



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

GESTÃO ENERGÉTICA EM PRÉDIOS UNIVERSITÁRIOS: ESTUDO DE CASO BIBLIOTECA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI.

Eric Alberto Ocampo Batlle, ericocampo1989@gmail.com¹

José Carlos Escobar Palácio, jocesobar@gmail.com¹

Electo Silva Lora, silva.electo52@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Itajubá, Av.BPS, 1303 – Pinheirinho, Itajubá – MG, 37500-903.

Resumo: No presente existe um aumento acelerado do consumo e dos custos energéticos, escassez de combustíveis fósseis e um grande impacto ambiental gerado pela grande dependência do uso de recursos não renováveis, as quais se têm convertidos na primeira causa da crise energética de hoje. Por tais fatos no âmbito energético enfrenta-se a três grandes retos: a competitividade diretamente relacionada com a diminuição da intensidade energética (desacoplamento do aumento do consumo energético com o desenvolvimento econômico), o câmbio climático e a segurança de subministro. Em qualquer das soluções estudadas no mundo, para resolver esses desafios encontra-se a otimização da demanda, mediante a poupança e a eficiência energética (EE), já que são alternativas imediatas e econômicas para responder a estes retos e contribuir decisivamente à otimização do uso de uma energia escassa e cara. Só através da EE pode-se diminuir o consumo mantendo os mesmos serviços e benefícios, sem que afete nossa qualidade de vida, mas o sucesso desta ferramenta de redução de consumo de energia e das emissões requer um enfoque sistemático. Deste modo, os sistemas de gestão energética ajudam a reduzir com sucesso o consumo da energia e as emissões de dióxido de carbono. A proposta deste trabalho é desenvolver um modelo de gestão energética fundamentado na norma ISO 50001 que permita administrar de forma permanente o uso da energia nos prédios de universidades federais. Neste modelo se propõe uma revisão energética do estudo de caso, para assim estabelecer e identificar uma linha base energética, indicadores energéticos, objetivos, metas e planos de ação, com o fim de reconhecer o potencial de economia de energia, para que no médio prazo o mesmo possa ser atingido. Os resultados foram obtidos por meio do estudo da biblioteca (BIM) do campus Universitário da UNIFEI (sede Itajubá).

Palavras-chave: Energia, ISO 50001, Meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

No presente observa-se um crescimento acelerado do consumo e dos custos energéticos, escassez de combustíveis fósseis e um grande impacto ambiental gerado pela grande dependência no uso de recursos não renováveis (Cheilari *et al.* 2013). Por tais fatos o âmbito energético enfrenta-se a três grandes retos: i.) A competitividade diretamente relacionada com a diminuição da intensidade energética (desacoplamento do aumento do consumo energético com o desenvolvimento econômico), ii.) O câmbio climático e iii.) A segurança de subministros (Pena *et al.* (2012)).

Um estudo apresentado pela Agência Internacional de Energia (IEA) conclui que a demanda de energia elétrica no mundo crescerá 36% no período de 2008 a 2035, uma taxa média de 1,2% ao ano (International Energy Agency 2010).

O caso brasileiro não difere muito, já que se mantém essa mesma tendência de aumento no consumo energético, como observado no relatório do BEN 2014 (ano base 2013) (Empresa de Pesquisa Energetica EPE 2014), onde o consumo para o ano 2013 foi de 609,9 TWh, ou seja, apresentou um aumento de 3,47% respeito ao consumo do ano 2012. Onde o setor público é responsável por uma parcela relativamente pequena, mas não desprezível, do consumo energético nacional, aproximadamente de 1,5% do consumo total de energia no país durante o 2014.

No entanto, no caso específico do consumo de eletricidade este setor representa aproximadamente 8% do consumo nacional (Ministerio de Minas e Energias 2014)(Tab.1), sendo este o energético de maior importância para esse setor, correspondendo a mais de 90 % (Ministerio de Minas e Energias 2014) do consumo setorial, demonstrando a importância de iniciativas relacionadas com maior eficiência energética para esse setor. Entendendo-se por eficiência energética o conjunto de práticas e políticas, que reduzem o consumo de energia primária necessária para produzir um determinado

serviço de energia, sem comprometer sua qualidade e, portanto, com o menor impacto sobre o meio ambiente (Patterson 1996).

Tabela 1: Composição Setorial do Consumo de Eletricidade no Brasil.

SETORES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SECTORS
CONSUMO FINAL (10 ⁹ tep)	30.955	32.267	33.536	35.443	36.829	36.638	39.964	41.363	42.861	44.404	FINAL CONSUMPTION (10 ⁹ toe)
SETOR ENERGÉTICO	3,7	3,6	3,7	4,2	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,7	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	21,8	22,2	22,0	22,1	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2	RESIDENTIAL
COMERCIAL	13,9	14,3	14,2	14,2	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,3	COMMERCIAL
PÚBLICO	8,4	8,7	8,5	8,2	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,7	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	TRANSPORTATION
INDUSTRIAL	47,8	46,7	47,0	46,7	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7	INDUSTRIAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Mas, está não é uma tarefa simples de se implementar, porque para realizar uma adequada gestão dos recursos é indispensável conhecer a inter-relação dos sistemas e processos, entorno no qual os fenômenos acontecem, seus limites, e todos os princípios envolvidos. Tudo isto requer um modelo inteligente de gestão de demanda energética, que permite explorar de forma rápida e acertada as opções para alcançar a variante de maior resultado e menor investimento econômico, do modo mais simples e viável no curto prazo, com um desempenho amigável com relação ao meio ambiente.

Então um modelo de gestão energética permite a integração de um conjunto de procedimentos e ferramentas técnico-organizativas, que aplicados de forma contínua, permitem identificar e utilizar todas as oportunidades de economia e conservação de energia, com uma redução dos gastos energéticos das instituições (Wongtharua *et al.* (2005)). Por tais fatos foi elaborada a norma ISO 50001, a qual especifica os requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar um sistema de gestão energética, com o propósito de permitir que a organização conte com um enfoque sistemático para alcançar uma melhora contínua em seu desempenho energético (ABNT 2012).

Seguindo esta linha de ideias, o que este artigo procura é propor um modelo de planejamento energético que possa ser aplicado em Instituições de Educação Superior - IES, o qual tenha como base os conceitos fundamentais propostos pela norma ABNT-NBR: ISO 50001:2011 para assim identificar e classificar as diferentes variáveis que afetam o consumo energético neste tipo de edificações, como também, conhecer o estado atual e o possível potencial de redução no consumo energético, tomando como estudo de caso a biblioteca da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – EE.

A eficiência no uso da energia e a redução ao mínimo do impacto ambiental que produz a utilização de energéticos; é na atualidade, uma necessidade do desenvolvimento sustentável da humanidade (Pacheco *et al.* (2012)).

Sem nenhuma dúvida a forma mais efetiva de produzir bens e serviços é economizar energia; o que significa obter muito, arriscando pouco ou nada, incrementar os níveis produtivos sem expor-se, criar valores sem comprometer altos investimentos, o caminho mais curto e seguro para alcançar o objetivo de obter algo mais rentável. Melhorar a eficiência significa reduzir o consumo de energia primária necessária para produzir um determinado serviço de energia, sem comprometer sua qualidade e, portanto, com o menor impacto sobre o meio ambiente.

Na prática a EE é definida como: um conjunto de atividades e políticas que reduz os custos da energia e/ou aumente a quantidade de energia oferecida sem alterações da geração (Cristina 2012).

O incremento da EE tem um benefício ambiental imediato e direto, já que implica uma redução no uso de recursos naturais e na emissão de poluentes, incluindo o CO₂. É uma prática comum em universidades e empresas atuar sobre o consumo energético e não sobre a EE, já que o que é contratado e pago é o consumo.

A elevação da EE pode ser alcançada por duas vias fundamentais, não excludentes entre si:

- ✓ Melhor gestão energética e boa prática de consumo,
- ✓ Tecnologias e equipamentos eficientes.

Qualquer uma das duas diminui o consumo específico, mas a combinação das duas é o que permite alcançar o ponto ótimo.

3. EXPERIÊNCIA NA GESTÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA E INTERNACIONAL.

Uma instituição de educação superior (IES), em qualquer parte do mundo, encontra-se composta por uma ou mais edificações, nas quais se desenvolvem diversos tipos de uso e perfis de ocupação, demandando quantidades razoáveis de energia, principalmente elétrica.

Por tais fatos faz-se essencial uma revisão dos trabalhos mais relevantes desenvolvidos no campo da gestão energética em IES em todo o mundo, para assim conhecer, estudar e analisar as metodologias seguidas e implantadas nos diferentes *campus* universitários, além de conhecer as medidas implementadas para reduzir o consumo energético.

Os seguintes trabalhos foram os mais representativos e/ou relevantes:

3.1. Universidade de Brasília – UnB:

Em (Oliveira 2006) apresentam-se os resultados de um estudo de “*gestão do consumo de energia elétrica*” no campus da Universidade de Brasília, o qual foi fundamentado nos seguintes princípios, i. caracterização energética, ii. Diagnóstico energético, iii. Controle dos índices (Fator de carga, Fator de potência e Fator de demanda) e iv. Recomendações de boas práticas.

Em função dos resultados deste trabalho, foi realizada uma mudança no contrato de fornecimento elétrico, o qual tinha um custo médio de R\$650.000 e se logrou uma redução aproximada de R\$ 200.000 mensais apenas com a assinatura de um novo contrato. Além disto, outras medidas implementadas (troca de aparelhos, uso, etc.) permitiram alcançar economias estimadas entorno de R\$ 86.107 no custo médio mensal de eletricidade.

3.2. Universidade Federal de Sergipe – UFS:

Pesquisadores da UFS desenvolveram um projeto em “*gestão de conservação de energia*” no campus de São Cristóvão (sede principal), a qual tinha um custo anual de R\$ 2,45 milhões no 2008, de R\$3 milhões no 2009 e em 2010 de R\$ 3,4 milhões (Serna *et al.* (2011)). Este foi fundamentado nas seguintes atividades, i. caracterização energética, ii. Análise de contrato de atendimento de energia elétrica, iii. Análise das demandas medidas e faturadas, iv. Análise do enquadramento tarifário, v. Campanha de uso da energia, vi. Estudo de iluminação dos prédios, vii. Diagnóstico de qualidade e do uso dos equipamentos, viii. Estudo do progresso no consumo de energia. E ix. Estudos de qualidade de energia.

Tomando como base os diagnósticos feitos neste estudo, chegou-se à conclusão de que os sistemas de ar condicionado e de iluminação eram os maiores consumidores de energia elétrica tendo uma potência instalada de 242,09 kW e 101,75 kW respectivamente. Em função de isso foi estimado um consumo elétrico anual de 543,24 MWh/ano (ar condicionado) e de 272,23 MWh/ano (iluminação). Com base aos cálculos anteriores foram propostas mudanças tecnológicas nestes sistemas e estimaram-se economias em torno de R\$ 34.895,05 nos sistemas de iluminação e R\$ 56.605,61 ar condicionado.

3.3. Universidade Federal do Amazonas – UFAM:

Pesquisadores do núcleo de pesquisa em eficiência energética (NEFEN) da Universidade do Amazonas, fizeram um estudo em “*gestão de energia na Universidade Federal do Amazonas (UFAM)*” (Drumond *et al.* (2005)), a metodologia foi concebida nas seguintes atividades:

- i. Caracterização energética da instituição.
- ii. Situação energética da instituição.
- iii. Análise do faturamento energético.
- iv. Execução de metas
 - a. Monitoramento de carga.
 - b. Reforma das instalações.
 - c. Substituição de lâmpadas e reatores.
 - d. Substituição do sistema de climatização.
 - e. Campanha de divulgação do programa e conscientização da comunidade universitária.
 - f. Implantação do sistema de gerenciamento de energia elétrica.

Eles estimaram um potencial de economia no consumo energético aproximadamente de R\$ 238.767,96, que poderia ser obtido através de melhoras nas condições das instalações acadêmicas e administrativas.

3.4. Wilfrid Laurier University:

A Universidade Wilfrid Laurier de Canadá, desenvolveu um plano em gestão energética (Wilfrid Laurier University 2009) implementado em seu *campus*, que é formado por 98 prédios, com uma área construída de 212.982 m².

Em 2009 a universidade tinha uma população de estudantes de 13.500, o *campus* no período 2006 – 2009 tinha um consumo de energia elétrica médio mensal de 2,5 GWh /mês, que anualmente representava entorno de 29,3 GWh.

As atividades implementadas nesta pesquisa foram:

- i. Plano de monitoramento.
- ii. Definição de metas e recomendações.
- iii. Oportunidades esquemáticas de gestão energética.
- iv. Delineamento de oportunidades em energias renováveis.
- v. Diretrizes para novas oportunidades de investimento e novas construções.
- vi. Incentivos financeiros.

Baseando-se nessas atividades foram estimadas reduções no consumo energético de aproximadamente 25% para o ano 2012 e uma redução de 75% nas emissões de CO₂ equivalentes por áreas usada no campus para o ano 2020.

3.5. McMaster University:

A Universidade McMaster de Canada (Attalla 2014), desenvolveu um plano de gestão energética implementado em seu *campus*, que é formado por 64 prédios, com uma área construída de 582.503,42 m². Em 2011 a universidade tinha uma população de estudantes de 27.000, o *campus* no período 2010 – 2011 tinha um consumo de energia elétrica anual de 71,2 GWh/ano.

As principais atividades implementadas nesta pesquisa são resumidas a continuação:

- i. Conhecimento geral da Universidade.
- ii. Perfil Energético.
- iii. Monitoração e Medição.
- iv. Políticas Energéticas.
- v. Objetivos de redução do consumo e custo energético.
- vi. Plano de ação energético.

Baseando-se nessas atividades foram estimadas reduções no consumo energético de um 26% para o ano 2012, como também reduções entorno de um 48,8% das emissões de CO₂ equivalentes por áreas usada no campus para o ano 2012 obtendo economias de US\$1.777.092,00 por ano.

4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MEIO AMBIENTE.

Eficiência energética e meio ambiente são dois aspectos que estão totalmente associados, devido ao fato que a produção e o uso da energia estão fortemente relacionados com o desenvolvimento da sociedade, trazendo muitos benefícios, como por exemplo, a possibilidade de utilização de aparelhos elétricos, a preparação e a conservação de alimentos e o conforto térmico dos lugares de trabalho, residência, etc. Por isto a forma como a energia é produzida e utilizada está na origem dos problemas ambientais atuais (Goldemberg *et al.* (2013)).

Um crescimento considerável da eficiência energética, uma gestão mais sólida da demanda de energia e um desenvolvimento em grande escala das atuais fontes de eletricidade com baixas emissões de CO₂ poderiam conseguir aproximadamente a metade das reduções de emissões necessárias para levar ao mundo para o objetivo dos 2°C (Fig. 1).

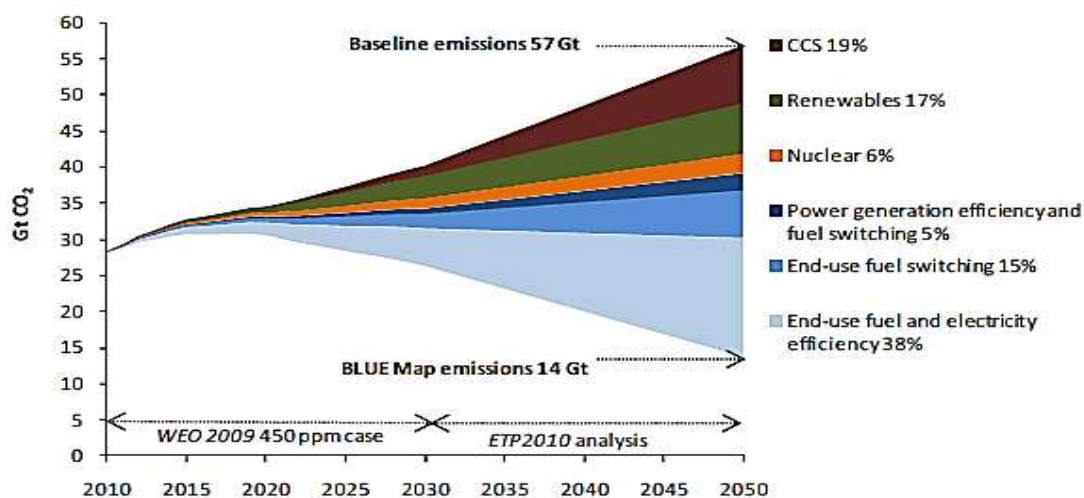


Figura 1: Tecnologias chaves para reduzir as emissões de CO₂.

5. METODOLOGIA

O consumo de energia elétrica em edificações depende de um conjunto de variáveis, tais como:

- Horário de funcionamento,
- Áreas de funcionamento,
- Localização geográfica,
- Materiais de construção,
- Quantidade de equipamentos,
- Quantidade de pessoas,
- Variação de temperatura ambiente y
- Mudança de estação climatológica.

Além disso, as edificações ou prédios encontram-se compostas por diversos equipamentos e/ou sistemas necessários para a realização de serviços (Fig. 2).

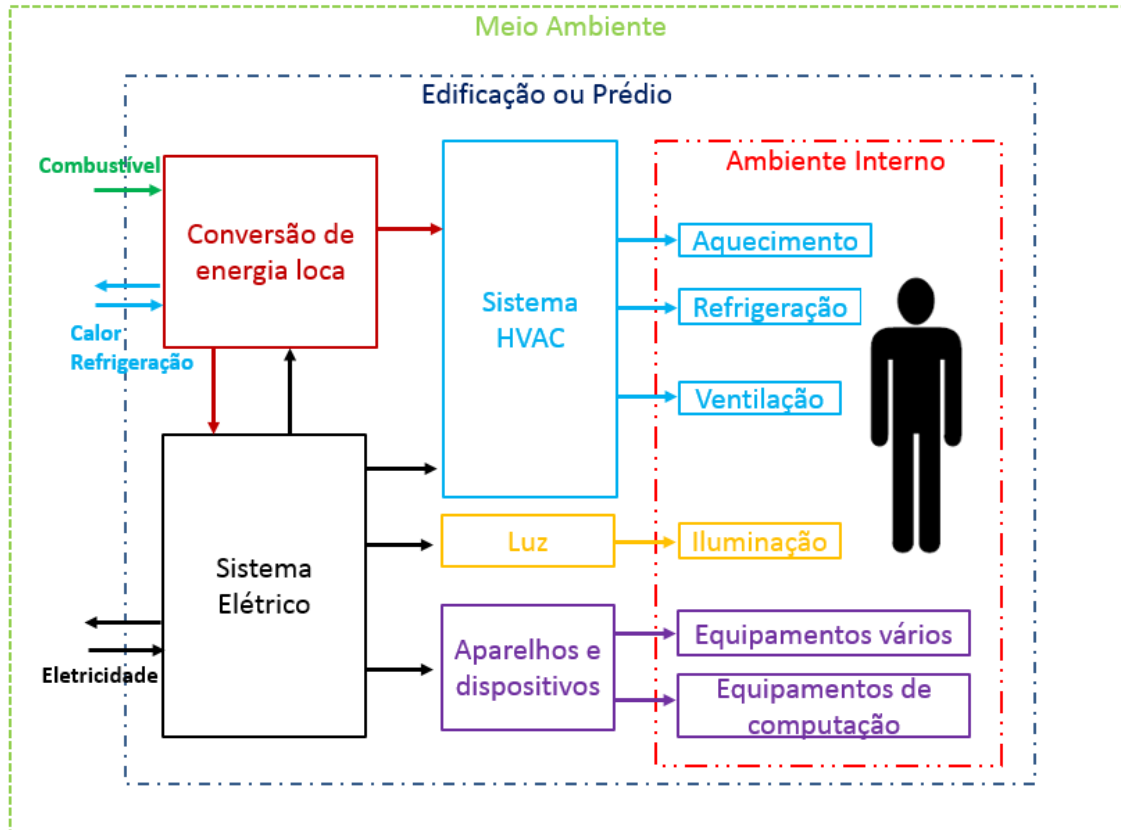


Figura 2: Distribuição do consumo energético em edificações.

Em função de tais fatos a metodologia desenvolvida nesta pesquisa é baseada nos requerimentos fundamentais exigidos pela norma ISO 50001/2011, a qual é uma norma internacional voluntária desenvolvida pela ISO. A ISO 50001/2011 fornece benefícios (tais como redução de custos, diminuição dos impactos ambientais, uso eficiente da energia, etc.) para grandes e pequenas organizações, no setor público e privado, na manufatura e serviços, em todas as regiões do mundo. A ISO 50001/2011 estabelece uma estrutura para que indústrias, instalações comerciais, institucionais e governamentais e organizações inteiras façam a gestão da energia (Dörr *et al.* (2013)).

O MGEN-IES pode-se aplicar a qualquer Instituição de Educação Superior (IES), independentemente do nível de desenvolvimento em gestão energética em que este se encontre, e permite – mediante um processo de melhoria contínua dos hábitos, tecnologias e procedimentos – alcançar tanto o mínimo consumo energético, quanto o mínimo custo de energia possível. O objetivo final é que a instituição alcance uma cultura energética ambiental que se verifique no incremento da competitividade e a redução do impacto ambiental em uma visão de desenvolvimento energético sustentável.

No fluxograma apresentado na Fig. 3 apresenta-se a sequência lógica que se deve percorrer para obter os melhores resultados possíveis por dito MGEN-IES.

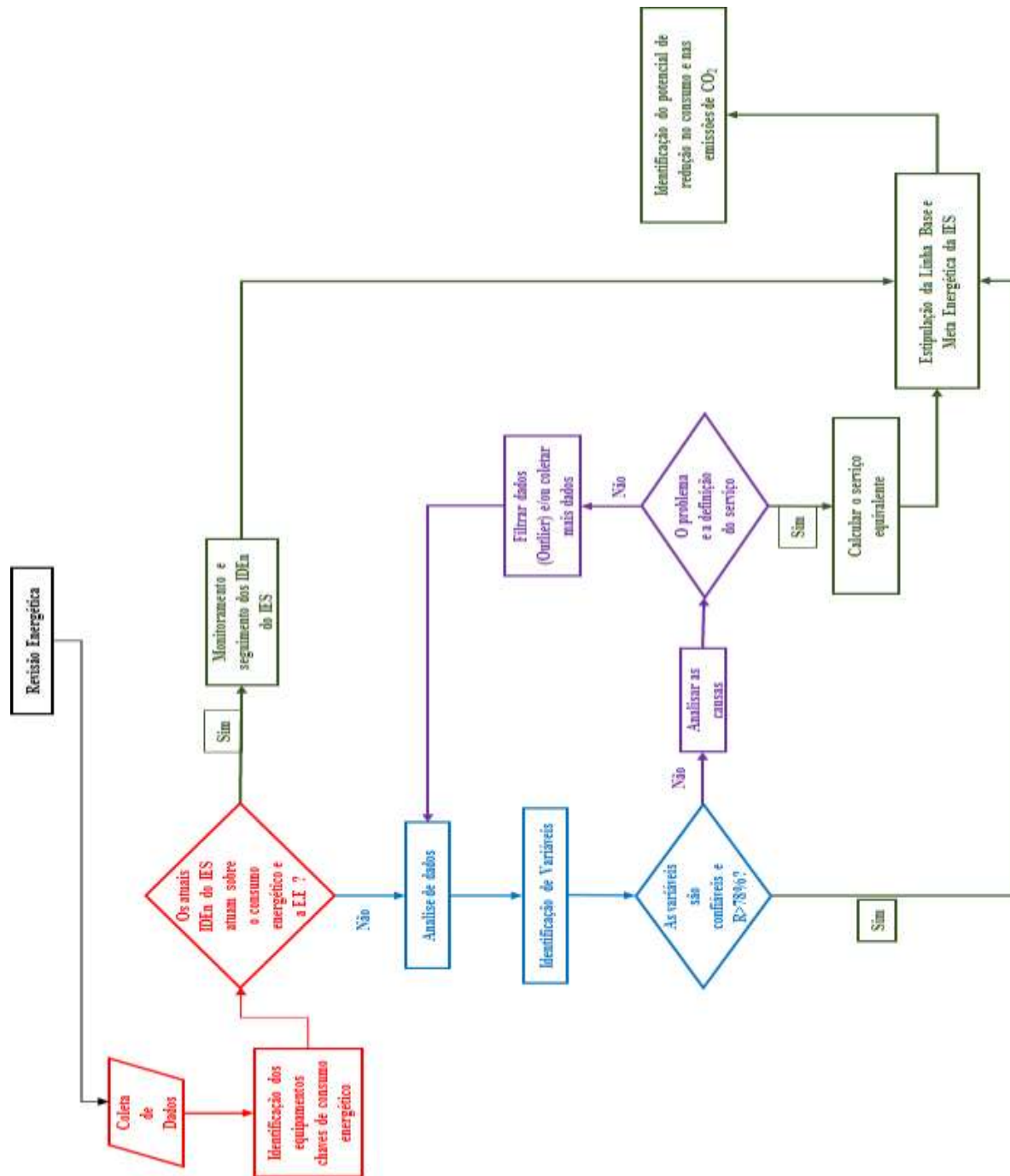


Figura 3: Fluxograma para a análise de consumo energético numa edificação de um IES.

6. RESULTADOS

6.1. Revisão Energética:

A edificação em estudo faz parte do complexo educacional da universidade federal de Itajubá – UNIFEI. Com uma área construída de 4.965,48m², o prédio da biblioteca se encontra composta por dois andares.

Este prédio abriga salas de laboratórios de computação, secretarias, escritórios, auditórios e a sala da biblioteca. Atualmente a primeira planta compreende uma área construída de 2862m² onde se localizam as entradas do prédio. Os diferentes ambientes existentes no prédio foram agrupados de maneira a facilitar as análises sistemáticas da edificação. A edificação foi dividida em vários grupos, classificados pelas letras A-L conforme descrito à continuação:

- **Grupo (A):** Salas de laboratórios, espaços destinados ao trabalho que abriga um alto número de equipamentos de força, como motores, fornos, estufas, e outros equipamentos de laboratórios.
- **Grupo (B):** Salas de Professores são os espaços destinados ao trabalho de professores.
- **Grupo (C):** Salas de Pesquisadores, Espaços destinados para o uso de estudantes de mestrado e doutorando.
- **Grupo (D):** Salas de Aulas são os espaços destinado para desenvolver aulas teóricas.

- **Grupo (E):** Salas de técnico, espaço que contém equipamentos de computação de alta potência.
- **Grupo (F):** Salas de secretaria, espaços destinados ao trabalho de secretarias.
- **Grupo (G):** Escritórios são os espaços destinados ao trabalho do pessoal administrativo.
- **Grupo (H):** Auditórios, espaços destinados para apresentações, seminários, palestras, etc.
- **Grupo (I):** Banheiros.
- **Grupo (J):** Circulação, espaço destinado para o trânsito de pessoas.
- **Grupo (K):** Comum, são os espaços destinados para o serviço do prédio: depósitos, quartos de lixo, cozinha, etc.
- **Grupo (L):** Sala de biblioteca, espaço destinado para o estudo de alunos e arquivos de documentos.

A Fig. 4 mostra a distribuição dos equipamentos por tipo de área. As cargas foram divididas em cinco grandes grupos:

- **Equipamentos de iluminação (E.I).**
- **Equipamentos de laboratórios (E.L):** entende-se como conjunto de equipamentos elétricos e eletrônicos utilizados para o desenvolvimento de pesquisas, aulas e trabalhos.
- **Ar condicionado (A.C).**
- **Equipamentos de computação (P.C)**
- **Equipamentos vários (E.V):** conjunto de dispositivos utilizados em diversas funções, como são os ventiladores, scanner, impressoras, chaleiras, geladeiras e outros.

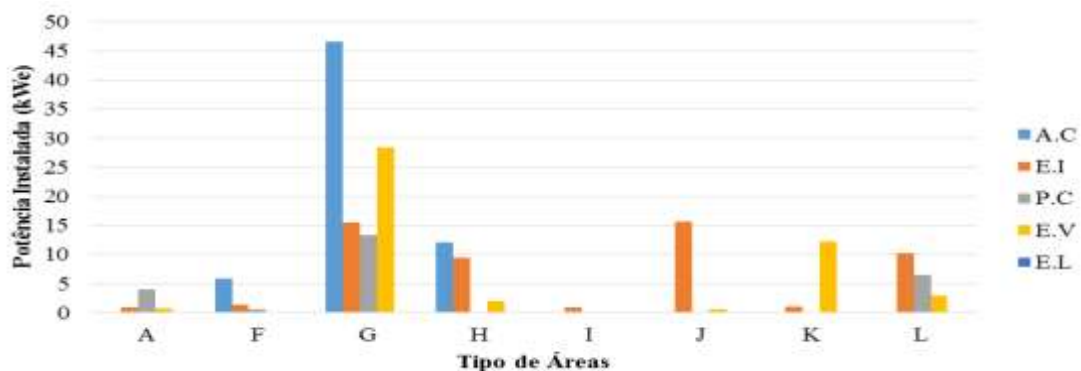


Figura 4: Potência instalada por tipo de equipamento nas diferentes áreas que compõe a edificação.

A potência e/ou carga instalada na edificação foi determinada, por um levantamento de dados de campo de acordo com o tipo de uso final. Os equipamentos que apresentam a maior carga instalada são os A.C, isto é, devido ao elevado número de aparelhos de ar condicionado existentes, com sua potência elétrica variando na faixa de 754 W – 3,5 kW.

6.2. Identificação dos Equipamentos chaves de consumo Energético:

Em base a esses fatos se realiza um diagrama de Pareto, mostrando qual deve ser a ordem hierárquica no qual se devem concentrar os esforços para ter uma redução da carga total do prédio, ou seja, saber qual é o 80/20 dos equipamentos do prédio que maior frequência de ocorrência tem sobre a carga geral do prédio. A Fig.5 mostra que os equipamentos de maior impacto são A.C, E.I e E.V, já que estes representam o 86,37 % do consumo total do prédio.

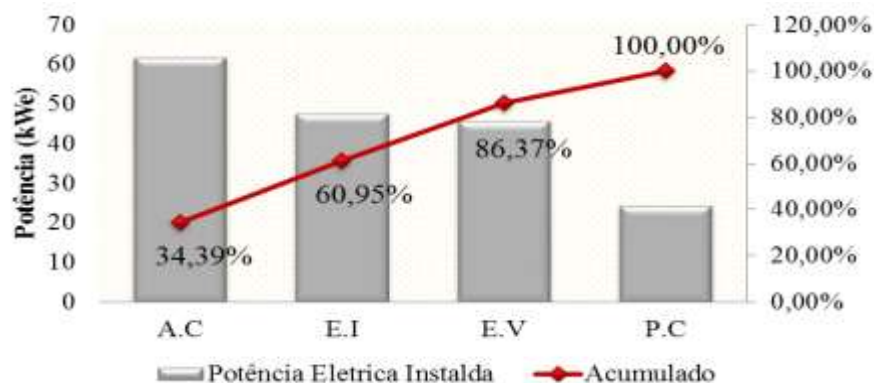


Figura 5: Diagrama de Pareto dos equipamentos de maior frequência de ocorrência no consumo energético no bloco G.

6.3. Identificação de variáveis:

Para definir a linha base precisa-se estabelecer um indicador adequado que incluía variáveis significativas às quais impactem diretamente o consumo elétrico da edificação, assim o objetivo da caracterização energética do prédio da universidade é para criar e/ou validar os indicadores que hoje são utilizados para estabelecer o estado da eficiência energética e a tomada de decisões em consequência de suas mudanças, identificar os potenciais de economia existentes de baixo ou zero investimento (sem mudanças tecnológicas) pela gestão da variabilidade do consumo e pela gestão da operação dos prédios; conhecer a tendência da eficiência energética dos prédios nos últimos meses e assim propor e validar novos indicadores de eficiência energética que permitam refletir os resultados do desempenho da cultura pela eficiência e a redução dos consumos e custos energéticos.

O indicador que se propõe é semelhante aos implementados em edificações hoteleiras (Escobar Palácio 2004) ou hospitalares (Campos and Salas 2013), as quais oferecem um serviço intangível como é a hospedagem e hospitalização, porém seu indicador base são à conta da quantidade de habitações dias ocupadas (**HDO**) no caso dos hotéis e a conta de pacientes dias (**PD**) em hospitais, já que elas levam um seguimento rigoroso por serem estes o produto de seu serviço.

As edificações das instituições de educação superior (**IES**) oferecem um serviço intangível como é a educação e formação superior, neste trabalho se optou em primeira instância pela escolha das áreas utilizadas dias (**AUD**) como o produto equivalente do serviço prestado (2), pelo fato de ter diferentes tipos de áreas às quais tem uma intensidade de utilização diversificada.

$$AUD = \sum_i^n uAL + \sum_i^n uAS \quad (2)$$

Onde:

u= Tempo de horas reais de uso da área (T_{atual}) / Tempo máximo de horas de uso (T_{max}).

AL = Área de aulas e/ou laboratórios (m^2). **AS** = Área de serviço (m^2). **i**= áreas. **n**= total das áreas.

Para determinar em que medida a variação do consumo elétrico deve-se à utilização das áreas de aula-laboratórios e serviço, é construída um gráfico de consumo de energia (C.E) v.s. AUD, na Fig. 6 apresentam-se a equação obtida e seu coeficiente de correlação R^2 para um ajuste linear realizado aos consumos elétricos (CE) e AUD dos prédios, observa-se que o grau de correlação para o prédio G é fraco; a difusão dos dados é atribuída à influência da temperatura ambiente no consumo elétrico por conceitos da climatização, já que isto é independente da utilização do prédio.

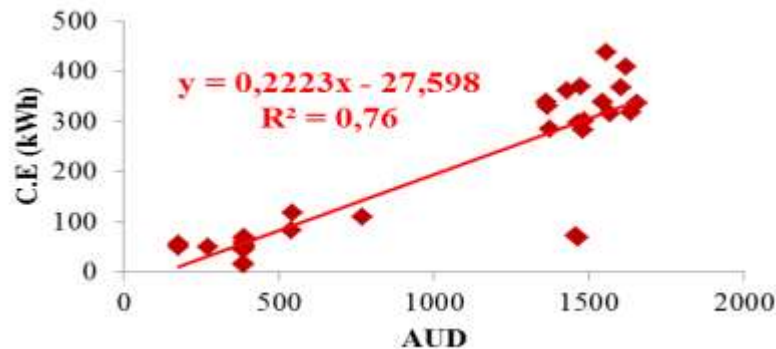


Figura 6: Linha base energética do C.E v.s. AUD.

Ante esta situação se propõe a utilização de dois fatores que permitam uma melhor correlação com o consumo elétrico e a utilização das áreas, considerando o impacto de fatores climáticos, estes são: Fator de Carga (Fc) e Fator de temperatura (Ft).

6.3.1. Fator de Carga (Fc):

Dado que as áreas que compõe o prédio têm diferentes características, dimensões, orientação geográfica e distintos fluxos de calor pelas paredes, as cargas térmicas nas mesmas são diferentes, pelo que se faz necessário à procura de um fator de carga. Este fator não é mais que a carga térmica (externa e interna) horária resultante correspondente a cada tipo de área consumidora dividido entre carga térmica (externa e interna) horário total do prédio (somatória de todas as áreas consumidoras da edificação).

Observa-se na Fig. 7 que o valor de coeficiente de correlação (R^2) não melhora no bloco G. Ainda o coeficiente de correlação não é confiável pelo que resulta necessário afetar as AUD pelo fator de temperatura e carga para aumentar a relação entre os consumos elétricos e as AUD.

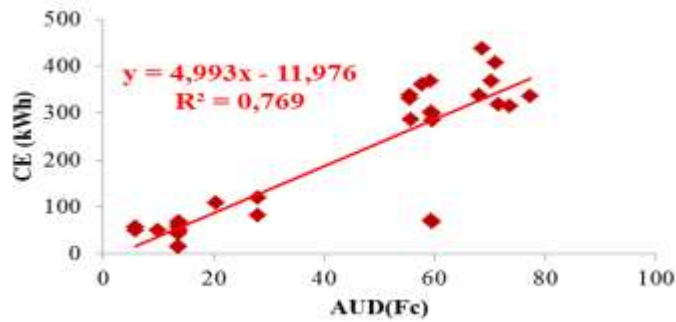


Figura 7: Linha base energética do C.E v.s. AUD (Fc).

6.3.2. Fator de Temperatura (Ft):

Outra possível causa de que o indicador dos prédios não tenha uma correlação forte é não considerar a influência da temperatura ambiente. Para dar solução a este problema procede-se ao cálculo de fator da temperatura.

Calcula-se para cada área, o valor da carga térmica para diferentes temperaturas ambientes. Neste caso toma-se como temperatura máxima, a temperatura máxima média de Itajubá, cujo valor é de 28 °C. Seleccionam-se temperaturas na faixa de 10 a 28 °C. Quanto maior é o número de valores a analisar, maior será a precisão dos cálculos.

Logo se toma como base de referência a carga térmica das áreas à temperatura de 24°C, já que é a média de conforto no interior das áreas e se divide a carga térmica de cada área para as diferentes temperaturas entre a carga térmica desta temperatura (conforto). Desta obtemos um fator inicial de temperatura ambiente (3).

$$Ftl_{i,T} = \frac{QT_T}{QT_{24^{\circ}C}} \quad (3)$$

Onde:

Ftl_{i,T} = Fator de temperatura ambiente inicial para uma área e temperatura determinada.

QT_T = Carga térmica a uma dada temperatura ambiente determinada T.

QT_{24°C} = Carga térmica à temperatura de 24 °C.

i = número de área Áreas.

T= Temperatura ambiente determinada.

Com este fator calcula-se o fator de temperatura média (4), que não é mais que a soma de todos os fatores iniciais de temperatura ambiente, dividido entre o número de áreas consumidores de eletricidade.

$$Ftm = \frac{\sum_i^n Ftl_{i,T}}{n} \quad (4)$$

Onde:

Ftm = Fator de temperatura média para cada valor de temperatura ambiente.

Com o fator de temperatura médio e as temperaturas ambientes analisadas procede-se à elaboração da Fig. 8, onde os valores de temperatura ocupam as abcissas e o fator de temperatura média as ordenadas. Foi obtida a equação da linha de tendência e seu coeficiente de correlação. Obteve-se uma equação de tipo exponencial ($y=ae^{bx}$).

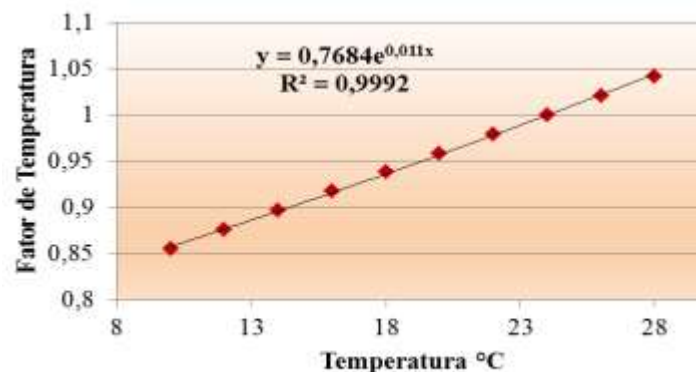


Figura 8: Fator de temperatura média.

Substituindo os valores de temperatura média diários pelos valores médios dos meses de março, abril, maio e junho no bloco G na equação obtida na Fig. 8. Nesta equação épsilon “y” corresponde ao fator de temperatura e “x”, à temperatura média, determina-se o Ft diário que permite determinar a AUD (FcFt).

O resultado da relação entre o consumo de energia elétrica e AUD levando em consideração o fator de carga e de temperatura é apresentado na Fig. 9. A equação final para o cálculo das áreas utilizadas dias equivalente (AUD_{eq}) mostra-se a continuação (5):

$$AUD_{eq} = \sum_i^n uALFcFt + \sum_i^n uASFcFt \rightarrow (\sum_i^n uALFc + \sum_i^n uASFc) Ft \quad (5)$$

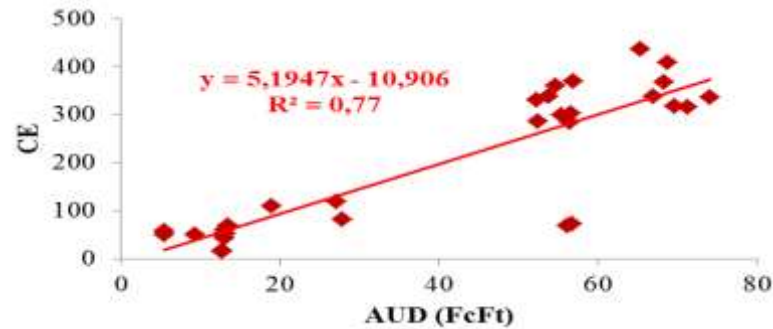


Figura 9: Linha base energética do C.E v.s. AUD (FcFt).

A Fig. 9 mostra que, levando em conta simultaneamente o fator de temperatura e o fator de carga térmica por área, o coeficiente de correlação (R^2) aumenta para 77% no bloco G, mas ainda esta afirmação “não é confiável” não é rigorosa e não tem sustentação apesar de ter em consideração os dois fatores estudados, a correlação entre os consumos elétricos nas áreas e as AUD_{eq} segue sendo baixa.

Faz-se necessário o estudo do comportamento das edificações para os meses de verão, já que os consumos elétricos neles devido aos equipamentos de climatização são dependentes da temperatura ambiente nestes dois períodos de tempo.

6.3.3. Meses de Verão:

Da Figura 10 pode-se observar o forte aumento de correlação entre o consumo elétrico e as AUD_{eq} durante os dias dos meses de março e abril (meses de verão) do ano 2014. Obtém-se (7):

$$E = 4,9611 * AUD_{eq} + 30,931 \quad (7)$$

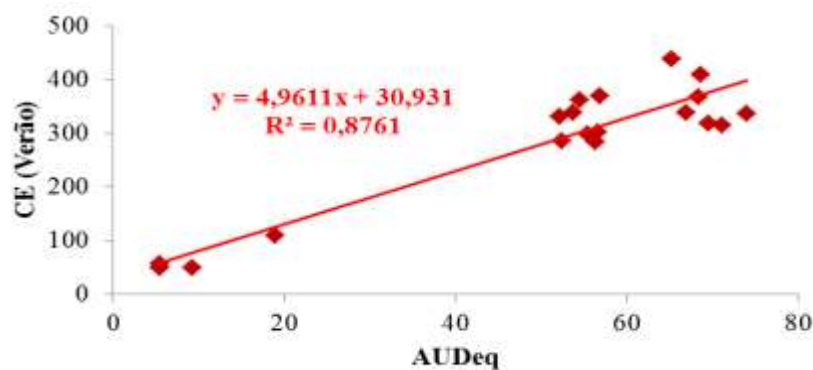


Figura 10: Linha base energética do C.E v.s. AUD (FcFt), meses de verão.

Onde:

E- Consumo de energia no período selecionado (kWh).

AUD_{eq} – Áreas utilizadas dias equivalentes no período selecionado (m²).

4.9611 – Pendente da reta que representa a taxa de variação média do consumo de energia respeito aos AUD_{eq}.

30.931- Intercessão da linha no eixo y, que representa a energia não associada aos AUD_{eq}.

4.9611 *AUD_{eq} – é a energia utilizada nas AUD_{eq}.

A energia não associada aos AUD_{eq} representa o 11,40% da energia consumida no prédio, entre as causas podem-se encontrar a seguintes:

- ✓ Iluminação;

- ✓ Eletricidade consumida nas áreas comuns do prédio;
- ✓ Eletricidade consumida nas áreas de circulação;
- ✓ Energia consumida em serviços de manutenção.

O nível de correlação obtido entre CE e as AUD_{eq} permite estabelecer um índice confiável para o bloco durante o mês de março, já que seu coeficiente de correlação é de 87,61 %.

6.4. Linha Meta:

Baseando-se nos itens anteriores, onde se definiu a linha base do prédio G para os dias de verão, se constrói a linha meta (L.M), a qual se encontra composta pelos pontos embaixo da linha base (L.B), já que estes correspondem aos comportamentos mais eficiente do prédio.

Na Fig. 11 observam-se as duas linhas de tendência (linha base – linha superior e meta – linha inferior) – sendo que os coeficientes de correlação da linha base é 0,87 e da linha meta é de 0,97 – as quais tem diferente quantidade de energia não associada ao serviço (E_0), a diferença entre a E_0 da linha base e da linha meta, nos dá o valor da quantidade de energia que se pode economizar, a qual é de 16,36 kWh/dia para os dias de verão.

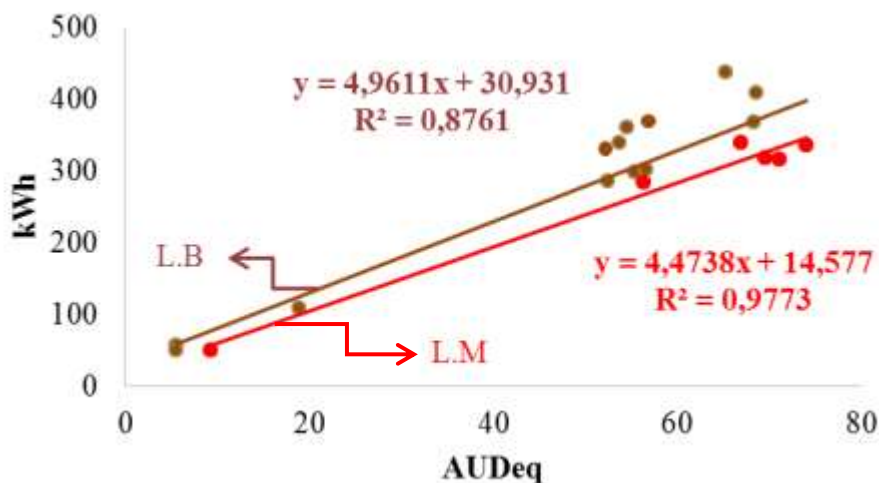


Figura 11: Linhas metas do C.E v.s. AUDeq dos meses de inverno e verão.

6.5. Ações de Eficiência Energética:

Depois de identificar e localizar onde estão os desperdícios energéticos (apresentados no item 6.2) no caso de estudo, se estabeleceram as seguintes ações (medidas focalizadas à conscientização do uso racional da energia ou para alterar o modelo de funcionamento dos aparelhos) de EE por tipo de equipamento:

- a. **A.C:** manter as portas e janelas fechadas, limitar a utilização do aparelho somente nas dependências ocupadas, manter desobstruídas as grelhas de circulação de ar, manter livre a entrada de ar do condensador, verificação do termostato e no inverno ou dias frios desligar o equipamento.
- b. **E.I:** aproveitamento da luz solar, desligar luzes de dependências em quanto não estiver em uso, redução e manter limpas as lâmpadas e luminárias.
- c. **E.V:** Desligar todos os equipamentos de E.V ao finalizar as atividades, configurar o modo de energia dos equipamentos e manter acionados os programas de redução de energia.

6.6. Impacto Ambiental:

Todos os distintos e multiplex atividades diárias produzidas nos institutos de educação superior produzem emissões de dióxido de carbono, que promovem o efeito de estufa e como é bem sabido as alterações climáticas são um tema prioritário no mundo para o século XXI. Por isto foi criado o *Carbon Footprint* (Termo inglês) ou Pegada de carbono, a qual mede o total das emissões de gases de efeito estufa causados diretamente e indiretamente por um indivíduo, organização, evento ou produto. Em termos gerais é nossa pegada ambiental no mundo.

Em função dos cálculos de consumo elétrico feitos na seção anterior procede-se a fazer o cálculo da pegada de CO_2 produzida pela UNIFEI, além de calcular o que se deixaria de emitir se se obtivessem os ganhos no consumo energético. A equação (8) (Hong, Koo, and Jeong 2012) foi a implementada para o cálculo do fator de emissões de CO_2 .

$$\text{Emissões de } CO_2 = \text{MWh (consumido)} * \text{Fator de emissões pela geração de energia elétrica} \quad (8)$$

Para fazer estes cálculos tomou-se por base um fator médio de emissões no Brasil, correspondente ao ano 2014 de 0,13 tCO₂/MWh segundo os dados apresentados em (MCTI 2014) e o consumo gerado pelo prédio G no ano 2014. Em função da informação fornecida estima-se a redução que se poderia obter na UNIFEI, a qual estaria em torno de 152,2 tCO₂ e a redução que se poderiam obter com o bloco analisado seria em torno de 0,254 tCO₂ ao ano.

7. CONCLUSÕES

A pesquisa apresenta uma metodologia com um enfoque sistemático a qual facilita a tomada de decisões no gerenciamento no consumo de energia em uma edificação, já que se pode identificar os equipamentos de maior frequência de ocorrência, além de estimar e quantificar as reduções que se poderiam obter neste tipo de edificações.

Note-se que este modelo não é baseado em um indicador absoluto de consumo de energia (como é geralmente utilizado), mas se baseia em uma linha base de desempenho que se estabelece para condições similares do tempo, dos fatores climáticos, do tipo de instalação, etc. estes ficam implícitos na equação (**AUDEq**). Caso existam condições completamente diferentes em vários períodos do ano que não possam ser modelados em uma equação, é possível estabelecer tantas linhas bases sejam necessárias.

Os resultados apresentados mostram que para o caso de estudo, existe um potencial de redução do consumo energético nos dias de verão entorno de:

- a. 16,36 kWh/dia, ou seja, 490,8 kWh/mês (Meses de verão).

Isto quer dizer que se poderia obter reduções no consumo energético anual entorno de 1,96 MWh, ou seja, se deixaria de emitir 0,25 tCO₂ ao ano.

8. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo e Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG, através do projeto *APQ 2306-12*, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – CAPES.

9. REFERÊNCIAS

- ABNT. 2012. “Iso 50001.” Sao Paulo: ABNT. http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf.
- Attalla, Mohamed. 2014. “Energy Management Plan.” Hamilton. http://www.orillia.ca/en/insidacityhall/resources/Facilities_and_Special_Projects/Energy_Management_Plan.pdf.
- Campos, Juan, and Adriana Palencia Salas. 2013. *Guía de Implementación de Un Sistema de Gestión de La Energia Basada En La Iso 5000*. Edited by Universidad del Atlantico and Colciencias. 1st ed. Barranquilla.
- Cheilari, Anna, Jordi Guillen, Dimitrios Damalas, and Thomas Barbas. 2013. “Effects of the Fuel Price Crisis on the Energy Efficiency and the Economic Performance of the European Union Fishing Fleets.” *Marine Policy* 40 (June 2011). Elsevier: 18–24. doi:10.1016/j.marpol.2012.12.006.
- Cristina, Ana. 2012. “Políticas Para a Promoção Da Eficiência Energética Na Indústria Portuguesa.” Universidade Nova de Lisboa. http://run.unl.pt/bitstream/10362/8431/1/Brazao_2012.pdf.
- Dörr, Marcus, Sylvia Wahren, and Thomas Bauernhansl. 2013. “Methodology for Energy Efficiency on Process Level.” *CIRP* 7 (January). Elsevier B.V.: 652–57. doi:10.1016/j.procir.2013.06.048.
- Drumond, Marcia, and Rodrigo Octavio. 2005. “Metodologia Para Gestao Energetica Em Predios Publicos.” *CIER*. Maceió, 10. http://cdeam.ufam.edu.br/attachments/article/107/gestao_ener.pdf.
- Empresa de Pesquisa Energetica EPE. 2014. “Balanço Energético Nacional.” Brasília. https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf.
- Escobar Palacio, José Carlos. 2004. “Análisis Estacional Del Comportamiento Energetico Del Hotel ‘Jagua.’” Universidad de Cienfuegos.
- Goldemberg, José, and Luiz Tadeo Siqueira Prado. 2013. “The Decline of Sectorial Components of the World’s Energy Intensity.” *Energy Policy* 54 (March): 62–65. doi:10.1016/j.enpol.2012.11.023.
- Hong, Taehoon, Choongwan Koo, and Kwangbok Jeong. 2012. “A Decision Support Model for Reducing Electric Energy Consumption in Elementary School Facilities.” *Applied Energy* 95 (July). Elsevier Ltd: 253–66. doi:10.1016/j.apenergy.2012.02.052.
- International Energy Agency, IEA. 2010. “World Energy Outlook 2010.” <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>.
- MCTI. 2014. “Fatores de Emissão de CO₂ Pela Geração de Energia Elétrica No Sistema Interligado Nacional Do Brasil.” <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764.html>.
- Ministerio de Minas e Energias. 2014. “Consumo de Energia No Brasil Análises Setoriais.” Rio de Janeiro.
- Oliveira, Lilian Silva D E. 2006. “GESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DA UnB.” Univesidade de Brasilia. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/2349>.
- Pacheco, R., J. Ordóñez, and G. Martínez. 2012. “Energy Efficient Design of Building: A Review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (6): 3559–73. doi:10.1016/j.rser.2012.03.045.
- Patterson, Murray G. 1996. “What Is Energy Efficiency ? Concepts , Indicators and Methodological Issues.” *Energy*

Policy 24 (5): 377–90.

Pena, Antonio Carretero, and Juan Manuel García. 2012. *Gestión de La Eficiencia Energética: Cálculo Del Consumo, Indicadores Y Mejora*. Edited by AENOR. AENOR. España.

<http://www.aenor.es/aenor/normas/ediciones/fichae.asp?codigo=9451#.VM9lyWjF8QM>.

Serna Silva, Milthon, and Cristiano Santos Carvalho. 2011. “Eficiência Energetica Na Gestao Da Conta de Energia Eletrica Da Universidade Federal de Sergipe.” Sao Cristovao: II Congresso Internacional IGLU.

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/29185/5.49.pdf?sequence=1>.

Wilfrid Laurier University. 2009. “ENERGY MANAGEMENT PLAN PREPARED.” Waterloo, Ontario.

http://legacy.wlu.ca/documents/45363/Final_Energy_Management_Plan.pdf.

Wongtharua, Praphon, Manaswee Hakeme, and Ittipol Intamat. 2005. *Total Energy Managment Handbook*. 1st ed. Thailand. <https://www.eccj.or.jp/cooperation/1-1-1/01.pdf>.

10. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

Energy Management in Buildings University: Library case tudy of Federal University of Itajubá - UNIFEI

Eric Alberto Ocampo Batlle, ericocampo1989@gmail.com¹

José Carlos Escobar Palácio, jocesobar@gmail.com¹

Electo Silva Lora, silva.electo52@gmail.com¹

¹Federal University of Itajubá, Av.BPS, 1303 – Pinheirinho, Itajubá – MG, 37500-903.

Abstract. At present there is a rapid increase in consumption and energy costs, scarcity of fossil fuels and a major environmental impact generated by high dependence on non-renewable resources, which have been converted into the first cause of the energy crisis today. For such acts in the energy context it faces three main straight: the competitiveness directly related to the decrease in energy intensity (uncoupling of the increase in energy consumption with economic development), the climate change and security of Deputy Minister. In any of the solutions studied in the world, to address these challenges is the optimization of demand, by saving and energy efficiency (EE), as are immediate and cost-effective alternatives to meet these straight and decisively contribute to the optimal use a scarce and expensive energy. Only by EE can reduce consumption while maintaining the same services and benefits without affecting our quality of life, but the success of this energy consumption reduction tool and emissions requires a systematic approach. Thus, energy management systems help to successfully reduce the energy consumption and carbon dioxide emissions. The purpose of this work is to develop a reasoned energy management model in the ISO 50001 standard, allowing manage permanently the use of energy in buildings of federal universities. In this model we propose an energy review of the case study, so as to establish and identify an energy baseline, energy indicators, objectives, targets and action plans, in order to recognize the energy saving potential for the medium term it can be reached. The results were obtained through library study (BIM) of the University campus UNIFEI (Itajubá office).

Keywords: Energy, ISO 50001, Environment.