

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUIUTABA  
CAMPUS ASSOCIADO À UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENSINO E PESQUISA DE ITUIUTABA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA.

MAURO TOMAZ DE FREITAS FILHO

**ANALIZANDO O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA  
EDIFICAÇÕES COMERCIAIS USANDO O SOFTWARE S3E.**

ITUIUTABA-MG

2012

MAURO TOMAZ DE FREITAS FILHO

**ANALIZANDO O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA  
EDIFICAÇÕES COMERCIAIS USANDO O SOFTWARE S3E.**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC submetido ao Curso de Engenharia Elétrica da UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, campus Ituiutaba como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Walteno Martins Parreira Jr

ITUIUTABA-MG

2012

MAURO TOMAZ DE FREITAS FILHO

**ANALIZANDO O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA  
EDIFICAÇÕES COMERCIAIS USANDO O SOFTWARE S3E.**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC submetido ao Curso de Engenharia Elétrica da UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, campus Ituiutaba como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Walteno Martins Parreira Jr

Banca Examinadora:

---

Prof. Me. Walteno Martins Parreira Jr (Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Msc. Daniela Freitas Borges

---

Prof. Msc. Paulo Cesar Peixoto

Ituiutaba, 13 de Dezembro de 2012.

ITUIUTABA-MG

2012

Este trabalho é dedicado a

meu pai, Mauro Tomaz de Freitas,  
minha mãe, Norma Ferreira de Queiroz.

## **AGRADECIMENTOS**

Os meus agradecimentos vão para os meus pais, que me deram a oportunidade para alcançar esta conquista tão almejada, a primeira de muitas, aos meus familiares que me apoiaram quando necessitei, a minha namorada que me ajudou quando mais necessitei e aos meus amigos que me acompanharam durante essa fase, e a Deus por estar sempre comigo.

## RESUMO

O consumo de energia é necessário para todas as atividades, sejam elas residenciais, comerciais ou industriais, e o consumo de energia tem a cada dia aumentado, baseado nisso, o governo federal aprovou a Lei nº 10.295/01, lei esta que contribui para que as edificações brasileiras tornem-se energeticamente mais eficientes, mais confortáveis e mais sustentáveis. Objetivou-se a através da pesquisa realizada fazer um comparativo entre dois arranjos possíveis, entre sistemas de ar condicionado e iluminação, em uma planta comercial a fim de obter a melhor eficiência energética possível, a partir de um modelo mais empregado na vida real com eficiência energética mais baixa, obtém se o percentual que poderia ser economizado em energia elétrica mudando de um arranjo menos eficiente para um mais eficiente. Para atingir o objetivo proposto foram realizadas pesquisas bibliográficas e pesquisa de campo, em que se utilizou da planta arquitetônica do Supermercado Bretas, a ser edificado na cidade de Ituiutaba-MG, planta esta cedida pela Secretária Municipal de Obras da cidade – Prefeitura Municipal de Ituiutaba-MG, onde se analisou arranjos possíveis entre sistemas de ar condicionado e iluminação. Os resultados foram obtidos através de simulações, por meio de software de simulação online da Universidade Federal de Santa Catarina, “s3e”, hospedado no sitio [www.s3e.ufsc.br](http://www.s3e.ufsc.br), onde se pode chegar à conclusão de que a etiquetagem de edifícios comerciais é um procedimento de incentivo para a redução do consumo energético no país, além de agregar valor comercial para os novos empreendimentos que se mostrarem realmente eficientes energeticamente, criando assim um novo nicho de mercado.

**Palavras-Chave:** Energia; Edificações; Etiquetagem; Consumo Energético.

## ABSTRACT

The power consumption is required for all activities, be they residential, commercial or industrial and power consumption is increased every day, Based on this, the federal government passed the law nº 10.295/01, this law that contributes to the Brazilian buildings become more energy efficient, more comfortable and more sustainable. The objective of the research done by making a comparison between two possible arrangements, between air conditioning systems and lighting, in a commercial plant to achieve the best possible efficiency energetic, from a model used in real life more energy efficient lower get the percentage that could be saved in electricity changing an arrangement less efficient to a more efficient. To reach that objective were conducted literature searches and field research, which used the blueprint of the Supermarket Bretas, being built in the city of Ituiutaba-MG, this plant courtesy of the Municipal Department of City Works - City Hall of Ituiutaba - MG, analyzed where possible arrangements between air conditioning systems and lighting. The results were obtained through simulations, through simulation software online at the Federal University of Santa Catarina, "s3e", hosted at the website [www.s3e.ufsc.br](http://www.s3e.ufsc.br), where one can reach the conclusion that the labeling of commercial buildings is a procedure incentive to reduce energy consumption in the country, besides adding commercial value to new ventures that prove really energy efficient, thus creating a new market niche.

**Keywords:** Energy; Buildings; Labeling; Energy Consumption.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Balanço Nacional Energético / Fonte: Ministério de Minas e Energia (2011) .....	19
Figura 2 - Página Principal do Software S3E .....	31
Figura 3 - Escolha geométrica da edificação .....	32
Figura 4 - Quantificação da abertura da fachada .....	33
Figura 5 - Parte da iluminação .....	34
Figura 6 - Escolha do sistema de Condicionamento de ar .....	35
Figura 7 - Sistema Fancoil-Chiller/Fonte: SAC (2010).....	38
Figura 8 - Etiqueta obtida pela 1ª Simulação .....	42
Figura 9 - Sistema VRF/Fonte: Wikipedia (2012).....	43
Figura 10 - Etiqueta obtida pela 2ª Simulação .....	47

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Dados da Simulação para a Envoltória.....	38
Quadro 2 - Sistema de Condicionamento de Ar.....	39
Quadro 3 - Consumo Energético .....	40
Quadro 4 - Consumo Energético da Edificação Real .....	41
Quadro 5 - Dados da Simulação para a Envoltória.....	44
Quadro 6 - Sistema de Condicionamento de Ar.....	44
Quadro 7 - Consumo Energético .....	45
Quadro 8 - Consumo Energético da Edificação Real .....	46

## **Lista de Siglas e Abreviaturas**

**ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica

**CCEE** – Câmara Comercializadora de Energia Elétrica

**ENCE** – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

**EPE** – Empresa de Pesquisa Energética

**INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

**PBE** – Programa Brasileiro de Etiquetagem

**PIB** – Produto Interno Bruto

**PROCEL** – Programa Nacional de Conservação de Energia

**RAC-C** – Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

**RTQ-C** – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

**VRF** – Volume de refrigeração variável

# Sumário

1 - INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Identificação do Problema .....	12
1.2 Objetivo .....	13
1.3 Justificativa do Trabalho .....	13
1.4 Organização do Trabalho .....	14
1.5 Metodologia .....	14
2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Breve Histórico da Energia.....	16
2.2 Matriz Energética Brasileira .....	17
2.3 Eficiência Energética.....	20
2.4 Consumo de Energia.....	21
2.5 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em Edificações.....	22
2.6 Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). .....	24
3 - MATERIAL E MÉTODO.....	27
3.1 Dados Técnicos da Planta de Projeto Arquitetônico do “Bretas” .....	27
3.2 O Software s3e.....	31
3.3 Coleta de Dados .....	35
4 - RESULTADOS.....	37
4.1 Primeira Simulação .....	37
4.1.1 Descrição do Fancoil/Chiller .....	37
4.1.2 Resultados da Primeira Simulação.....	38
4.2 Segunda Simulação .....	42
4.2.1 Descrição do Split vfv. ....	43
4.2.2 Resultados da Segunda Simulação.....	44
4.3 Comparação entre os Resultados das Simulações .....	47
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
REFERÊNCIAS .....	51

## 1 - INTRODUÇÃO

A energia elétrica provém de várias fontes como a água, gás natural, carvão, petróleo, vento e até mesmo a luz do sol.

A cada dia é possível observar a necessidade que o ser humano tem de utilizar energia elétrica, seja para uso doméstico, para produção industrial ou para o desenvolvimento e crescimento tecnológico. Observa-se, pois, que o consumo de energia é necessário para todas as atividades, sejam elas: residenciais, comerciais ou industriais.

Busca-se através do estudo e pesquisa demonstrar a importância da etiquetagem das edificações, visando proporcionar o uso racional de recursos de acordo com a legislação nacional, embora não seja obrigatória, a etiquetagem desses edifícios atenderá consumidores cada vez mais exigentes e ao mesmo tempo se tornará um diferencial competitivo para as construtoras. Outra vertente que se abre é o incentivo financeiro oferecido pelo governo para construção desses empreendimentos.

Isto se faz necessário tendo em vista que durante muito tempo a sociedade utilizou as fontes de energia de uma forma ineficiente, esgotando em grande parte os recursos naturais. Atualmente, com um novo pensamento, programas de conscientização procuram incentivar a participação de cada pessoa e também empresas no processo de economia de energia e preservação dos recursos naturais.

### 1.1 Identificação do Problema

Face a este cenário, este trabalho buscou resposta ao seguinte problema: Como e quais medidas o Brasil deveria tomar a partir da crise de abastecimento de energia de 2001, em relação ao consumo de energia? Tendo essa pergunta como uma indagação, o governo brasileiro promulgou a Lei nº 10.295 em 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, essa lei estabelece que níveis mínimos de eficiência energética devam ser definidos segundo uma regulamentação específica. Entre estas iniciativas, em julho de 2009, o Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO)

através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) publicou os Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

O objetivo desta etiqueta é estimular a construção de edificações eficientes do ponto de vista de consumo de energia, os edifícios receberão classificação variando de nível A (mais eficiente) até nível E (menos eficiente) contidos na ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) do INMETRO, esta classificação é aplicada para avaliar os sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar nos novos empreendimentos de edificações comerciais, de serviços e públicas.

A etiquetagem do edifício é voluntária e aplicável a edifícios com área útil superior a 500 m<sup>2</sup> ou atendidos por alta tensão (grupo tarifário A).

## 1.2 Objetivo

O estudo tem por objetivo fazer um comparativo entre dois arranjos possíveis, de sistemas de ar condicionado e iluminação, em uma planta comercial a fim de obter a melhor eficiência energética possível. A partir de um modelo mais empregado na vida real com eficiência energética mais baixa obtém-se o percentual que poderia ser economizado em energia elétrica, mudando de um arranjo menos eficiente para um mais eficiente.

## 1.3 Justificativa do Trabalho

Justifica-se a pesquisa, tendo em vista analisar a importância da utilização e implementação de um projeto em edificações de grande porte, utilizando de equipamentos adequados para cada situação e um consumo consciente, para que haja uma considerável economia de energia elétrica.

Esse tema foi escolhido devido à grande importância que a eficiência energética representa para a economia de um país. Além de ser um assunto que faz parte do cotidiano de todas as pessoas, eficiência significa fazer o máximo com o mínimo de recurso disponível, quando dispomos de equipamentos e empreendimentos eficientes no ponto de vista energético atrelado a um consumo

consciente estamos poupando recursos, recursos esses que demandam muitos investimentos para sua geração.

#### 1.4 Organização do Trabalho

O trabalho organizou-se em quatro capítulos, a saber:

No primeiro capítulo contextualizou-se o trabalho através da introdução e dos objetivos do estudo desenvolvido.

No segundo capítulo tratou-se a respeito da fundamentação teórica utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, tendo como apoio o referencial bibliográfico, onde são abordados os assuntos relacionados ao tema.

No terceiro capítulo apresentou-se o caso prático, onde se utilizou de um software de simulação online da Universidade Federal de Santa Catarina denominado “s3e”, hospedado no sitio: [www.s3e.ufsc.br](http://www.s3e.ufsc.br).

A planta arquitetônica utilizada na simulação foi a planta do supermercado “Bretas”, uma das principais redes supermercadistas, que está instalando uma de suas lojas em Ituiutaba-MG, sendo utilizada a planta da construção, disponibilizada junto a Secretaria Municipal de Obras da cidade, para realização do estudo.

Para que o programa possa realizar as simulações é preciso parametrizá-lo, inserindo os dados da planta, tais como: orientação solar, aberturas da fachada, dimensões da planta, ângulos de sombreamento, tipo de condicionamento de ar utilizado, iluminação utilizada. Ao final da simulação é atribuída uma etiqueta que pode variar de A (mais eficiente) ate E (menos eficiente).

#### 1.5 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica que forneceu o conhecimento necessário quanto à geração de energia elétrica e a possibilidade de redução do consumo energético em edificações de grande porte agregando valor comercial para os novos empreendimentos que se mostrem realmente eficiente energeticamente.

Além disso, utilizou-se de pesquisa de campo exploratória, onde observou-se a importância de uma boa escolha do arranjo iluminação mais ar condicionado de uma empresa, utilizando como exemplo a planta do edifício do Supermercado

Bretas, da cidade de Ituiutaba, tendo em vista a economia energética, criando assim um novo nicho de mercado.

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Breve Histórico da Energia

Desde que o homem pré-histórico descobriu o fogo e a sua utilidade, a espécie humana não parou mais de progredir.

Com a descoberta do homem pré-histórico de como fazer fogo, com o atrito de pedras e madeiras, onde as fagulhas incendiavam a palha seca, começou então o domínio do homem sobre a produção de energia em seu benefício, como cozer os alimentos, aquecer as noites frias, iluminar e afastar os animais e outros grupos de inimigos. Mais tarde ele usaria o fogo para fundir os minerais e forjar as armas e ferramentas de trabalho, assim como utilizar o fogo para dar resistência às peças cerâmicas que produziam (SETTI et al., 2001, p. 26).

Diante a evolução do homem, este aprendeu a dominar outras formas de energia, como a da tração animal, usada no transporte de objetos e pessoas e depois a energia dos ventos, que possibilitaram navegações em alto mar, além do desenvolvimento dos moinhos de vento que abriram outras possibilidades de produção.

Outro fato histórico importante foi a invenção da máquina à vapor. Através deste invento o homem definitivamente adquiriu o poder de produzir energia e novas possibilidades de utilização foram adquiridas e isto resultou em grande progresso, determinando o início de uma nova época denominada revolução industrial.

Já no século XIX ocorreu o desenvolvimento de tecnologia para a utilização de novas fontes de energia, representadas pelo uso de petróleo e da eletricidade que deram um novo impulso ao desenvolvimento.

De acordo com dados da EDUCAREDE:

Durante o século XIX, os seres humanos aprenderam a utilizar uma outra forma de energia: a eletricidade. Em 1880, a primeira lâmpada industrializável foi produzida e, dois anos depois se projetou a primeira usina produtora de energia elétrica. O motor elétrico e os motores que usam a energia de combustão foram desenvolvidos nessa época. O trem elétrico surge em 1879 [...] (2003, p. 2).

A partir daí, a humanidade começou a se aprofundar na área da tecnologia com as invenções e inovações das duas dos maiores mestres brilhantes na área de

engenharia elétrica, Thomas Alva Edison, inventor da lâmpada e pai da corrente contínua e de Nikola Tesla, o pai da corrente alternada.

A partir de suas descobertas a humanidade começou a caminhar a passos largos rumo ao desenvolvimento tecnológico e industrial.

A energia pode assumir diferentes formas: elétrica, química, nuclear, térmica, luminosa, cinética. Quando ocorrem fenômenos no universo, seja a fissão de um núcleo atômico, a emissão de luz por uma estrela, a queda de uma pedra na gravidade terrestre ou o funcionamento de um motor de carro, alguma transformação de energia também acontece (EDUCAREDE, 2003).

Quanto à história da energia elétrica comercial no Brasil, observa-se que esta remonta o final do século XIX com a construção das primeiras usinas hidrelétricas e os primeiros trechos de iluminação pública.

## 2.2 Matriz Energética Brasileira

Importante também se faz descrever sobre a matriz energética brasileira para fins de enfatizar todas as formas de geração de energia utilizadas em nosso país, a quantidade de empreendimentos e a contribuição de cada área na matriz.

Observa-se que atualmente o uso eficiente de energia elétrica é uma das grandes questões com implicações nas áreas social e ambiental. E como o consumo de energia a cada dia tende a crescer proporcionalmente ao Produto Interno Bruto (PIB), todo o país que se dispõe ao desenvolvimento deve fazê-lo de forma eficiente e sustentável.

Pela sua própria condição hidrográfica, o país optou pela utilização de energia hidroelétrica como sua principal fonte de produção.

As informações sobre a matriz energética brasileira obtida pelo *site* da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) mostram que esta se destaca da matriz mundial pela presença de energia proveniente de fontes renováveis. De acordo com a ANEEL:

[...] a participação das energias renováveis representa 46% de toda a matriz energética nacional, em contraste com a média de 13% da matriz mundial. Ao mesmo tempo em que o Brasil se torna menos dependente dos combustíveis fósseis, o país se descobre auto suficiente em petróleo, o que reduz consideravelmente os efeitos ocasionados pelas flutuações internacionais no preço do petróleo (2002).

Pode-se dizer que o Brasil possui certo equilíbrio na sua matriz energética, tendo em vista que aproveita bem os seus recursos hídricos, uma fonte renovável e de baixíssima produção de poluentes, além de investir no desenvolvimento de fontes não convencionais tais como a biomassa e a energia eólica.

A proporção de energia renovável na matriz energética brasileira no ano de 2010 manteve-se alta, atingindo 45,4%. Em 2010 o total de energia consumida no país atingiu 270,8 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), significando um aumento de 11,0% em relação a 2009.

Houve crescimento de todas as fontes de energia no período 2009-2010, com destaque para o gás natural, cuja oferta interna aumentou 30,4% em razão de aumentos expressivos na produção e na importação (respectivamente 8,5% e 48,0%), além da redução de 31,3% nas queimas e perdas.

Destaca-se, a Figura 1 que mostra o Balanço Nacional energético em 2011.

## Oferta Interna de Energia

	2010	2009
<b>Energia Não Renovável</b>	<b>54,6%</b>	<b>52,7%</b>
Petróleo e Derivados	38,0%	37,8%
Gás Natural	10,2%	8,7%
Carvão Mineral e Derivados	5,1%	4,7%
Urânio (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) e Derivados	1,4%	1,4%
<b>Energia Renovável</b>	<b>45,4%</b>	<b>47,3%</b>
Energia Hidráulica e Eletricidade	14,2%	15,2%
Lenha e Carvão Vegetal	9,6%	10,1%
Produtos da Cana-de-açúcar	17,7%	18,2%
Outras Renováveis	3,9%	3,8%

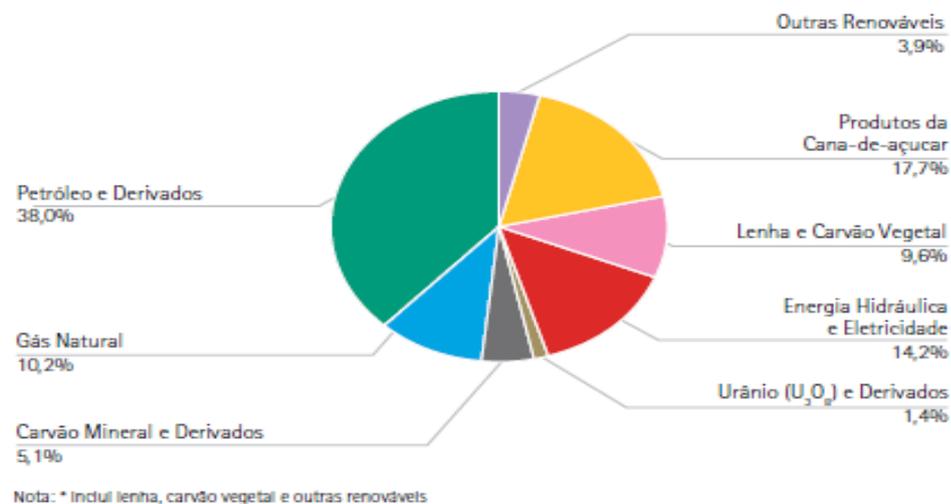


Figura 1 - Balanço Nacional Energético / Fonte: Ministério de Minas e Energia (2011)

Além disso, importante se faz mencionar que no ano de 2009, as construções de médio e grande porte no Brasil passaram a ter sua eficiência energética analisada pelo PROCEL em caráter voluntário. A análise faz parte do Programa Nacional de Conservação e Eficiência Energética em Edificações, que visa promover a economia e o uso racional da energia elétrica nas edificações brasileiras e, futuramente, criar um selo de eficiência, como o que já existe para os eletrodomésticos, aspectos estes que serão demonstrados mais adiante na pesquisa de campo elaborada.

### 2.3 Eficiência Energética

A eficiência energética é uma atividade que procura otimizar o uso de fontes de energia, ou seja, é a utilização racional de energia promovendo a mesma quantidade de valor energético.

O conceito de eficiência energética está ligado à minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil. As perdas ocorrem para qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou elétrica.

De acordo com Martins:

A mais convincente vantagem da eficiência energética é a de que ela é quase sempre mais barata que a produção de energia. É claro que o investimento em tecnologia eficiente para vários usos-finais requererá também maiores gastos de capital e que sistemas e equipamentos eficientes são, geralmente, mais caros que as tecnologias que substituem. Entretanto, o custo de conservar 1 kWh é, de modo geral, mais barato que sua produção. Além disso, em muitas aplicações, o custo da eficiência energética corresponde a apenas uma pequena parcela dos custos da produção de energia. Tradicionalmente, esses custos são contabilizados por agentes diferentes, sendo ora debitados ao consumidor, à companhia de energia ou ao próprio governo (1999, p. 113).

De acordo com dados do INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética (2012), qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

Faz-se neste estudo, importante observar que uma das fontes de desperdício de energia deriva do uso inadequado de aparelhos e sistemas.

No que diz respeito às edificações, descreve Corbioli que:

A grande maioria das edificações desperdiça relevantes oportunidades de poupar energia e custos pela não consideração efetiva, desde o projeto arquitetônico, passando pela construção, até a utilização final, de importantes desenvolvimentos nas áreas de novos conceitos arquitetônicos, materiais, equipamentos e tecnologias construtivas vinculadas à eficiência energética (2012, p. 2).

Hoje constata-se a possibilidade de integração de elementos naturais com materiais e técnicas construtivas com eficiência energética e menor custo. Questões estas que serão melhores descritas em tópicos seguintes.

#### 2.4 Consumo de Energia

O consumo de energia elétrica tem aumentado a cada dia, no ano de 2011 de acordo com dados obtidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia citada no Correio Braziliense (2012), este aumento foi de 3,6% e este aumento se deu principalmente pelo setor comercial.

De acordo com a CCEE – Câmara Comercializadora de Energia Elétrica:

[...] no Brasil em 2009, 94% da energia elétrica foi gerada através de fontes renováveis, totalizando 415.185 GWh. Pelas fontes de geração não renováveis foram gerados 28.010 GWh representando 6% da energia elétrica gerada (2012).

Constata-se que o Brasil possui um enorme potencial de geração de energia elétrica, principalmente a partir de fontes renováveis. Este elevado potencial está distribuído em diversas fontes, sendo a hídrica, a eólica e a biomassa algumas das mais abundantes no atual contexto.

Diante deste elevado potencial e considerável aumento no consumo de energia, é que surge a preocupação em certificar edifícios comerciais, adquirindo assim, uma espécie de qualidade do prédio e promovendo uma economia de energia nas edificações.

O objetivo do selo é estimular os construtores e incorporadores a aderirem conceitos de eficiência energética em edificações e viabilizar a implementação da Lei 10.295/01 ("Lei de Eficiência Energética"). Para os responsáveis, o Procel-Edifica deverá se tornar um forte instrumento de mudança no mercado da construção civil.

Para tanto os edifícios comerciais, públicos e residenciais serão analisados a partir do seu sistema de iluminação, de condicionamento de ar e a envoltória (análise da cobertura, áreas de vidro, janelas, aberturas e vãos, etc.). Para cada um deles existem pré-requisitos e recomendações para alcançar as classificações que vão de "A" a "E", dependendo do nível de eficiência energética da edificação. A média ponderada das três etiquetas irá determinar a classificação final do prédio.

## 2.5 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em Edificações

De acordo com a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001a) criou-se o Programa Brasileiro de etiquetagem. Este programa tem como função avaliar o nível de eficiência energética.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira:

O programa realiza a etiquetagem de aparelhos baseados na sua eficiência e rendimento. Assim, os aparelhos elétricos e eletrodomésticos são submetidos a testes e ensaios em laboratórios idôneos, e recebem uma classificação, que pode variar entre A e E. (2004, p. 63).

Observa-se que o programa de etiquetagem tem como orientar os consumidores, para que sempre procurem aparelhos com etiquetagem tendendo a marca A, pois assim eles saberão que estão usando produtos de maior qualidade que utilizam a energia elétrica com maior eficiência.

Porém, neste estudo, especificamente, descreve-se a respeito do programa de etiquetagem desenvolvido para edificações, ou seja, discorrer a respeito do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, programa do PROCEL EDIFICA, instituído em 2003 pela ELETROBRÁS/PROCEL, com a finalidade de promover a etiquetagem de edifícios segundo a forma com que ele utiliza a energia elétrica.

De acordo com dados da Regulamentação para etiquetagem:

A etiqueta avalia três características do edifício: a envoltória, a parte física do edifício; o sistema de iluminação, a iluminação interna do edifício de acordo com as diferentes atividades exercidas pelo usuário; e o sistema de condicionamento de ar, que avalia o tipo de sistema utilizado e sua eficiência nas diferentes áreas do edifício. (INMETRO, 2008).

Conforme disposto por Lamberts no Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia:

O Procel Edifica: Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações visa construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil. Em uma de suas vertentes de ação – Subsídios à Regulamentação - são determinados os parâmetros referenciais para verificação do nível de eficiência energética de edificações. (MME, 2010, p.5).

Este plano de ação com a análise dos edifícios comerciais, públicos e de serviços a partir do seu sistema de iluminação, de condicionamento de ar e a envoltória (análise da cobertura, áreas de vidro, janelas, aberturas e vãos etc.). Para cada um deles existem pré-requisitos e recomendações para alcançar as classificações que vão de "A" a "E", dependendo do nível de eficiência energética da edificação. A média ponderada das três etiquetas irá determinar a classificação final do prédio.

Já existe processo de capacitação para avaliação dos parâmetros do RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e aplicação do RAC-C - Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Porém ainda é preciso divulgação do conhecimento para setores de Construção Civil, tendo em vista a pequena parcela de pessoas capacitadas, nesta área de atuação.

O objetivo de todo este processo, até a obtenção do selo é estimular os construtores e incorporadores a aderirem conceitos de eficiência energética em edificações e viabilizar a implementação da Lei 10.295/01 ("Lei de Eficiência Energética"). Para os responsáveis, o Procel-Edifica deverá se tornar um forte instrumento de mudança no mercado da construção civil.

De acordo com dados do Procel-Edifica o selo é necessário, tendo em vista, que as edificações representam quase metade do consumo de energia do País.

Segundo informações do Ministério de Minas e Energia:

[...] são responsáveis por 42% de toda a energia elétrica consumida. O setor residencial contribui com 23%, o comercial com 11% e o público com 8% desse percentual. Um dos grandes vilões, nesses dois últimos setores, é o sistema de condicionamento de ar, com 48% do consumo de energia elétrica, seguido pelo sistema de iluminação, com 24%. (MME, 2012).

Vale lembrar que o custo benefício deste processo, pode gerar uma economia de até 40% de energia, sendo que o investimento no processo de capacitação para avaliação dos parâmetros do RTQ-C e RAC-C dará retorno em apenas três anos à empresa.

Dentro do contexto apresentado pelo Programa PROCEL Edifica, é que se pode escolher e definir o tema deste Trabalho de Conclusão de Curso – TCC.

## 2.6 Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

É importante esclarecer primeiramente que a obtenção de uma etiqueta de eficiência em edifícios não é definitiva. Esta pode ser sempre melhorada com o fim de obter-se melhor eficiência energética, uma vez que desempenhos mais elevados de eficiência energética podem sempre ser conseguidos.

Há cinco níveis de eficiência, tanto para classificações parciais como para totais, e são: A (mais eficiente), B, C, D e E (menos eficiente).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida através de avaliação dos requisitos contidos nos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) para o edifício usando o método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). A etiqueta pode ser fornecida para o edifício completo ou para parte deste. Ela é dita parcial quando referente à envoltória ou combinando a envoltória com um dos outros dois sistemas, iluminação ou condicionamento de ar.

O RTQ-C apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificação parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento do ar. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos estabelecidos no regulamento e permite somar à pontuação final, bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, co-geração ou racionalização no consumo de água.

Para definição do nível de eficiência dois métodos podem ser utilizados: o método prescritivo e o método de simulação.

O RTQ-C, de acordo com o Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C (INMETRO, 2010, p.8), fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas, a saber: Envoltória; Iluminação; Condicionamento de ar, a fim de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Conforme o disposto no Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C:

A ENCE poderá ser fornecida em três momentos: para o projeto da edificação, para a edificação pronta, depois de obtido o Habite-se e para a edificação existente, após reforma. A avaliação do projeto é pré-requisito para a avaliação dos requisitos presentes na edificação nova pós Habite-se e na edificação existente pós reforma. Neste último caso, é necessário apresentar os projetos de reforma da edificação. (INMETRO, 2008, p.64).

As exigências contidas no RTQ-C devem ser avaliadas por um laboratório de inspeção designado ou acreditado pelo INMETRO, de forma que aquele verifique as características projetadas e construídas para indicar qual o nível de eficiência alcançado pelo edifício. Este é o conteúdo do RAC-C, onde duas etapas de avaliação, de projeto e do edifício construído, compõem o processo. O RAC-C apresenta o método de avaliação, os procedimentos para submissão para avaliação, direitos e deveres dos envolvidos, o modelo da ENCE, a lista de documentos que devem ser encaminhados, modelos de formulários para preenchimento, dentre outros.

Iniciando o processo de etiquetagem, o proprietário deverá encaminhar ao laboratório de inspeção o pedido de avaliação, juntamente com os documentos exigidos, como projetos e memoriais. Esta etapa é obrigatória mesmo para edifícios já construídos, pois é na etapa de avaliação de projeto que é identificado o nível de eficiência energética através do método prescritivo ou de simulação. Cumpridos estes requisitos, o proprietário obtém uma autorização para uso da ENCE relacionada a este projeto. Depois de construído e fornecido o alvará de ocupação, é solicitado a inspeção no edifício onde é verificado se as características que constaram no projeto foram corretamente atendidas. Uma atualização do projeto de acordo com o que foi construído pode ser realizada antes da inspeção, durante a entrega dos documentos. A inspeção é realizada através de amostragem dos ambientes e componentes, inclui medições *in situ* de dimensões (como janelas e os próprios ambientes) e de propriedades (como absorvância das fachadas quando amostras não tiveram sido fornecidas na etapa de avaliação de projeto). Nela também serão verificados os materiais e equipamentos utilizados, como conferência do tipo de vidro e das lâmpadas/reatores/luminárias especificados na etapa de avaliação de projeto.

Caso sejam encontradas diferenças construtivas entre o projeto avaliado e o edifício pronto que não impactem o nível alcançado, a avaliação pode ser atualizada na etapa de inspeção, durante a entrega de documentos. Caso essas diferenças

impactem o nível anteriormente alcançado, deverá ser feita uma nova avaliação de projeto, que, por ser corretiva, tende a ser mais rápida.

Neste estudo, especificamente será estudado, através de uma planta de edifício, o sistema de condicionamento de ar e de iluminação, obtendo-se uma classificação para estes sistemas.

A classificação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar e de iluminação pode ser realizada em um pavimento ou em um conjunto de salas e não necessariamente em todo edifício. No entanto, estas classificações parciais podem ser solicitadas somente em conjunto com a classificação da envoltória ou se esta já tiver sido classificada em algum momento anterior.

Os sistemas de condicionamento de ar são tratados de dois modos distintos no RTQ-C, dependendo se os condicionadores são avaliados pelo PBE/INMETRO ou não. Os sistemas compostos por condicionadores de ar de janela e Split, avaliados pelo PBE/INMETRO, são classificados através do nível de eficiência que o INMETRO atribui a cada modelo. Os sistemas compostos por condicionadores que não estão abrangidos por nenhuma norma de eficiência do INMETRO (que se referem principalmente ao sistema de condicionamento central, mas também incluem alguns tipos de Split), por sua vez, são avaliados através do seu desempenho em relação a certos níveis fornecidos pelo RTQ-C (Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 64).

A classificação da eficiência do sistema de condicionamento de ar pode ser dividida em duas diferentes classes, conforme detalhamento obtido pelo Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C e que se cita abaixo:

Uma classe lida com sistemas individuais e Split, já classificados pelo INMETRO. Desta forma, deve-se apenas consultar os níveis de eficiência fornecidos nas etiquetas do INMETRO para cada um dos aparelhos instalados na edificação para posteriormente aplicar o resultado na equação geral do edifício. Já a eficiência de sistemas de condicionamento de ar como os centrais, que não são classificados pelo INMETRO, devem seguir prescrições definidas no texto do regulamento. Assim, a classificação do nível de eficiência destes sistemas é mais complexa, pois sua definição depende da verificação de um número de requisitos e não pode ser simplesmente obtida pela consulta da etiqueta. (INMETRO, 2008, p.9).

Feito o cálculo da eficiência, obtém-se um resultado parcial que é inserido na equação geral para verificar o nível de eficiência global da edificação.

### 3 - MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Dados Técnicos da Planta de Projeto Arquitetônico do “Bretas”

Os conceitos abaixo descritos, depois de entendidos, serão quantificados e calculados de forma manual tendo como base a planta do estabelecimento, posteriormente os dados servirão de parâmetros iniciais para que o software s3e possa calcular o nível de eficiência energética da edificação.

##### **Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)**

Ângulo formado entre dois planos verticais:

- o primeiro plano é o que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido);
- o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido).

##### **Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)**

Ângulo formado entre dois planos que contém a base da abertura:

- o primeiro é o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido);
- o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido).

##### **Área Condicionada (AC) (m<sup>2</sup>)**

Área útil dos ambientes condicionados.

##### **Área Não Condicionada (ANC) (m<sup>2</sup>)**

Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de conforto conforme descrito no item seis deste RTQ.

**Área da envoltória (Aenv) (m2)**

Soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas.

**Área de projeção da cobertura (Apcob) (m2)**

Área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício.

**Área Útil (AU) (m2)**

Área disponível para ocupação, medida entre os parâmetros internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens.

**Coeficiente de Performance (COP)**

Pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, e a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais projetadas. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, e a razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de aquecimento por bomba de calor, incluindo o compressor e, se aplicável, o sistema auxiliar de aquecimento, sob condições operacionais projetadas.

**Densidade de Potência de Iluminação (DPI) (W/m2)**

Razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores e a área de um ambiente.

**Edifícios comerciais, de serviços e públicos.**

Edifícios públicos e/ou privados usados com finalidade que não a residencial ou industrial. São considerados comerciais, de serviços e públicos: escolas; instituições ou associações de diversos tipos, incluindo prática de esportes; tratamento de saúde de animais ou humanos, tais como hospitais, postos de saúde e clínicas; vendas de mercadorias em geral; prestação de serviços; bancos; diversão; preparação e venda de alimentos; escritórios e edifícios empresariais, de uso de entidades, instituições ou organizações públicas municipais, estaduais e

federais, incluindo sedes de empresas ou indústrias, desde que não haja a atividade de produção nesta última; meios de hospedagem. As atividades listadas nesta definição não excluem outras não listadas.

## **ENCE**

Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

## **Envoltória (Env)**

Planos que separam o ambiente interno do ambiente externo.

## **Fachada**

Superfícies externas verticais ou com inclinação superior a  $60^\circ$  em relação a horizontal. Incluem as superfícies opacas, paredes, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada.

## **Fator Altura (FA)**

Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída ( $A_{pcob}/A_{tot}$ ), com exceção dos subsolos.

## **Fator de Forma (FF)**

Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação ( $A_{env}/V_{tot}$ ).

## **Fator Solar (FS)**

Razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal a abertura. A ISO 15099: 2003 e a ISO 9050: 2003 apresentam procedimentos de cálculos normalizados para o FS e outros índices de desempenho energético de vidros e janelas. A NFRC 201:2004 apresenta procedimentos e especificações técnicas normalizadas para aplicação de um método calorimétrico de medição de ganho de calor solar em janelas.

**Percentual de Abertura Zenital (PAZ) (%)**

Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a  $60^\circ$  em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver PAFT.

**Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAFT) (%)**

É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a  $60^\circ$  em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou sheds, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura. Exclui área externa de caixa d'água no computo da área de fachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da cobertura (cumeeira).

**Transmitância térmica ( $W/(m^2K)$ )**

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 - Parte 2 ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488.

**Transmitância Térmica da Cobertura ( $U_{cob}$ ) ( $W/(m^2K)$ )**

Transmitância térmica das coberturas do edifício.

**Transmitância Térmica das Paredes ( $U_{par}$ ) ( $W/(m^2K)$ )**

Refere-se à transmitância de paredes externas somente.

**Volume Total da Edificação ( $V_{tot}$ ) ( $m^3$ )**

Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.

### 3.2 O Software s3e

O S3E, Simulador de Eficiência Energética de Edificações, é um serviço WEB gratuito que está sendo desenvolvido pelo LabEEE para auxiliar no processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCEs) através do método de simulação. O Projeto S3E faz parte do convênio Ministério de Minas e Energia/LabEEE com recursos financeiros da FINEP e CNPq.

Destaca-se abaixo a página principal do software (Figura 2), onde é dado o nome do projeto bem como a escolha do gênero da edificação.

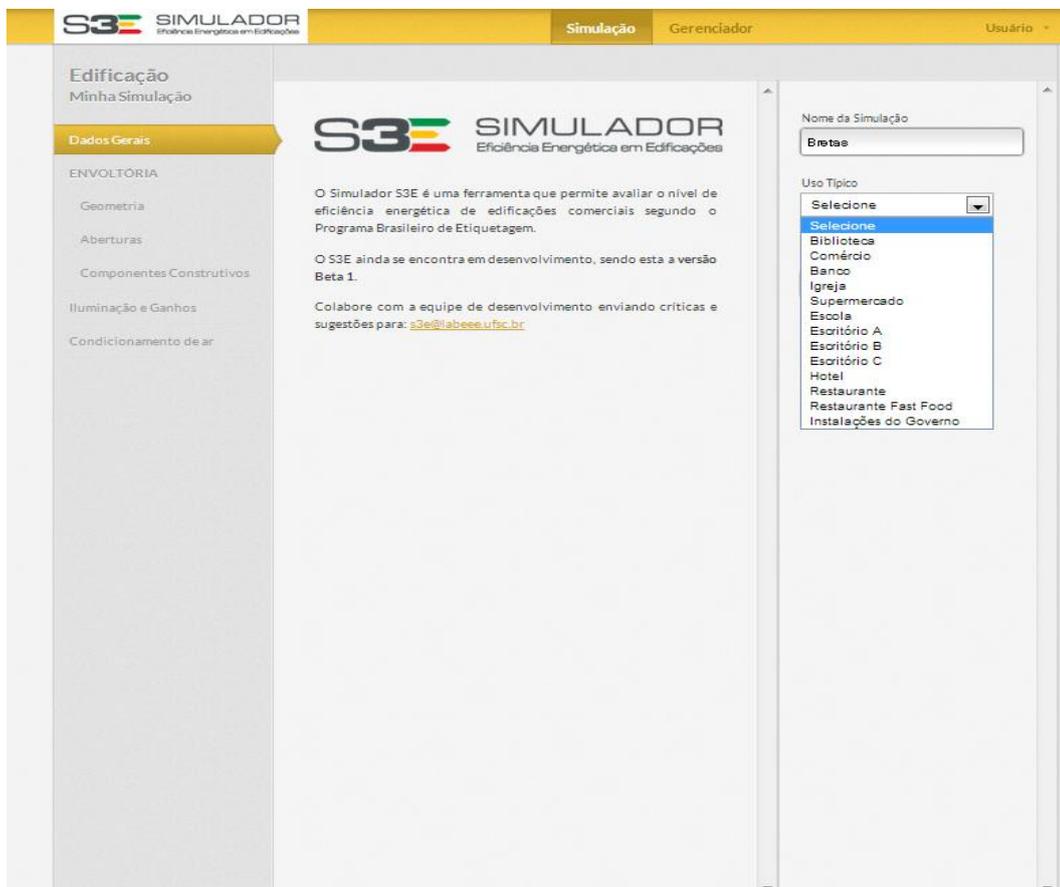


Figura 2 - Página Principal do Software S3E

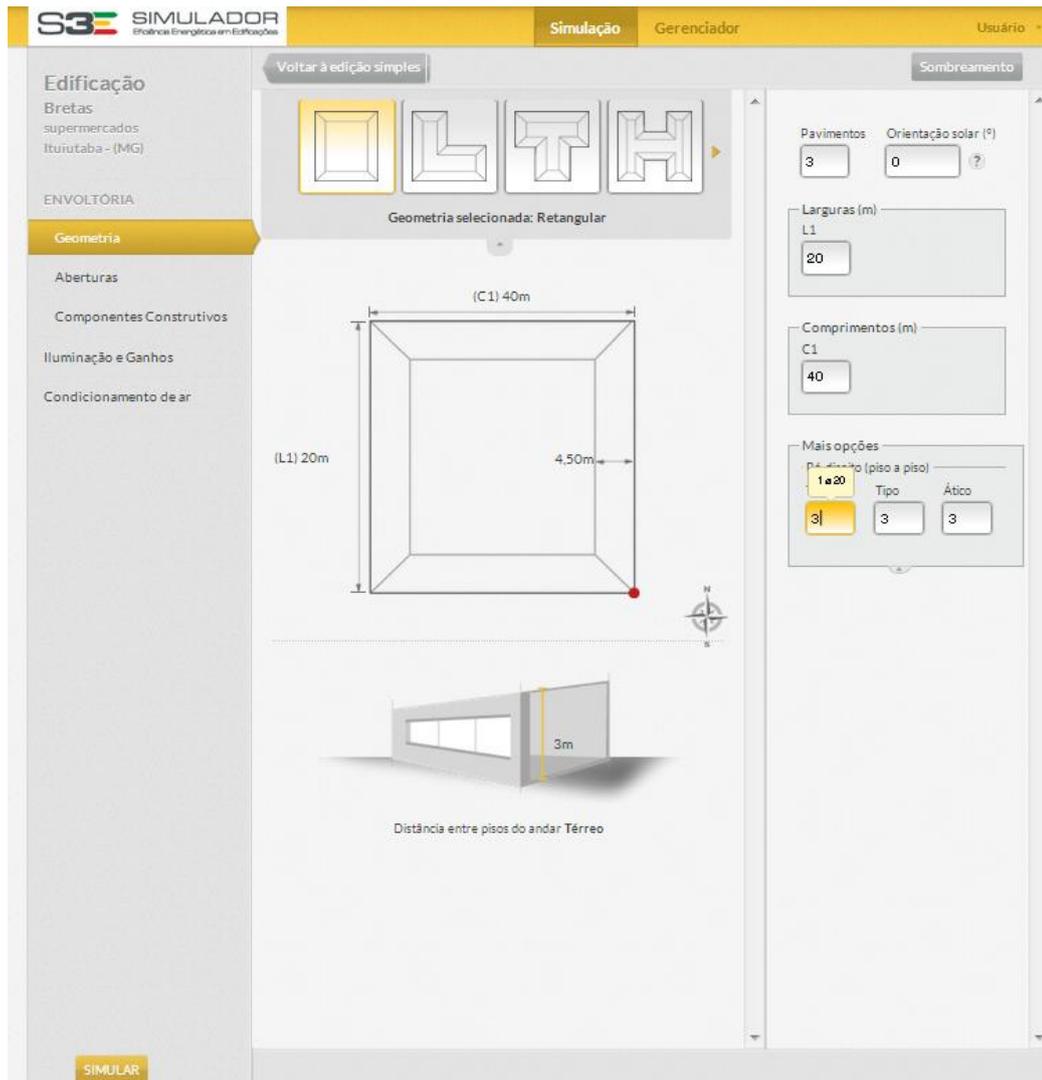


Figura 3 - Escolha geométrica da edificação

Nesta parte (Figura 3) é escolhida a geométrica da edificação e também é informado ao software as dimensões da mesma, orientação solar e números de pavimentos.

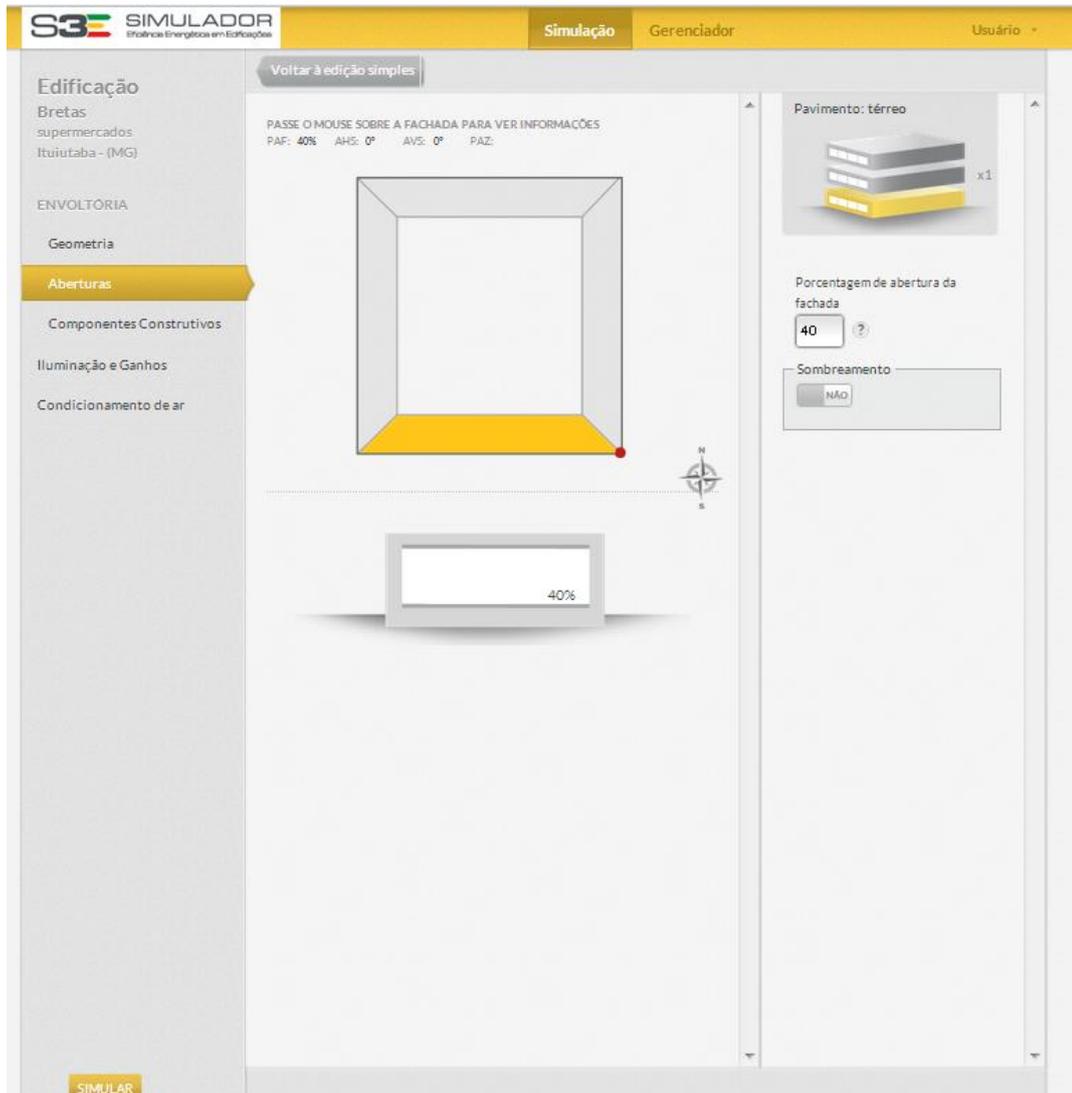


Figura 4 - Quantificação da abertura da fachada

Na parte de Abertura (Figura 4) é quantificada a porcentagem de abertura da fachada como também ângulos de sombreamento.

The screenshot displays the S3 SIMULADOR software interface, specifically the 'Iluminação e Ganhos' (Lighting and Gains) section. The interface is divided into several panels:

- Left Panel (Edificação):** Lists building components including 'Bretas' (supermercados Ituiutaba - (MG)), 'ENVOLTÓRIA' (Geometria, Aberturas, Componentes Construtivos), and 'Iluminação e Ganhos' (highlighted). Below it is 'Condicionamento de ar'.
- Top Panel:** Contains 'S3 SIMULADOR Eficiência Energética em Edificações', 'Simulação', 'Gerenciador', and 'Usuário'.
- Central Panel:** Shows a grid of icons representing different lighting and gain scenarios. Each icon is accompanied by three values: 10.86 W/m<sup>2</sup>, 12.5 m<sup>2</sup>/pessoa, and 9.2 W/m<sup>2</sup>. Below this grid is a diagram of a suspended luminaire with the text 'Tipo de montagem de luminária: Suspensa.'.
- Right Panel (Configuration):** Contains several settings:
  - Pavimento: térreo:** Shows a stack of floor tiles with a multiplier of 'x1'.
  - Equipamentos:** 'Densidade de potência (W/m<sup>2</sup>)' is set to 10,86. 'Padrão de uso' is 'Supermercados - Equipamentos'.
  - Ocupação:** 'Densidade (m<sup>2</sup>/pessoa)' is set to 12,5. 'Padrão de uso' is 'Supermercados - Ocupação'.
  - Iluminação:** 'Densidade de potência (W/m<sup>2</sup>)' is set to 9,2. 'Tipo de montagem' is set to 'Suspensa'. 'Padrão de uso' is 'Supermercados - Iluminação'.
  - Infiltração de ar:** 'Trocias por hora' is set to 0,75. 'Padrão de uso' is 'Supermercados - Infiltrações'.
- Bottom Left:** A 'SIMULAR' button.

Figura 5 - Parte da iluminação

Na parte de Iluminação de Ganhos é informado o tipo de montagem das luminárias e as especificações técnicas necessárias ao ambiente (Figura 5).

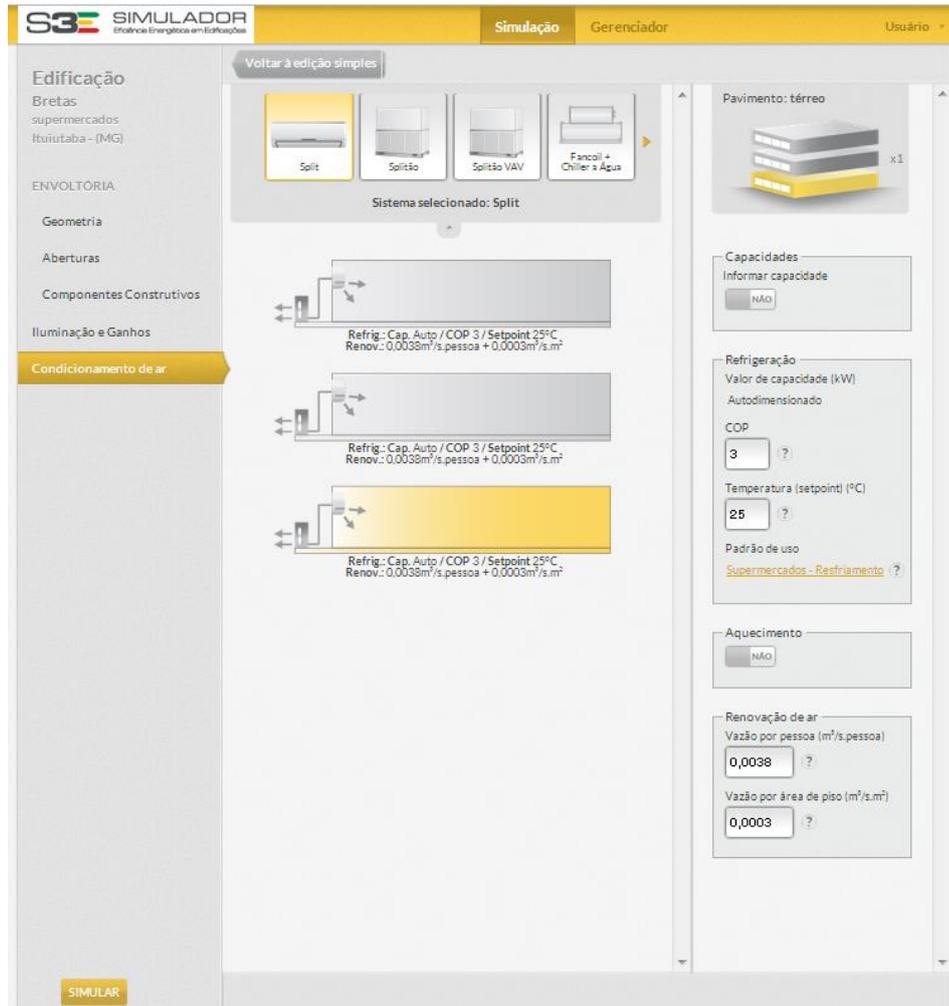


Figura 6 - Escolha do sistema de Condicionamento de ar

Em Condicionamento de ar (Figura 6) são escolhidos os sistemas de ar condicionado como também as características necessárias ao ambiente.

### 3.3 Coleta de Dados

Foram feitas duas simulações através do software online s3e da Universidade Federal de Santa Catarina, tais simulações comprovam que uma boa escolha no arranjo iluminação mais ar condicionado pode se obter grande economia energética em uma instalação comercial, resultando em um diferencial competitivo e zelando pelo uso racional da energia elétrica.

O primeiro passo para a realização das simulações é feita através da parametrização do mesmo, inserindo os dados da planta do edifício, orientação da

fachada do edifício em relação ao Norte geográfico, dados da envoltória, sistema de iluminação escolhido e sistema de ar condicionado.

A planta utilizada foi a do “Supermercado Bretas” a ser construída na cidade de Ituiutaba, planta essa conseguida junto a Secretaria de Obras do Município.

Os dados gerais da planta são:

Área útil =  $2585\text{m}^2$ ,

Volume do edifício =  $7755\text{m}^3$ ,

Área de projeção da cobertura =  $2585\text{m}^2$ ,

Área da envoltória= $612\text{m}^2$ ,

Área total condicionada= $2585\text{m}^2$ ,

Orientação solar em relação ao Norte= $330^\circ$ ,

Porcentagem da abertura da fachada = $43\%$  e

AVS= $50^\circ$ .

Passa-se em seguida a analisar os resultados obtidos através de simulações realizadas na planta do “Supermercado Bretas”.

## 4 - RESULTADOS

### 4.1 Primeira Simulação

Na primeira simulação onde foi obtida a etiqueta C, foi escolhido os equipamentos de iluminação com a montagem do tipo sobreposta ao forro, respeitando o padrão de uso e com densidade de potência dos equipamentos de  $10,86\text{W/m}^2$  com uma taxa de ocupação de  $12,5\text{ m}^2/\text{pessoa}$ , resultando em uma densidade de potência de iluminação de  $9,2\text{ W/m}^2$ .

Na parte de condicionamento de ar, tendo em vista que tratasse de equipamentos de grande capacidade, já que a planta é de médio porte, foi utilizado um equipamento Fancoil/Chiller a água mantendo a temperatura do ambiente em  $25^\circ\text{C}$ .

#### *4.1.1 Descrição do Fancoil/Chiller*

Um sistema Fancoil/Chiller utiliza-se de um fluido intermediário (água gelada misturada com etileno-glicol) para climatizar os ambientes. A água é gelada no chiller situado numa casa de máquinas. A água gelada é circulada por bombas de água gelada (BAG). No chiller, geralmente a condensação do fluido refrigerante é realizada através do uso de água que circula por uma torre de arrefecimento (ou usa condensação a ar para menores capacidades). Os fan-coils recebem a água gelada a aproximadamente  $7^\circ\text{C}$  e a devolve a cerca de  $12^\circ\text{C}$  para o chiller, conforme se visualiza na figura 7:

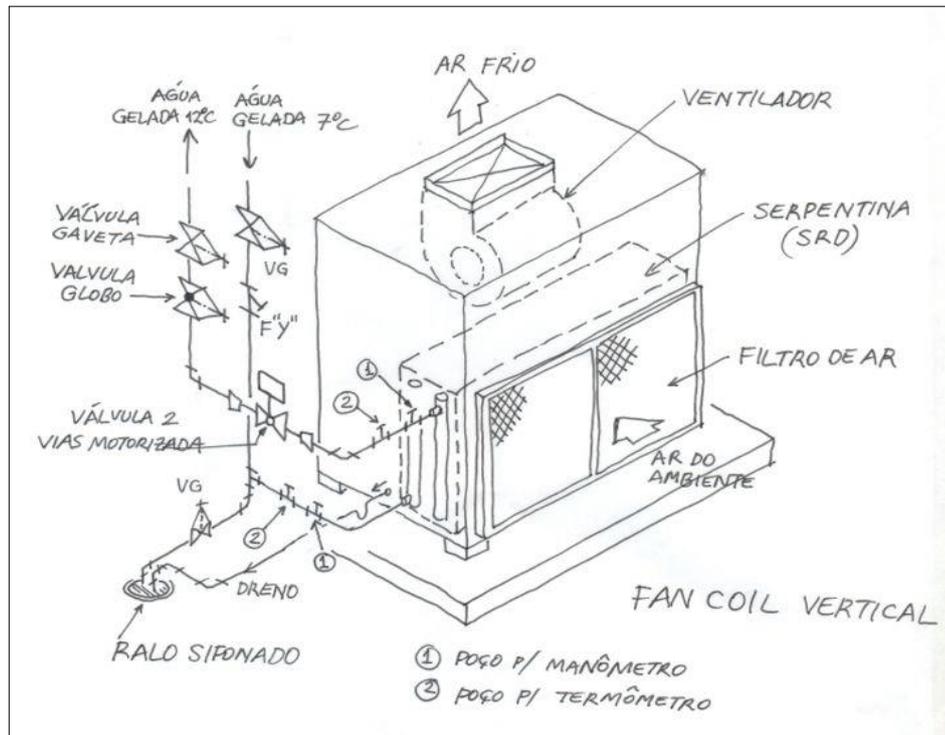


Figura 7 - Sistema Fancoil-Chiller/Fonte: SAC (2010)

#### 4.1.2 Resultados da Primeira Simulação

O Quadro 1 demonstra os dados da simulação para a Envoltória onde pode se fazer comparações do Edifício Real com outros de referência.

### Envoltória

#### Edifício Real

FA: Fator de Altura: 1  
 FF: Fator de Forma: 0,412  
 Ucob: Transmitância Térmica da cobertura: 3,614 W/m<sup>2</sup>.K  
 αcob: Absortância Solar da cobertura: 0,5  
 Upar: Transmitância Térmica das paredes: 3,038 W/m<sup>2</sup>.K  
 αpar: Absortância Solar das paredes: 0,3  
 PAFT: Percentual de área de Abertura na Fachada total: 40,81%  
 PAZ: Percentual de Abertura Zenital: 0%  
 FS: Fator Solar: 0,861  
 AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: 13,48°  
 AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0°

Referências	FA	FF	Ucob (W/m <sup>2</sup> .K)	αcob	Upar (W/m <sup>2</sup> .K)	αpar	PAFt (%)	PAZ (%)	FS	AVS (°)	AHS (°)
Edifício Real	1	0,412	3,614	0,5	3,038	0,3	40,81	0	0,861	13,48	0
Referência A	1	0,412	1,031	0,3	4,005	0,5	18,56		0,861		
Referência B	1	0,412	1,571	0,3	4,005	0,5	32,12		0,861		
Referência C	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	45,68		0,861		
Referência D	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	59,24		0,861		

Quadro 1 - Dados da Simulação para a Envoltória da 1ª Simulação

No Quadro 2 destacam-se os dados do Sistema de Condicionamento de Ar.

### Sistema de Condicionamento de Ar

		Térreo	Tipo	Ático
<b>Resfriamento</b>	Tipo de equipamento	FANCOIL_WATER		
	Setpoint do Termostato (°C)	25		
	Capacidade (kW)	92665,81		
	COP	3		
<b>Aquecimento</b>	Tipo de equipamento	FANCOIL_WATER		
	Setpoint do Termostato (°C)	18		
	Capacidade (kW)	39367,38		
	COP	3		

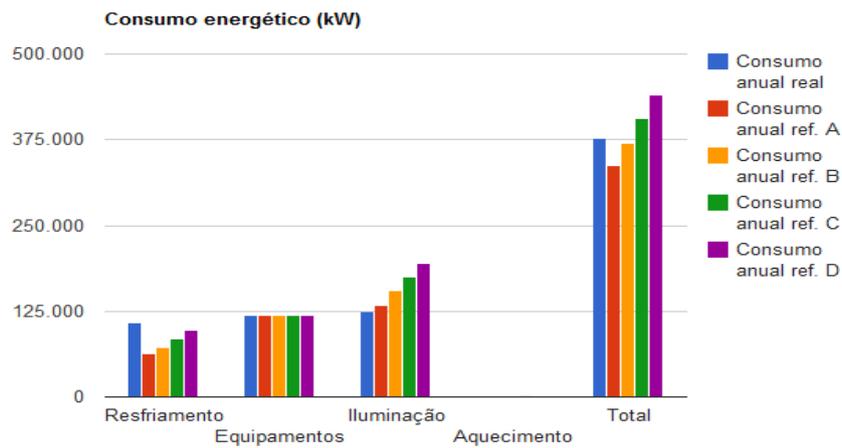
**Quadro 2 - Sistema de Condicionamento de Ar da 1ª Simulação**

Na sequência visualiza-se através do Quadro 3, que é composto de uma tabela e do respectivo gráfico, a discriminação do consumo de energia elétrica anual por segmento.

### Consumo Energético

Elemento de consumo	Anual				
	Edificação Real	Referência A	Referência B	Referência C	Referência D
Consumo energético total (kW)	377384	337496	370322	406278	441006
Resfriamento (kW)	108076	63910	72122	84696	97895
Aquecimento (kW)	820	543	846	1307	1130
Iluminação (kW)	124746	134238	154577	174916	195255
Equipamentos (kW)	118855	118855	118855	118855	118855
Ventiladores (kW)	4815	3762	4242	4818	5039
Bombas (kW)	17440	15546	17366	19109	20052
Torres de arrefecimento (kW)					
Diversos (kW)	0	0	0	0	0

Gráfico comparativo do consumo energético entre a edificação real e as edificações de referência



Quadro 3 - Consumo Energético da 1ª Simulação

Observa-se no Quadro 4 que é composto de dois gráficos que apresentam respectivamente o primeiro, o consumo energético mensal da edificação real e o seguinte, o consumo energético percentual anual da edificação real.

### Edificação Real

Gráfico do consumo energético mensal da edificação real

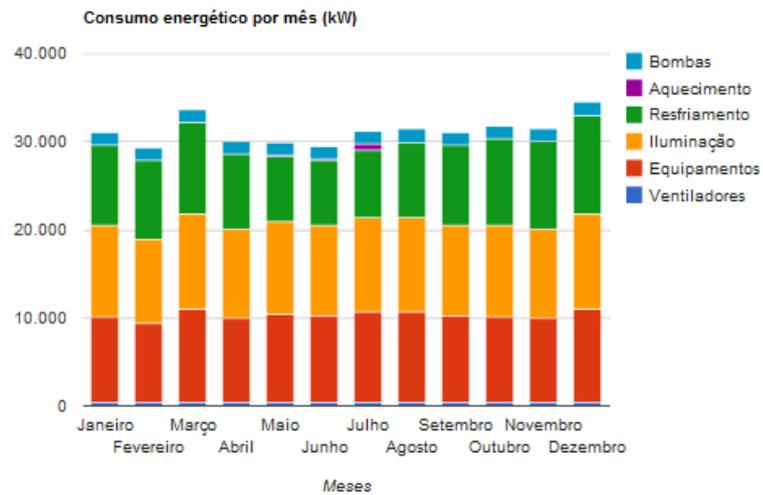
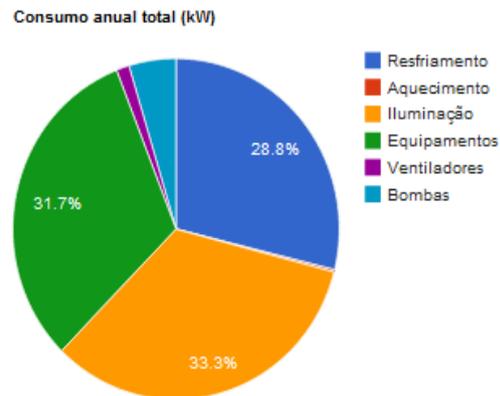


Gráfico do consumo energético percentual anual da edificação real



Quadro 4 - Consumo Energético da Edificação Real da 1ª Simulação

Destaca-se na Figura 8 a ENCE obtida após a primeira simulação.

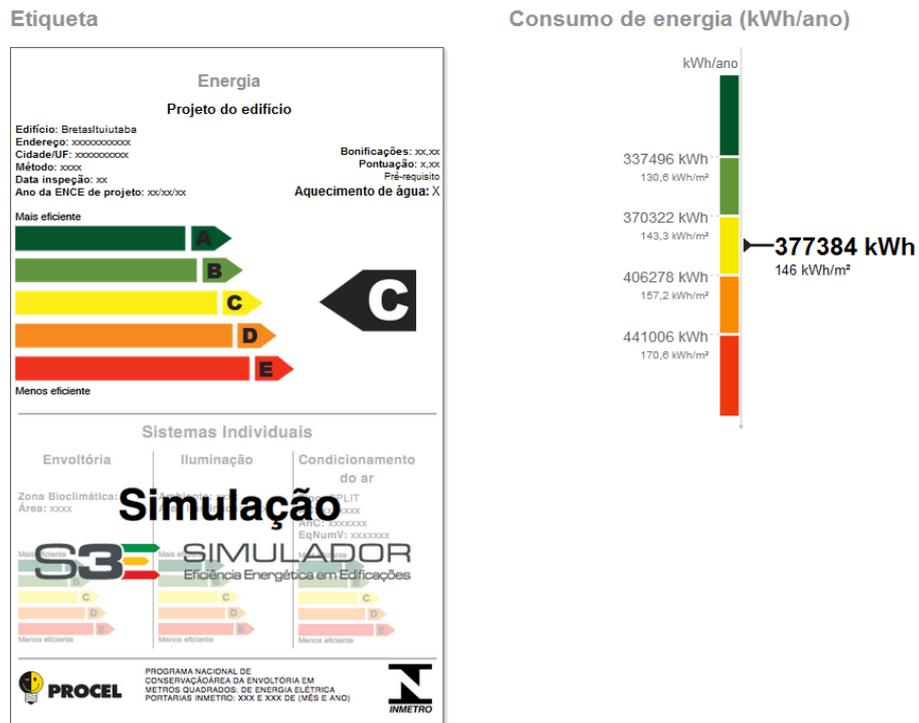


Figura 8 - Etiqueta obtida pela 1ª Simulação

Nesta simulação onde foi obtido o nível de eficiência C com um consumo anual na ordem de 377.384 MWh, o arranjo entre iluminação e condicionamento de ar se mostrou pouco eficiente do ponto de vista energético.

#### 4.2 Segunda Simulação

Na segunda simulação onde foi obtida a etiqueta B, foi escolhido os equipamentos de iluminação com a montagem do tipo embutida, respeitando o padrão de uso de densidade de potência dos equipamentos de  $10,86\text{W}/\text{m}^2$  com uma taxa de ocupação de  $12,5\text{m}^2/\text{pessoa}$ , resultando em uma densidade de potência de iluminação de  $9,2\text{W}/\text{m}^2$ .

Na parte de condicionamento de ar, já na segunda simulação, foi utilizado um equipamento de capacidade elevada para uma planta de médio porte, Split VFV (volume de refrigerante variável) mantendo a temperatura do ambiente em  $25^\circ\text{C}$ .

#### 4.2.1 Descrição do Split vfv.

É um modelo de ar condicionado desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte. Possui um sistema *multi-split* com apenas uma unidade externa ligada a múltiplas unidades internas operando individualmente por ambiente (podendo chegar a 64 máquinas).

O gás do sistema R-410A entre outros, chamado agente refrigerante, é o responsável pela captura térmica e intercâmbio do ar ambiente com o meio externo. O sistema de refrigeração chamado ciclo de refrigeração é composto por diversos componentes, os quais proporcionam uma condição de funcionamento que permite o retorno desse fluido refrigerante para a condição inicial no ciclo.

O grande diferencial nesse sistema VRV é simplesmente uma combinação de tecnologia eletrônica com sistemas de controle micro processados, aliado à combinação de múltiplas unidades internas em um só ciclo de refrigeração.

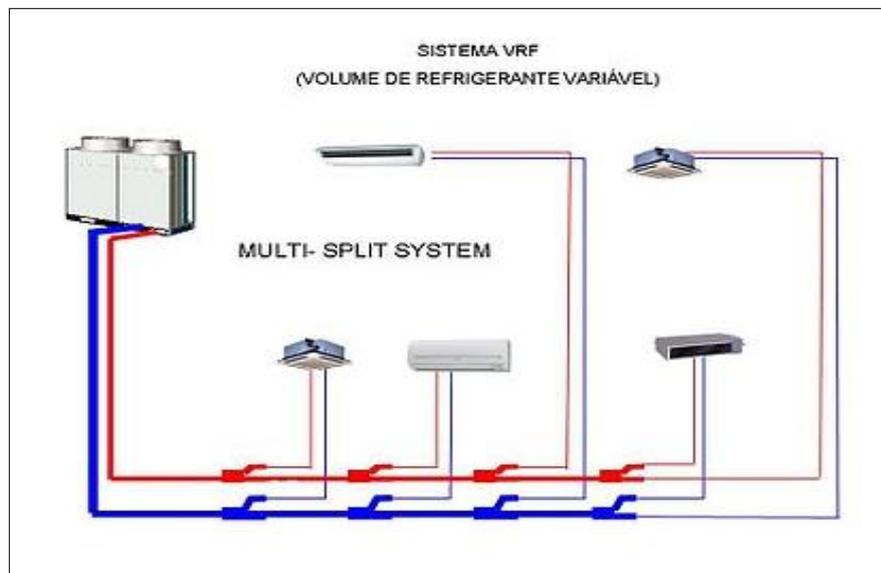


Figura 9 - Sistema VRF/Fonte: Wikipedia (2012)

#### 4.2.2 Resultados da Segunda Simulação

No Quadro 5, é mostrado os dados da simulação para a Envoltória onde pode se fazer comparações do Edifício Real com outros de referência.

### Envoltória

#### Edifício Real

FA: Fator de Altura: 1  
 FF: Fator de Forma: 0,412  
 Ucob: Transmitância Térmica da cobertura: 3,614 W/m<sup>2</sup>.K  
 αcob: Absortância Solar da cobertura: 0,5  
 Upar: Transmitância Térmica das paredes: 3,038 W/m<sup>2</sup>.K  
 αpar: Absortância Solar das paredes: 0,3  
 PAFT: Percentual de área de Abertura na Fachada total: 40,81%  
 PAZ: Percentual de Abertura Zenital: 0%  
 FS: Fator Solar: 0,861  
 AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: 13,48°  
 AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: 0°

Referências	FA	FF	Ucob (W/m <sup>2</sup> .K)	αcob	Upar (W/m <sup>2</sup> .K)	αpar	PAFT (%)	PAZ (%)	FS	AVS (°)	AHS (°)
Edifício Real	1	0,412	3,614	0,5	3,038	0,3	40,81	0	0,861	13,48	0
Referência A	1	0,412	1,031	0,3	4,005	0,5	18,56		0,861		
Referência B	1	0,412	1,571	0,3	4,005	0,5	32,12		0,861		
Referência C	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	45,68		0,861		
Referência D	1	0,412	2,129	0,3	4,005	0,5	59,24		0,861		

Quadro 5 - Dados da Simulação para a Envoltória

Já no Quadro 6 é mostrado os dados do Sistema de Condicionamento de Ar.

### Sistema de Condicionamento de Ar

		Térreo	Tipo	Ático
Resfriamento	Tipo de equipamento	SPLITAOVAV		
	Setpoint do Termostato (°C)	25		
	Capacidade (kW)	86706,21		
	COP	3		

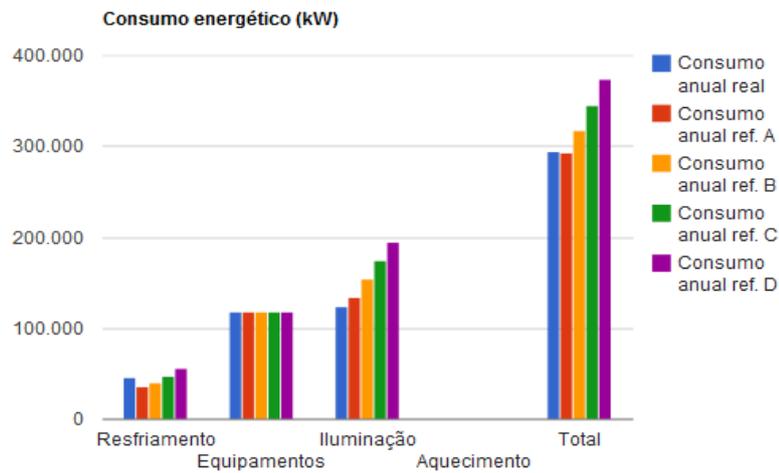
Quadro 6 - Sistema de Condicionamento de Ar da 2ª Simulação

No Quadro 7 é discriminado o consumo de energia elétrica anual por segmento. Este Quadro é composto de uma tabela apresentando o consumo Energético e o gráfico que também representa este consumo.

### Consumo Energético

Elemento de consumo	Anual				
	Edificação Real	Referência A	Referência B	Referência C	Referência D
Consumo energético total (kW)	294250	292566	317560	345464	374034
Resfriamento (kW)	46807	36852	40925	48065	56105
Aquecimento (kW)	0	0	0	0	0
Iluminação (kW)	124746	134238	154577	174916	195255
Equipamentos (kW)	118855	118855	118855	118855	118855
Ventiladores (kW)	3843	2822	3204	3629	3820
Bombas (kW)	0	0	0	0	0
Torres de arrefecimento (kW)	0	0	0	0	0
Diversos (kW)	0	0	0	0	0

Gráfico comparativo do consumo energético entre a edificação real e as edificações de referência



Quadro 7 - Consumo Energético da 2ª Simulação

No Quadro 8 é discriminado o Consumo energético da edificação real. Este Quadro é composto de um gráfico apresentando o consumo energético mensal da edificação real e o gráfico com o consumo energético percentual anual da edificação real.

### Edificação Real

Gráfico do consumo energético mensal da edificação real

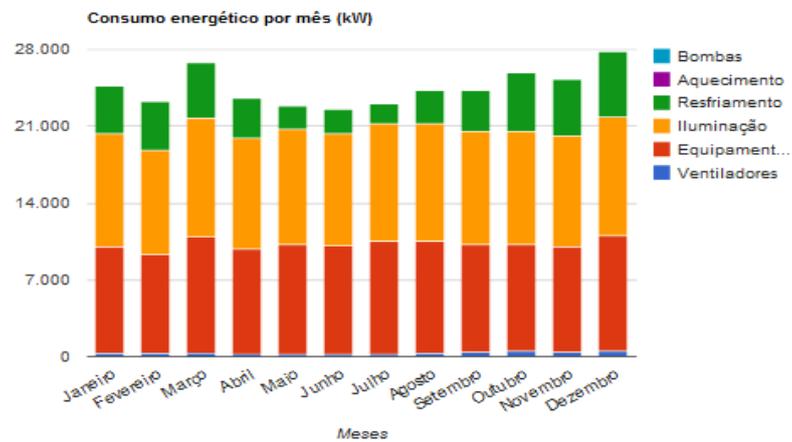
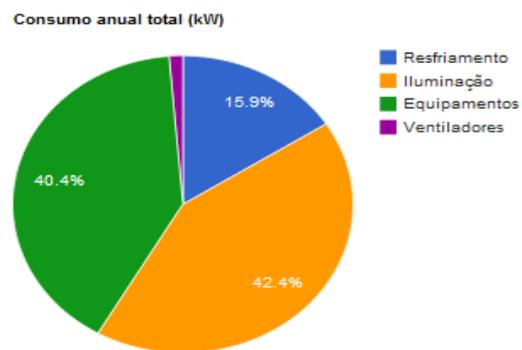


Gráfico do consumo energético percentual anual da edificação real



Quadro 8 - Consumo Energético da Edificação Real da 2ª Simulação

A ENCE obtida após a segunda simulação está apresentada na Figura 10.

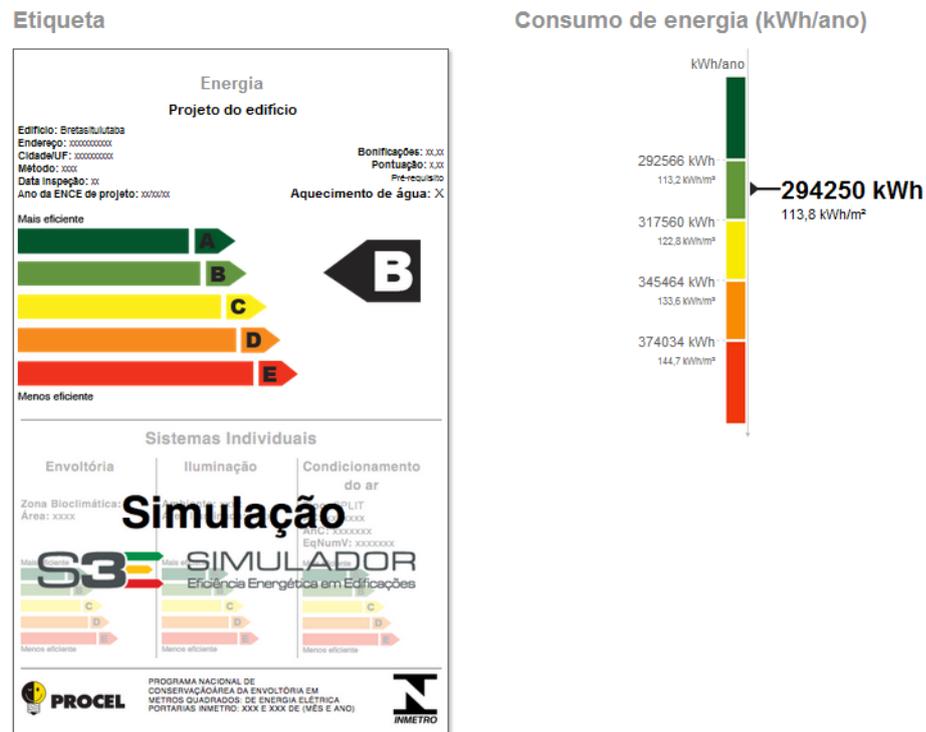


Figura 10 - Etiqueta obtida pela 2ª Simulação

Nesta segunda simulação onde foi obtido o nível de eficiência B com um consumo anual na ordem de 294.250 MWh, o arranjo entre iluminação e condicionamento de ar se mostrou mais eficiente do que a primeira simulação do ponto de vista energético.

#### 4.3 Comparação entre os Resultados das Simulações

Depois de exibida os resultados das duas simulações, podemos notar que mudando os arranjos iluminação/condicionamento de ar, há grandes variações nos consumos energéticos dos diferentes equipamentos, destacando da primeira simulação para a segunda simulação um aumento no consumo para Equipamentos e Iluminação e uma diminuição no consumo de Resfriamento, como pode ser observado no Quadro 4 e no Quadro 8.

Uma medida que pode ser adotada na fase da construção para diminuir a Transmitância Térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ), que nas simulações tem valor de  $3.614 \text{ W/m}^2\text{K}$ , seria a adoção do teto-jardim com grama ( $U_{cob} = 1.62 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ou duas lajes planas de concreto com isolamento térmico ( $U_{cob} = 1.14 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ou ainda telha metálica com isolamento térmico ( $U_{cob} = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) melhorando ainda mais a eficiência energética nesse caso.

## 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser visto nas simulações propostas acima, em um projeto utilizando de equipamentos adequados para cada situação e um consumo consciente, pode haver uma considerável economia de energia elétrica, chegando a um patamar de 22%, tendo em vista que o consumo da primeira simulação ficou na casa de 377.384 MWh ante a segunda que obteve um consumo de 294.250 MWh. O investimento empregado na aquisição de equipamentos e na construção de arquiteturas mais eficientes se paga com a economia gerada em um período não mais do que três anos.

Em alguns casos a economia gerada pode alcançar valores relativos maiores, como é o caso do projeto desenvolvido no prédio do Ministério de Minas e Energia, resultado esse disponível no sitio do Procel-Info ([www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)), na aba 'Informações Técnicas', opção 'Casos de Sucesso', onde a economia obtida no prédio chegou 40% no horário de ponta e de 30% no resto do dia, apenas fazendo alterações nos sistemas de condicionamento de ar e na iluminação.

Além de ser um incentivo para a redução do consumo energético no País, o programa de edificação pode em um segundo momento, agregar valor comercial para os novos empreendimentos que se mostrarem realmente eficientes energeticamente, criando assim um novo nicho de mercado e abrindo oportunidades para as carreiras de engenharia em especial para a civil e elétrica.

Contudo, os benefícios da eficiência energética não são sentidos apenas pelos os usuários finais, a economia como um todo sente os seus efeitos, alguns dos benefícios são:

- Menos investimentos em usinas hidrelétricas e termelétricas, contribuindo para o menor endividamento e ganho de competitividade;
- Atração de novos investimentos e geração de emprego e renda;
- Garantia de suprimento de energia elétrica.

Neste contexto, o Engenheiro Eletricista tem um papel fundamental na realização de projetos eficientes que combatam o desperdício de energia, sendo capaz de propor ações que conduzam à redução no consumo de energia e à adequação das instalações às normas técnicas vigentes. Tais ações, seguramente,

contribuem para a modernização das instalações e processos, com base nas vantagens competitivas dos equipamentos tecnologicamente mais eficientes.

Para a realização de projetos eficientes energeticamente, o uso das simulações do consumo energético de edificações é uma ferramenta poderosa, os software existentes são de difícil utilização e não fornecem uma orientação específica para a ENCE/RTQ-C. Sendo assim, o uso da simulação ainda está restrita aos grandes centros de pesquisa e poucas empresas de consultoria. O objetivo do Projeto S3E é facilitar o uso da simulação por meio da disponibilização de uma ferramenta simples e acessível, tendo a web como forma de acesso e o software EnergyPlus como core de simulação.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 10. ed. Brasília: ANEEL, 2012.

BRASIL. **Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em 17 Jun. 2012.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.html)>. Acesso em: 17 Jun. 2012.

BRASIL. **Laboratório de Eficiência Energético em Edificações**. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em 17 de junho de 2012.

BRASIL. **Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf)>. Acesso em: 17 de junho de 2012.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 17 de junho de 2012.

BRASIL. **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em 17 de junho de 2012.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

PROCEL INFO. **Casos de Sucesso, número 1**.

CORBIOLI, Nanci. **Brasil Arquitetura Terminal rodoferroviario**, em Santo André-SP. Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura36.asp>. Acesso em 05 de setembro de 2012.

EDUCAREDE. **O assunto é...energia**. (2003). Disponível em: <<http://www.educarede.org.br/educa/index.cfm>>. Acesso em 17 Jun. 2012.

INEE- Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia#o\\_que\\_eh](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia#o_que_eh)>. Acesso em 05 de setembro de 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R.  
**Eficiência energética na Arquitetura** 2.ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, Roberto Lamberts (coord). **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. Caderno 1 – Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia, 2010.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação Tecnológica e eficiência energética**. Monografia de Pós Graduação em MBA em Engenharia Elétrica. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/efici%EAncia%20energ%E9tica/Inova%E7%E3o%20Tecnol%F3gica%20e%20Efici%EAncia%20Energ%E9tica.pdf>>. Acesso em 05 Set. 2012.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Etiquetagem de eficiência Energética de Edificações** – Caderno 1 – Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia, 2010.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - MME. **Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C** – Caderno 2 - Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia, 2010.

SETTI, A. A et al. **Introdução ao Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. Brasília: ANA/ANEEL, 2001.

SISTEMAS DE AR CONDICIONADO – SAC. **Como funciona um sistema com fancoil / chiller**. 2010. Disponível em: <<http://www.sistemasdearcondicionado.com.br/2010/08/como-funciona-um-sistema-com-fancoil.html>>. Acesso em: 22 Jul. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Versão aprovada em agosto de 2008 pela Secretaria Técnica do GT-Edificações do Comitê Gestor de Índices e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE. disponível no sítio <[www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br)> último acesso em 02 Jul. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. **s3e**: Software de simulação online da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.s3e.ufsc.br>>. Acesso em 17 Jun. 2012.

WIKIPEDIA. **VFV**. Disponível em <<http://www.pt.wikipedia.org/wiki/VRV>>, Acesso em 22 Jul. 2012.

ZIMERMANN, Márcio P. **Energia**: O desafio de suprir a demanda elétrica. Brasília. MME, 2007.