um fluxo contínuo limitado ao valor de 6 litros/min, mesmo se o registro estiver aberto ao máximo. Esse dispositivo pode ser rosqueado em torneiras convencionais. Outra solução simples também é a instalação de pulverizador de vazão: é um pequeno acessório que transforma o jato de água em feixe de pequenos jatos e é capaz de reduzir a vazão para valores entre 0,06 l/s e 0,12 l/s (CARDOZO & DEMANDORO, 2010). Portanto, para as copas é sugerida a troca das torneiras e a inclusão dos dispositivos de redução de vazão citadas acima.

Ademais, em relação aos dispositivos citados acima para economia de água, incluindo os vasos sanitários e descargas e as torneiras, segue para efeito ilustrativo do potencial da redução do consumo, um estudo realizado em duas escolas de Florianópolis por Fasola *et al.* (2011), onde chegou-se aos seguintes índices de economia com a troca de aparelhos hidro sanitários, de acordo com a TAB. 5.

**Tabela 5 - Índice de economia com a possível troca de aparelhos economizadores - Fonte: Fasola *et al.*, 2011**

Aparelho sanitário	Troca	Percentual de redução (%)
Torneiras de banheiro	Comum para sensorial	77
Torneiras de banheiro	Automática para sensorial	48
Mictórios	Comum para sensorial	80
Bacias sanitárias	Existente para descarga dual	$\alpha_6 = 10\%$ ; $\alpha_3 = 90\%$

### Troca das lâmpadas

A Philips possui um catálogo de substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas de LED. Neste catálogo a empresa faz um comparativo do aumento de vida útil e redução do consumo de energia entre as lâmpadas fluorescentes convencionais e 3 tipos de lâmpadas LED equivalentes, para as convencionais de 16W, e 2 tipos de LED equivalentes para as convencionais de 32W. De acordo com esse catálogo, são possíveis economias de acordo com a TAB. 6.

**Tabela 6 - Comparativo de economia na troca de lâmpadas convencionais por LED equivalentes – Fonte: catálogo Philips**

Lâmpada tradicional	Lâmpada LED equivalente	Aumento de vida	Economia de energia
T8 16W	Essencial LED tube 10W	1 vez mais	37%
T8 16W	TLED CorePro 10W e 20W	1 vez mais	37%
T8 16W	MASTER LEDtube	1,7 vez mais	38%
T8 32W	Essencial LED tube 20W	1 vez mais	41%
T8 32W	MASTER LEDtube	1,7 vez mais	41%

Existem também outras alternativas que podem economizar energia sem necessariamente trocar as lâmpadas. Um estudo realizado na Universidade de Malaya concluiu que a troca de balastros magnéticos por eletrônicos pode reduzir consumo de energia e custos operacionais. Os balastros eletrônicos são mais eficientes em converter a energia em energia própria das lâmpadas do que as magnéticas. Segundo o estudo, é possível reduzir o consumo de energia do sistema T8 em 17% se trocar os balastros convencionais por eletrônicos (MAHLIA; RAZAK; NURSAHIDA, 2011). No caso das lâmpadas LED, essas são ainda consideravelmente mais caras que as convencionais (em uma busca rápida na *internet*, verifica-se um preço médio das lâmpadas LED, independente do modelo, de R\$ 50,00, e o preço médio das lâmpadas fluorescentes tubulares de R\$ 10,00. Obviamente está conta não é tão direta assim, se faz necessária uma análise de custo mais aprofundada, através da análise de dois projetos distintos, um considerando as lâmpadas convencionais e o outro as de LED, usando metodologias de análise de viabilidade de projetos, tais como Valor Presente Líquido (VPL), e considerando também o *Payback*. Essa análise levaria em consideração o preço da tarifa energética e a devida economia de energia (que no caso das lâmpadas analisadas o mínimo é de 37%) e o aumento da vida útil, que no caso o mínimo é o dobro de vida.

### Adição de sensores

Como discutido anteriormente, *a priori* foi pensada a instalação de sensores de presença nas áreas de circulação, mas a ideia foi abandonada com a justificativa de que é uma área com grande circulação de pessoas e que estes sensores são indicados para controle de iluminação de espaços de uso eventual, tal com garagens, depósitos e similares. Além deste argumento, a escolha de não se optar por sensores de presença teve um caráter econômico, e fica a dúvida se realmente foram exploradas todas as opções. Os sensores captam movimento e enviam um sinal elétrico para a rede, indicando a presença de pessoa. São três tipos básicos de sensores de presença, os que trabalham através de ultrassom, que captam deslocamento de ar, os sensíveis à radiação infravermelha. Estes detectam fontes de calor e há também os que combinam as duas tecnologias (BRAGA, 2007). Segundo Braga (2007), pode-se chegar a um potencial de economia de até 75% utilizando sensores de presença em determinados ambientes. Existem também outros dispositivos que podem automatizar e controlar o acionamento de lâmpadas, diminuindo assim o consumo de energia. As minuterias, por ex., são interruptores temporizados, onde um circuito de iluminação é acionado num intervalo de tempo pré-determinado e depois desligado. Existem também interruptores a cartão, compostos por um interruptor micro- processado: ao inserir o cartão no interruptor um sinal de entrada é enviado ao circuito, esse sistema geralmente sendo usado em hotéis (BRAGA, 2007). Também é possível estabelecer um gerenciamento programável, “*scheduling control*”, onde especifica-se o período de tempo onde a iluminação deve permanecer ligada ou desligada (BRAGA, 2007), e pode ser uma boa opção para prédios que possuem horário de funcionamento e/ou circulação definidos e regulares.

### Conscientização

Nas visitas realizadas, foi constatado que muitas lâmpadas ficam ligadas desnecessariamente; em mais de uma ocasião, verificou-se que corredores inteiros estavam ligados sem necessidade, salas de aula com boa iluminação natural e em dias ensolarados possuíam todas suas lâmpadas ligadas, e até mesmo salas vazias com todas as luzes acesas. Portanto, se fazem necessárias medidas educativas para que haja uma melhor conscientização dos usuários. Outro indicativo de que se necessita medidas educativas para a conscientização é o aviso encontrado no banheiro masculino, localizado no DEES, onde se pede para as pessoas não acionarem a descarga dos mictórios, pois está é automática.

### Gestão operacional

O Sistema de Gestão Ambiental, definido pela norma NBR ISO 14001, define que, após a definição de um plano/projeto de implementação de uma política ambiental, é necessário a verificação periódica dos parâmetros definidos. No caso de a EE eventualmente implementar algum tipo de SGA, é duvidoso se a Escola proverá pessoal para a devida manutenção e verificação das medidas escolhidas. Isto pode ser discutido baseado em algumas observações feitas no presente trabalho. Foi verificado que, dos seis bebedouros existentes no 4º pavimento, quatro não possuem a etiqueta definindo a última data de manutenção e a próxima agendada, e em dois é possível verificar que as datas estão vencidas, sendo a última manutenção feita em janeiro de 2015 e a seguinte deveria ter sido realizada em janeiro de 2016. Além disso, verificou-se que muitas lâmpadas estão queimadas, sendo que no corredor principal do DEES toda uma rede de lâmpadas está danificada. Já em todo o corredor metade das lâmpadas, alternadamente, não se acende. Foi verificado também que os sensores de descarga dos mictórios do banheiro do DEES estão desregulados: a sensação é de que estão sendo acionados automaticamente mesmo quando a pessoa está distante do mictório; portanto, uma manutenção se faz necessária. Assim, é sugerido que haja um esforço para a melhoria do time operacional, através da contratação de mais pessoas, para que a manutenção seja rápida e eficiente, como por exemplo na manutenção de

bebedouros, cuja falta pode ocasionar inclusive danos à saúde dos usuários, e também através de treinamentos e informação focados na conscientização ambiental.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho tinha como intenção avaliar a eficiência ambiental do prédio da Engenharia através da análise do 4º pavimento do Bloco 1. O propósito dessa análise era verificar se a EE possui indícios práticos de estar alinhada a princípios da sustentabilidade. Esse alinhamento é considerado aqui importante, pois a universidade como formadora de opinião e como instituição pública deve ser a pioneira a promover o desenvolvimento sustentável. Como discutido anteriormente, para a universidade promover uma educação para o desenvolvimento sustentável precisa também assumir uma postura prática. A partir da análise de projetos, verificação real e baseado em princípios gerais de melhores práticas sustentáveis, chegou-se à conclusão de que a EE não dá sinais muito claros de estar absorvendo conceitos sustentáveis.

Existem medidas simples e eficientes que podem ser tomadas para melhorar a eficiência ambiental do prédio, como a troca de vasos sanitários com caixa acoplada de uma vazão por de duas e também a inclusão de sensores de presença em locais adequados. Percebe-se também a necessidade de uma gestão ambiental e melhorias na parte operacional para evitar desperdícios, como os gerados por descargas desreguladas, como verificado, por exemplo, em alguns mictórios. O sistema de gestão ambiental também é importante para que se garanta um uso adequado do prédio, e para tal é necessária educação e conscientização dos usuários, o que se verificou fundamental devido ao fato de se constatar lâmpadas acessas desnecessariamente. Portanto, é visível que a EE pode e deve tomar iniciativas, algumas básicas, para melhorar sua eficiência ambiental e assim promover um ensino que vá além da prática, assumindo seu papel de disseminadora de conhecimento que promove o desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allenby, B. Earth systems engineering and management: A manifesto. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 23, p. 7960-7965, 2007.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004. 27 p.
3. Braga, L. C. **Estudo de aspectos de eficiência energética de edificações com uma abordagem de automação predial. 2007**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
4. Brundtland, G. Relatório Brundtland. **Our Common Future: United Nations**, 1987.
5. Cal, P. *et al.* Racionalização do uso de água em prédios públicos. **SISPRED–Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, p. 17-19, 2009.
6. Cardozo, R. M. D.; Demanboro, A. C. Gestão Ambiental e Sustentabilidade na Bacia do Rio Piracicaba–Sustentabilidade Hídrica através de Dispositivos Poupadores de Água. 2015.
7. Cortese, A. The critical role of higher education in creating a sustainable future. **Planning for higher education**, v. 31, n. 3, p. 15-22, 2003.
8. Eames, M. *et al.* City futures: exploring urban retrofit and sustainable transitions. **Building Research & Information**, v. 41, n. 5, p. 504-516, 2013.
9. Escola de Engenharia UFMG. **Histórico**. Belo Horizonte. Disponível em: <<https://www.eng.ufmg.br/portal/aescola/historico/>>. Acesso em: 25 jun. 2016
10. Fasola, G. *et al.* Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **CEP**, v. 88113, p. 820, 2011.
11. Lukman, R.; Glavič, P. What are the key elements of a sustainable university?. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 9, n. 2, p. 103-114, 2007.
12. Mahlia, T. M. I.; Razak, H. A.; Nursahida, M. A. Life cycle cost analysis and payback period of lighting retrofit at the University of Malaya. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 2, p. 1125-1132, 2011.
13. Motta, S.; Aguilar, M. T. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009.
14. Uchida, C.; De Oliveira, L. H. As bacias sanitárias com sistema de descarga dual e a redução do consumo de água em edifício residencial multifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006. p. 3450-3459.
15. Vasconcelos, A. *et al.* **Somos UFMG**. Belo Horizonte: Cassiano Rabelo, 12 Jun. 2016. Disponível em: <<http://somos.ufmg.br/indicadores/>>. Acesso em: 12 junho 2016.