

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI

Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Energia

**ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES:
ESTUDO DE CASO NO EXCEN**

Thiago Menicali da Silveira

ITAJUBÁ

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI

Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Energia

Thiago Menicali da Silveira

**ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES:
ESTUDO DE CASO NO EXCEN**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Sistemas Energéticos

Orientador: Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita

ITAJUBÁ

2018

Dedico esse trabalho a minha mãe Deise, ao meu pai Jair (memória) e aos meus irmãos Thales e Trisciane que sempre estiveram ao meu lado, acreditando na minha competência e me apoiando em minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre comigo, dando-me força e coragem. Agradeço aos meus queridos pais Deise e Jair (memória), que me proporcionaram uma ótima educação, acreditaram em mim e sempre se esforçaram para me ajudar. Agradeço aos meus irmãos Thales e Trisciane pelo carinho e apoio e aos meus grandes amigos que sempre me incentivaram nos momentos mais difíceis. Agradeço aos professores pela dedicação, ensino e atenção. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita pela dedicação, ensinamento e orientação durante o desenvolvimento desse trabalho. Por fim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para realização dessa boa aventura.

RESUMO

Atualmente, o uso racional da energia é uma necessidade para o desenvolvimento das atividades residenciais, comerciais e industriais. Em 2016, o Brasil consumiu 520,0 TWh de energia. Desse total, cerca de 200 TWh, deve-se as edificações, um setor de suma importância no desenvolvimento socioeconômico de um país, destacando-se do ponto de vista social, pela grande necessidade de mão de obra e pelo ponto de vista econômico, pelas numerosas atividades envolvidas na sua cadeia de operação e produção. Entretanto, o potencial de economia de energia nesse setor tem muito a ser explorado, com a implementação de intervenções arquitetônicas na envoltória, eficiência energética nos sistemas de ar condicionado e iluminação, podendo chegar em 50% nas edificações novas e de 30% nas existentes. O presente trabalho apresenta a avaliação da classe de eficiência energética através do método da simulação do prédio do Centro de Excelência em Eficiência Energética – Excen da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Para isso foi necessário a utilização do software Domus, no qual através da introdução dos dados de equipamentos; lâmpadas; aparelhos de ar condicionado; mobílias e fluxo de pessoas foi possível gerar a etiqueta, obtendo-se classificação B. Porém, com a implantação de um programa para troca de algumas lâmpadas atingiu-se classificação A. Mesmo obtendo classificação A, o Excen possui alguns pontos que podem ser melhorados e para essa finalidade apresentou-se três opções.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Etiqueta de Edificação. Simulação.

ABSTRACT

Currently, the rational use of energy is a necessity for the development of residential, commercial and industrial activities. In 2016, Brazil consumed 520,0 TWh of energy. Of this total, about 200 TWh, it is due to the buildings, a sector of great importance in the socioeconomic development of a country, standing out from the social point of view, for the great necessity of manpower and the economic point of view, for the numerous activities involved in its chain of operation and production. However, the potential for energy savings in this sector has much to be explored, with the implementation of architectural interventions in the envelope, energy efficiency in air conditioning and lighting systems, which can reach in 50% in new buildings and 30% in existing ones. The present work introduces the evaluation of the energy efficiency class through the simulation method of the building of the Centro de Excelência em Eficiência Energética – Excen of Universidade Federal de Itajubá (Unifei). For this it was necessary to use the Domus software, in which, through the introduction of the equipment data; lamps; air conditioners; furniture and flow of people it was possible to generate the label, getting classification B. However, with the implementation of a program to exchange some lamps, it was classified as A. Even getting classification A, the Excen has some points that can be improved and for this purpose three options were presented.

Key words: Energy Efficiency. Building Labeling. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ranking Mundial sobre Eficiência Energética	23
Figura 2 - Selo Procel	25
Figura 3 - ENCE de Projeto e Edificação Construída	28
Figura 4 - Tipos de Condicionadores de Ar	31
Figura 5 - Localização do Excen	35
Figura 6 – Interface no Domus	36
Figura 7 - Excen vista frontal	37
Figura 8 - Excen vista lateral esquerda.....	38
Figura 9 - Excen vista da parte de trás	38
Figura 10 - Excen vista lateral direita.....	39
Figura 11 - Planta baixa do Térreo	40
Figura 12 - Planta baixa do 1º Pavimento	41
Figura 13 - Planta Baixa do Excen no Domus	43
Figura 14 - Paredes Térreo	44
Figura 15 - Paredes 1º pavimento (vista de frente)	44
Figura 16 - Paredes 1º pavimento (vista de trás).....	45
Figura 17 - Janelas	45
Figura 18 - Portas	46
Figura 19 - Materiais	47
Figura 20 - Domus vista frontal.....	47
Figura 21 - Domus vista lateral esquerda	48
Figura 22 - Domus vista da parte de trás	48
Figura 23 - Domus vista da lateral direita	49
Figura 24 - Divisão do térreo em Zonas	50
Figura 25 - Divisão 1º pavimento em Zonas	51
Figura 26 - Ganhos Internos - Equipamentos.....	54
Figura 27 - Ganhos internos - Iluminação	57
Figura 28 - Ganhos Internos - Mobiliário.....	58
Figura 29 - Ganhos internos - Condicionamento de ar.....	59
Figura 30 - Ganhos internos - Pessoas.....	60
Figura 31 - Parâmetro Geral - Configurações	61
Figura 32 - Parâmetro de Zonas	62

Figura 33 - Início da Simulação	63
Figura 34 - Zona Bioclimática.....	63
Figura 35 - Fim da Simulação	64
Figura 36 - Etiqueta Simulação	65
Figura 37 - Etiqueta com Algumas Lâmpadas LED.....	68
Figura 38 - Etiqueta com Lâmpadas de LED	70
Figura 39 - Bonificação	74
Figura 40 - Etiqueta com Sistema Fotovoltaico	75
Figura 41 - Etiqueta com LED e Sistema Fotovoltaico.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de Energia Mundial.....	21
Tabela 2 - Critérios utilizados na Classificação	22
Tabela 3 - Ranking de Eficiência Energética Mundial.....	24
Tabela 4 - Abertura de Janela	46
Tabela 5 - Divisão das Zonas	52
Tabela 6 - Ganhos internos - Equipamentos.....	53
Tabela 7 - Lâmpadas Instaladas.....	55
Tabela 8 - Reator Eletrônico para Lâmpadas	55
Tabela 9 - Ganhos internos - Iluminação.....	55
Tabela 10 - Ganhos Internos - Mobiliário	57
Tabela 11 - Ganhos internos - Condicionamento de ar	58
Tabela 12 - Ganhos internos - Pessoas	59
Tabela 13 - Albedo - Classificação de Acordo com a Superfície.....	61
Tabela 14 - Equivalência de Potência.....	66
Tabela 15 - Ganhos Internos - Iluminação com Algumas Lâmpadas LED.....	66
Tabela 16 - Ganhos Internos - Iluminação LED.....	69
Tabela 17 - Consumo de Energia Iluminação – Sistema Inicial.....	71
Tabela 18 - Consumo de Energia Iluminação – Sistema com Melhoria	72
Tabela 19 - Consumo de Energia Iluminação – Sistema com todas as Lâmpadas LED.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação Geral	29
Quadro 2 - Pontuação Necessária por Classe	32

SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACEEE – *American Council For An Energy-Efficient Economy*

ADEME – *Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie*

BEN – Balanço Energético Nacional

CAD – *Computer Aided Design*

CONAE – *Comission Nacional para el Ahorro de Energia*

Conieco – *Consejo Nacional de Industriales Ecologistas de Mexico*

Conpet – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

CPD – Central de Processamento de Dados

DEA – *Danish Energy Authority*

DGEMP – *Direction Generale de l'Energie et des Matieres Premieres*

DOE – *Department of Energy*

DPI – Densidade de Potência Instalada

EDF – *Electricité de France*

EECA - *Energy Efficiency and Conservation Authority*

EERE – *Energy Efficiency and Renewable Energy*

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EPBD – *Energy Performance in Buildings Directive*

EPS – *Expanded Polystyrene*

EUA – Estados Unidos da América

Excen – Centro de Excelência em Eficiência Energética

FIDE - *Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica*

IDAE – *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IOF - *Industries of the Future*

ITP - *Industrial Technologies Program*

LED - *Light Emitting Diode*

MDE – *Maîtrise de la Demande d'Energie*

MPOG – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

NAPE – *Nationale Aktionsplan Energieeffizienz*

NZEECS - *New Zealand Energy Efficiency and Conservation Strategy*

NZES – *New Zealand Energy Strategy*

OIA – Organismo de Inspeção Acreditado pelo Inmetro

ONU – Organização das Nações Unidas

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PEE - Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição

PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética

POC – Percentual de Conforto Térmico

Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PUCPR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações

ROL - receita operacional líquida

RTQ – Requisitos Técnicos da Qualidade

RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SEP's - *State Energy Programs*

Unifei – Universidade Federal de Itajubá

VDI – *Verein Deutscher Ingenieure*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos.....	15
1.3	Organização do trabalho.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Ranking Internacional da Eficiência Energética - ACEEE	22
2.2	Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil.....	24
2.3	Etiquetagem no Brasil	26
2.4	Panorama Brasileiro	33
3	METODOLOGIA E ESTUDO DE CASO	35
3.1	Excen	36
3.1.1	<i>Estrutura</i>	42
3.1.2	<i>Paredes externas</i>	42
3.1.3	<i>Paredes internas</i>	42
3.1.4	<i>Pisos</i>	42
3.1.5	<i>Tetos</i>	42
3.2	Domus.....	43
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	65
4.1	Classificação A – 1º opção.....	68
4.2	Classificação A – 2º opção.....	74
4.3	Classificação A – 3º opção.....	75
5	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

O termo “desenvolvimento sustentável” foi criado pela ONU – Organização das Nações Unidas como resposta à crise social e ambiental enfrentada a partir da segunda metade do século XX que colocava em ênfase as mudanças climáticas. Na Comissão de Brundtland foi elaborado um relatório conhecido como “Nosso Futuro Comum”, no qual, destacam-se as questões sociais, suprimento de água, administração do crescimento urbano, sua ocupação, abrigo, educação e problemas sanitários. Neste relatório também se encontra uma das definições mais difundidas do conceito: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. Além disso, o relatório instituiu três princípios básicos: o desenvolvimento econômico, a proteção ambiental e a equidade social (BARBOSA, 2008).

Nos anos seguintes, teve-se um forte impulso pela busca do desenvolvimento sustentável com as convenções que produziram os Protocolos de Montreal (1987) e Kyoto (1997) e a conferência Rio-92, resultando no estabelecimento de metas ambientais em todo o planeta. Na Rio-92 foi desenvolvido um documento denominado Agenda 21, no qual, foi firmado o conceito de desenvolvimento sustentável e um plano de ações para criar um novo modelo de desenvolvimento, padrões de consumo e produção (BARATELLA, 2011).

Com isso, começou-se um processo de adaptação à Agenda 21 em escalas e contextos específicos, como o da construção civil, um setor de suma importância no desenvolvimento socioeconômico de um país, destacando-se do ponto de vista social, pela grande necessidade de mão de obra e pelo ponto de vista econômico, pelas numerosas atividades envolvidas na sua cadeia de operação e produção. Entretanto, o setor também é responsável pela grande utilização de recursos, produção de resíduos e de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2016, as edificações são responsáveis por 45,6% do consumo energético no país, sendo 25,1% para edificações residenciais, 17,5% para comerciais e aproximadamente 3% para o setor público (GOMES, 2017).

Segundo Amorim (2012) apud Gomes (2017) parte do consumo energético é causado pelo desperdício, resultado de projeto arquitetônico inadequado ao contexto climático, podendo-se ter uma economia de 50% com padrões adequados e caso faça reforma com *retrofit*, o potencial de economia é de 30 a 50%.

Portanto, o ambiente construído e o processo de construção são áreas chave para o desenvolvimento sustentável em qualquer nação.

Atualmente, o uso racional da energia é uma necessidade para o desenvolvimento das atividades residenciais, comerciais e industriais. Com base neste panorama, a eficiência energética se introduz e pode ser entendida como a realização de uma atividade com a busca pela redução no consumo de energia, podendo ser melhorada pela inovação tecnológica, com novas máquinas ou produtos, ou pela tecnologia de menor consumo energético por meio de novas formas de gestão do processo produtivo.

As ações em eficiência energética promovem melhorias para os usuários e para a sociedade, auxiliando no sistema energético com o aumento da oferta de energia, resultando na redução dos impactos ambientais e minimização da emissão de CO₂ e outros gases responsáveis pelo efeito estufa.

1.1 Justificativa

Com as mudanças climáticas e o aumento no custo de energia, a sociedade a cada dia procura formas para aumentar a preservação do meio ambiente e melhorar a racionalização dos recursos. Afinal, para que o ser humano possa usufruir de um mundo saudável, é fundamental que ele aproveite os recursos disponíveis de forma eficiente, especialmente a energia, a qual influencia, mesmo que indiretamente, praticamente todas as atividades humanas. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2017), por meio do Balanço Energético Nacional – BEN realizado com base no ano de 2016, o Brasil consumiu 520,0 TWh de energia. Desse total, cerca de 200 TWh, deve-se as edificações residenciais, públicas e comerciais. Dentro desse contexto, o estudo de métodos que ajudem a melhorar e a garantir a eficiência energética dos empreendimentos se mostra uma questão de grande relevância. Segundo o Procel Edifica, com a implementação de eficiência energética nos sistemas de ar condicionado, iluminação e intervenções arquitetônicas na envoltória, o potencial de economia de energia em edificações já existentes pode ser de 30% e de 50% em novas edificações (LIMA, 2016).

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é analisar a eficiência energética do Centro de Excelência em Eficiência Energética (Excen), como também, demonstrar a importância do tema e realizar uma breve revisão bibliográfica sobre as políticas energéticas no mundo e a etiquetagem de edificações no Brasil.

Já o objetivo específico é o estudo de caso no Excen para se determinar a sua classificação e as possíveis melhorias.

1.3 Organização do trabalho

O capítulo 1 apresenta a introdução, justificativa, objetivos e a organização do trabalho.

O capítulo 2 demonstra a revisão bibliográfica sobre Eficiência energética em nível mundial, o ranking dos países consumidores de energia e os com as melhores políticas em eficiência energética, as principais políticas de eficiência energética no Brasil, a etiquetagem no Brasil e o panorama brasileiro.

Em seguida, foi desenvolvido o capítulo 3 abordando como foi feita a simulação no Excen, os softwares utilizados, o levantamento de dados, a organização dos cômodos.

No capítulo 4 são analisados os resultados e as possíveis melhorias que podem ser implantadas no Excen.

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e recomendações deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na década de 1970, logo após a primeira crise do petróleo, a questão da eficiência energética transformou-se em um alerta mundial. Os países industrializados reuniram-se e fizeram investimentos em projetos de eficiência energética e fontes renováveis de energia, com o objetivo de diminuir a dependência do petróleo e derivados (GOMES, 2017).

Além do possível fim dos combustíveis fósseis e do aumento no preço da energia, a Agência Internacional de Energia por meio de estudos realizados em 2014, propõe que até 2050 as emissões de CO₂ diminuam em 77% para que o aquecimento global fique abaixo de 2°C, evitando-se assim uma mudança climática trágica (IEA, 2014 apud GOMES, 2017).

Na Inglaterra foi fundada uma companhia privada chamada Fundo do Carbono (*Carbon Trust*), com o objetivo de criar tecnologias que ajudem na diminuição das emissões de carbono. Para cumprir esta missão a empresa é dividida em 5 processos que são: 1) Percepções; 2) Soluções; 3) Inovações; 4) Empresas e 5) Investimentos. O fundo do Carbono também financia projetos com boas idéias e com planos de negócios promissores na busca pela redução das emissões de carbono (BAJAY; SANTANA, 2010).

A agência governamental que desenvolve programas de eficiência energética na Nova Zelândia é a *Energy Efficiency and Conservation Authority* (EECA), na qual, é responsável pela execução das estratégias contidas no documento denominado *New Zealand Energy Efficiency and Conservation Strategy* (NZECS), no qual possui as metas, os objetivos e os caminhos a serem percorridos para atingir ganhos de eficiência energética e fomentar a energia renovável. Além disso, o país definiu construir um sistema energético sustentável, com baixas emissões de gases que causam o efeito estufa e para isso elaborou um documento (*New Zealand Energy Strategy – NZES*) que foi discutido por meio de consulta pública e envolveu mais de 330 organizações.

Na França, as ações em eficiência energética são de responsabilidade: da *Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie* (ADEME), da *Direction Generale de l'Energie et des Matieres Premieres* (DGEMP) e da empresa estatal *Electricité de France* (EDF).

A ADEME é responsável pelo apoio à pesquisa, divulgação de informações, formulação de diagnósticos, criação de ferramentas de gestão energética, incentivos fiscais e capacitação profissional. Possui também um acervo de informações sobre como evitar gastos de energia em diversos processos, como: secagem, filtragem, ar comprimido, entre outros (ADEME, 2018).

A DGEMP tem a função de escolher as políticas energéticas no país e garantir o seu abastecimento em fontes minerais. Possui as seguintes atribuições:

- Estudar as perspectivas de evolução da matriz energética francesa;
- Analisar pesquisas em eficiência energética, combustíveis fósseis, fontes renováveis de energia e energia nuclear;
- Criar mecanismos que visem melhorar a eficiência energética de equipamentos e edifícios.

A EDF por meio de um programa chamado *Maîtrise de la Demande d'Énergie* (MDE) apresenta aos consumidores diversas opções para controlar o consumo de energia elétrica, como diagnósticos em prédios e instalações e através de uma ferramenta *online* denominada de *Di@lege*, na qual, sugere aos clientes equipamentos elétricos que melhor se encaixam em seus projetos, como também, possibilita um controle regular do consumo de energia e com sua equipe de especialistas desenvolve soluções ambientalmente corretas (EDF, 2008 apud BAJAY; SANTANA, 2010).

Na Dinamarca o órgão responsável pelos planos para o suprimento, uso da energia e aplicação de iniciativas nas indústrias é a *Danish Energy Authority* (DEA), criada em 1976. Uma das iniciativas aplicadas pela DEA é o Pacote Verde de Impostos (Green Tax Package) que penaliza as empresas que emitem ou consomem gases do efeito estufa, CO₂ e energia acima de determinado índice.

No México, o setor de eficiência energética é gerido por três instituições: a *Comission Nacional para el Ahorro de Energia* (CONAE), o *Consejo Nacional de Industriales Ecologistas de Mexico* (Conieco) e o *Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica* (FIDE) que atua em parceria com o governo.

A CONAE é uma entidade do governo que está vinculada a Secretaria de Energia e que possui a responsabilidade de apoiar entidades públicas e privadas no quesito técnico em eficiência energética e fontes renováveis de energia. Possui atuação marcante no setor residencial (CONAE, 2018).

O Conieco é uma associação sem fins lucrativos que reúne mais de 1.100 empresas industriais, com o objetivo de preservação ecológica. Anualmente, apresenta congressos internacionais de meio ambiente e realiza fóruns de meio ambiente e energia no México (Conieco, 2018).

Criado no México em 1990 pela Comissão Federal de Eletricidade, o FIDE é uma instituição privada, sem fins lucrativos, com a função de melhorar a eficiência energética por

meio de novos equipamentos e possibilitando condições para sua comercialização (FIDE, 2018).

Na Espanha, o *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía* (IDAE) é a entidade pública empresarial que administra a eficiência energética no país por meio de projetos que visam o estímulo ao uso de combustíveis limpos, a troca de equipamentos obsoletos, a realização de auditorias energéticas, entre outros (IDAE, 2018).

Outros países como: Japão, Noruega, Suécia e Austrália, realizam programas semelhantes para reduzir desperdícios de energia nos setores da indústria, residência e comércio.

Nos Estados Unidos, a entidade que investe na pesquisa, no desenvolvimento, em programas de etiquetagem e padronização de equipamentos é o *Department of Energy* (DOE). O DOE criou o *Energy Efficiency and Renewable Energy* (EERE) para gerir a exploração de fontes renováveis e melhorar a competitividade econômica visando à redução de custos. Além disso, a idéia principal é melhorar a indústria, as empresas concessionárias de energia, os setores de transporte e construção civil (EERE, 2018).

Segundo Bajay e Santana (2010) no âmbito do governo federal, o programa responsável por reduzir os impactos das atividades industriais no meio ambiente e melhorar a eficiência energética industrial é o *Industrial Technologies Program* – ITP. Com parceria entre os setores público e privado, o ITP é dividido em três subprogramas:

Energy Intensive Industry: O intuito deste programa é conseguir parcerias com empresas privadas em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), com o objetivo de desenvolver tecnologias que melhorem a eficiência energética em oito tipos de indústrias energo-intensivas nos EUA – vidro, fundição de metais, indústria química, produção de alumínio, mineração, refino de petróleo, siderurgia e papel e celulose.

Crosscutting Technologies: Com o propósito de estimular a pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos eficientes em vários ramos industriais. O foco é em programas de P&D nas áreas de materiais, combustão, sensores e sistemas de controle de processos, trabalhando com energia térmica e eletricidade.

Best Practices: Para aumentar a produtividade e economizar energia o conhecimento das melhores práticas vivenciadas na indústria auxiliam as empresas. Realizado por meio de diagnósticos energéticos e divulgação de informações para pequenas e médias indústrias, como também, pelo desenvolvimento de softwares de dimensionamento, realização de cursos de treinamento e publicações nas áreas de motores, bombas, ventiladores, aquecimento direto, vapor de processo e ar comprimido.

Para que não ocorra a centralização de programas no ITP, o DOE também trabalha em parceria com as secretarias dos estados por meio dos *State Energy Programs* – SEP's. Os subprogramas dos estados são:

Industries of the Future - IOF: O objetivo é a redução do gasto com energia e o aumento da competitividade nos segmentos industriais energo-intensivos em vários estados.

Special Projects: financia as melhores tecnologias e procedimentos (*Best Practices*), programas, inovações e invenções nas áreas de motores industriais, ar comprimido, vapor e ciclos termodinâmicos combinados.

State of Washington's Combined Heat and Power Project: Criado em conjunto com a Universidade Estadual de Washington, que desenvolveu simulações e softwares para a indústria em projetos de co-geração envolvendo ciclos combinados.

Multi-State Project: Com o foco na realização de workshops industriais para pequenas e médias indústrias e concessionárias. A idéia é disseminar informações e aumentar a capacitação profissional após a desregulamentação dos setores de utilidade pública, destacando conceitos como a desverticalização dos custos da energia, redução de consumo no horário de ponta, e conservação de energia.

Além dos programas dos governos estaduais e do governo federal, existem também os programas de eficiência energética das concessionárias de eletricidade e de gás natural:

Energy Manager Services: Fundado pela *Central Hudson Gás e Electric* oferece serviços para consumidores comerciais e industriais com financiamentos a baixo custo, auditorias gratuitas e melhoria na utilização de energia de forma mais eficiente.

Facility Management Solutions: Criado pela *FirstEnergy*. Disponibiliza ferramentas de gestão e soluções para consumidores comerciais e industriais, por meio de material informativo que permite calcular o potencial de economia de energia.

Energy Audits Abacus: Executado pela *Illinois Power*. Estabelece uma ação coordenada de divulgação de informações, auditorias e produtos eficientes oferecidos a consumidores comerciais e industriais com descontos nas tarifas.

Business Energy Tax Credits: Instituído pela *Pacificorp*. Abatimento de impostos para indústrias que realizem projetos de eficiência energética no estado de *Oregon*.

Control Energy Costs: Executado pela *Portland General Electric*. Programas e serviços para consumidores comerciais e industriais com isenção de impostos e incentivos para upgrades e novas construções que façam o uso de tecnologias de alta eficiência. Também, disponibiliza via Internet, ferramentas para melhorar a gestão energética e a adoção de tecnologias mais eficientes.

A União Europeia instituiu como questão inicial para a sua política energética a redução do consumo de energia e a eliminação do desperdício energético. Os países membros firmaram em 2007 um acordo de reduzir o consumo médio anual de energia em 20% até 2020. Em particular, Portugal instituiu como meta minimizar em 25% o consumo de energia primária.

Além disso, a União Europeia exige como regra que os países membros respeitem uma série de critérios, como a *Energy Performance in Buildings Directive* (EPBD) que exige a classificação das edificações em transferências onerosas de propriedade (compra, venda e aluguel) e que edificações públicas tenham sua classificação na entrada do prédio (Eletrobras, 2015 apud GOMES, 2017).

Em 2014, a Alemanha lançou o *Nationale Aktionsplan Energieeffizienz* (NAPE) como objetivo para o governo nos próximos anos, tendo como metas:

- Aumentar a eficiência energética no setor de construção do país para atingir uma economia de 80% no uso de energia primária em edifícios em comparação com 2008;
- Definição de modelos comerciais para eficiência energética;
- Levantamento das economias de energia e coleta de dados para que a população possa utilizar como referência nas tomadas de decisão sobre o consumo de energia;
- Redução de 50% no consumo projetado de energia para 2050, realizado em 2008 (EIA, 2016 apud GOMES, 2017).

De acordo com a *British Petroleum* (2018) os maiores consumidores de energia do mundo são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Consumo de Energia Mundial

Maiores Consumidores de Energia do Mundo		
Ranking	País	Consumo (10⁶*tep)
1	China	3.132,2
2	Estados Unidos	2.234,9
3	Índia	753,7
4	Rússia	698,3
5	Japão	456,4
6	Canadá	348,7
7	Alemanha	335,1
8	Coréia do Sul	295,9
9	Brasil	294,4

Fonte: *British Petroleum* (2018)

2.1 Ranking Internacional da Eficiência Energética - ACEEE

Na quarta edição do *International Energy Efficiency Scorecard* da *American Council For An Energy-Efficient Economy* - ACEEE (2018), 25 dos principais países consumidores de energia do mundo, equivalente a 78% de toda energia consumida no planeta, foram avaliados para se determinar por meio de um ranking, as melhores políticas de eficiência e desempenho em três setores: indústria, transporte e edificações. Para isso utilizou-se 36 critérios, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios utilizados na Classificação

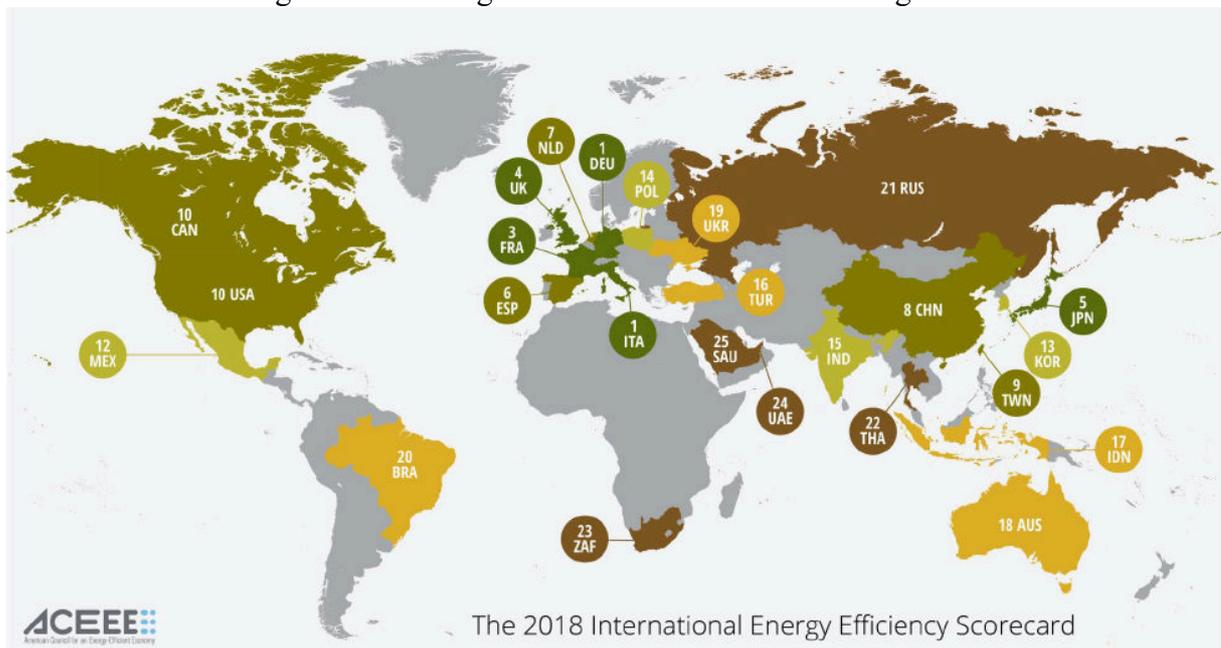
Critérios
Esforço Nacional
Mudança na Intensidade Energética entre 2010 e 2015
Gastos com Eficiência Energética
Metas de Economia de Energia
Eficiência de Usinas Termelétricas
Créditos Fiscais e Programas de Empréstimo
Gastos com P&D em Eficiência Energética
Dimensão do Mercado das Empresas de Serviços Energéticos
Política de Eficiência Hídrica
Disponibilidade de Dados
Edificações
Padrões de Aparelhos e Equipamentos
Códigos de Construção Residencial
Códigos de Construção Comercial
Políticas de Construção para <i>Retrofit</i>
Classificação de Construção e Divulgação
Etiquetagem de Aparelhos e Equipamentos
Intensidade Energética em Edifícios Residenciais
Intensidade Energética em Edifícios Comerciais
Indústria
Intensidade Energética do Setor Industrial
Acordos Voluntários de Desempenho Energético com os Fabricantes
Política de Incentivo à Gestão de Energia
Padrões Mínimos de Eficiência para Motores Elétricos
Mandato para Gerentes de Planta de Energia
Auditorias Energéticas Obrigatórias
Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento de Fabricação (P&D)
Participação da Produção Combinada de Calor e Energia na Capacidade Total Instalada
Política para Incentivar a Produção Combinada de Calor e Energia

Intensidade Energética da Agricultura
Transporte
Padrões de Economia de Combustível para Veículos Leves
Economia de Combustível para Veículos Leves
Normas de Economia de Combustível para Veículos Pesados
Milhas Percorridas com Veículos per Capita
Transporte de Mercadorias por Unidade de Atividade Econômica
Intensidade Energética no Transporte de Mercadorias
Uso de Transporte Público
Investimento em Trânsito Ferroviário Versus Estradas
Iniciativas Inteligentes de Frete

Fonte: ACEEE (2018)

Os cinco primeiros colocados foram: Alemanha, Itália, França, Reino Unido e Japão. Sendo a pontuação máxima de 100 pontos. O Brasil aparece na 20ª colocação, como mostra a Figura 1 e a Tabela 3.

Figura 1 - Ranking Mundial sobre Eficiência Energética



Fonte: ACEEE (2018)

Tabela 3 - Ranking de Eficiência Energética Mundial

Ranking de Eficiência Energética Mundial					
Ranking	País	Pontuação	Ranking	País	Pontuação
1	Alemanha	75,5	14	Polônia	51
1	Itália	75,5	15	Índia	50,5
3	França	73,5	16	Turquia	50
4	Reino Unido	73	17	Indonésia	45
5	Japão	67	18	Austrália	40,5
6	Espanha	65,5	19	Ucrânia	38
7	Holanda	65	20	Brasil	36,5
8	China	59,5	21	Rússia	34,5
9	Taiwan	57	22	Tailândia	29
10	Canadá	55,5	23	África do Sul	23,5
10	Estados Unidos	55,5	24	Emirados Árabes Unidos	18
12	México	54	25	Arábia Saudita	16,5
13	Coréia do Sul	52,5			

Fonte: ACEEE (2018)

2.2 Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2016) As principais políticas de eficiência energética no Brasil são:

Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf): Possui como objetivo a orientação de medidas a serem tomadas para que se consiga economizar energia dentro do Planejamento Energético Nacional.

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): Programa de etiquetagem voltado para racionalização da energia por meio de informações sobre a eficiência energética.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel): Com foco na elaboração de leis e regulamentos sobre eficiência energética, como também no combate ao desperdício, uso racional e eficiente de energia elétrica.

Selo Procel: uma ferramenta simples e eficaz com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais, que permite ao consumidor no ato da compra a conhecer os equipamentos eletrodomésticos com maior eficiência no mercado dentro de cada categoria.

Figura 2 - Selo Procel



Fonte: Procel (2018)

Reluz: Instituir projetos de eficiência energética nos sistemas de iluminação pública e sinalização semafórica.

Programa Nacional para Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet): Atua na área do transporte, educação e eficiência energética de equipamentos. Com o propósito de agir nos derivados do petróleo e do gás natural com a racionalização do consumo, fornecimento de apoio técnico, desenvolvimento de pesquisas, tecnologias e redução da emissão de gases poluentes na atmosfera.

Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição (PEE): As distribuidoras devem investir um % mínimo da receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética.

Proesco: Possui o objetivo de apoiar projetos de eficiência energética no país.

Lei de eficiência energética nº 10.295: Institui níveis mínimos de eficiência energética ou máximos de consumo específico de energia para máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no País.

Plano Inova Energia: Estuda quatro linhas de inovação: energia alternativa, desenvolvimento na transmissão de longa distância em alta tensão, melhoria de dispositivos eficientes para veículos elétricos e redes inteligentes voltadas para a distribuição de energia de forma mais eficiente.

Inovar Auto: Melhorar a eficiência de carros produzidos e vendidos no Brasil, aumentando a competitividade, segurança e tecnologia. Possui meta de conseguir 17,26 km/l na gasolina e 11,96 km/l no etanol.

Etiquetagem de veículos leves: Com o intuito de informar ao consumidor o nível de eficiência energética do produto adquirido.

2.3 Etiquetagem no Brasil

No Brasil o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) no ano de 1984 começou uma discussão com a sociedade sobre a questão da eficiência energética, com o objetivo de melhorar o uso da energia no Brasil, por meio de informações e ao estímulo à melhor decisão de compra dos consumidores (CB3E, 2014).

No começo o projeto era restrito ao setor automotivo, porém, cresceu e transformou-se no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), tornando-se hoje um amplo programa de energia, o qual, por meio da etiquetagem, informa a eficiência energética dos produtos comercializados no país que consomem energia.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é o selo de conformidade que garante o comprimento do desempenho estabelecido em regulamentos técnicos e normas.

As vantagens da implantação da etiqueta são:

- Possibilitar o crescimento do país com o controle do aumento ocasionado no consumo de energia;
- Ajudar a população na compra de um imóvel, podendo-se comparar a eficiência energética das edificações, criando-se um diferencial entre elas;
- Auxiliar o governo a estabelecer índices mínimos para novas construções, como também para criação de políticas, programas e projetos para melhorar a eficiência energética do país.

Com a ação voluntária dos fornecedores, o PBE conseguiu dois importantes parceiros: a Eletrobrás, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e a Petrobras, com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet).

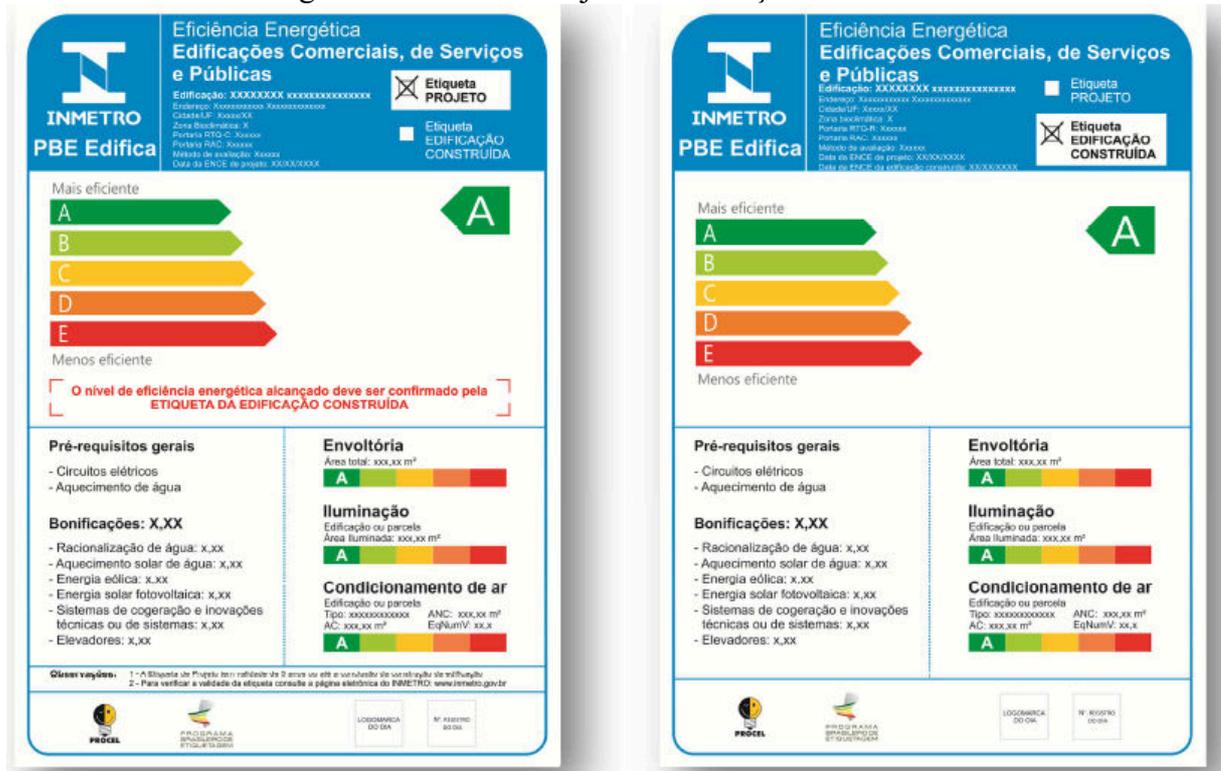
O Procel, desde 1985, apóia e desenvolve projetos como produção de novas tecnologias, materiais e sistemas construtivos na área de conservação de energia em edificações públicas, comerciais e residenciais. Em 2003 foi criado um subprograma, o Procel Edifica, responsável por desenvolver atividades voltadas para divulgação e estímulo à aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações.

“A partir daí, desenvolveu-se, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), além dos Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC) e seus documentos complementares, como os Manuais para aplicação do RTQ-C, do RTQ-R e do RAC.

Os RTQ-C e RTQ-R contêm os quesitos necessários para classificação do nível de eficiência energética das edificações. O RAC apresenta os procedimentos para submissão para avaliação, direitos e deveres dos envolvidos, o modelo das ENCEs, a lista de documentos que devem ser encaminhados, modelos de formulários para preenchimento, dentre outros. É o documento que permite ao edifício obter a ENCE do Inmetro” (CB3E, 2014).

Para adquirir a etiquetagem em edificações deve-se realizar dois processos – inspeção de projeto e inspeção da edificação construída – sendo emitida no final dos mesmos, a ENCE de projeto e a ENCE da edificação construída, como mostra a Figura 3 (CB3E, 2014).

Figura 3 - ENCE de Projeto e Edificação Construída



Fonte: Lamberts *et al.* (2013)

A inspeção de projeto pode ser elaborada por dois métodos: o prescritivo e a simulação termoenergética, enquanto a inspeção da edificação construída deve ser realizada por meio da inspeção amostral *in loco*. Em todas as inspeções alguns sistemas são avaliados, sendo eles: sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar, envoltória e bonificações.

No método prescritivo os sistemas são analisados por meio de parâmetros pré-definidos ou por meio de cálculos para uma avaliação final da eficiência energética da edificação. Por causa da tipologia padrão, este método é mais generalista, possuindo algumas limitações, principalmente na volumetria. Para a classificação final cada um dos sistemas possui uma porcentagem da nota, sendo 30% envoltória, 40% condicionamento de ar e 30% iluminação.

O método da simulação termoenergética é realizado por meio de dois modelos computacionais, no qual um é a edificação real (proposta em projeto) e a outra de referência (baseada no método prescritivo). Após a comparação anual do consumo de energia elétrica realizado pela simulação é obtida a classificação, sendo que o modelo real deve possuir consumo inferior ao do modelo de referência para a classe de eficiência pretendida.

Deve-se ressaltar que os sistemas avaliados pelos métodos prescritivo e simulação podem ser realizados de modo combinado, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1- Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação Geral

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Ventilação Natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Simulação	Método Simulação

Fonte: CB3E (2014)

A envoltória de uma edificação reflete em seu consumo de energia, por estar sujeita a fenômenos térmicos presentes em seu entorno e que podem ser transferidos. Pode ser entendida como a “pele” do edifício, com elementos que estão em contato com o meio exterior e compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. A economia de energia acontece quando se consegue controlar as fontes internas, reduzir os ganhos de calor solar e a troca de calor entre a edificação e o ambiente exterior (CEPEL, 2015).

Segundo o CB3E (2014) a envoltória está relacionada com o sistema construtivo externo à edificação, acima do nível do solo, como paredes e cobertura. São analisadas as características da edificação, os materiais utilizados e o local onde foram instalados na fachada. Algumas características avaliadas são: cores e absorvância de superfícies, transmitância térmica, iluminação zenital, percentual de abertura na fachada, ventilação natural e ângulos de sombreamento.

Quanto maior a absorvância, maior a parcela da energia incidente que se transforma em calor após incidir sobre um material opaco. Cores mais claras possui absorvâncias inferiores as escuras (LAMBERTS *et al.*, 2013).

A transmitância térmica é a transmissão de calor por unidade de tempo que através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, paredes externas ou

cobertura, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes.

A iluminação zenital possibilita que a luz natural penetre nos ambientes internos, resultando na redução no consumo de eletricidade em iluminação. Porém, o RTQ-C penaliza esta prática ao estabelecer percentuais reduzidos de aberturas zenitais, garantindo que a entrada de luz natural no edifício não resulte, simultaneamente, em uma elevação da carga térmica através radiação solar. Um projeto de iluminação, com aberturas bem distribuídas e com especificações de vidros adequados possui condições de ter um bom aproveitamento da luz natural, resultando em uma significativa economia de energia elétrica.

A iluminação pode ser dividida em dois tipos: a iluminação natural e a iluminação artificial. O aproveitamento da luz natural durante o dia em edificações pode, pela combinação ou substituição da luz artificial, contribuir de maneira significativa para a redução do consumo de energia elétrica, melhorar o conforto visual e o bem-estar dos ocupantes.

A iluminação artificial é fundamental para o funcionamento das edificações permitindo o trabalho em locais afastados da fachada e em horários em que a luz natural não alcança os níveis mínimos de iluminação. É necessário garantir níveis corretos de iluminação, permitindo o desempenho das tarefas por seus usuários em condições de conforto e salubridade. Entretanto, o sistema de iluminação artificial apresenta dois tipos de consumo de energia: o consumo direto, ao exigir eletricidade para gerar luz, e um consumo indireto, decorrente do calor gerado nesse processo.

O Sistema de Iluminação analisa a densidade de potência instalada (DPI). A avaliação ocorre de acordo com: a divisão dos circuitos, a utilização da iluminação natural e o desligamento automático para o sistema de iluminação.

Segundo Araújo (2011) condicionamento de ar é um processo de tratamento do ar que controla simultaneamente a temperatura, umidade, pureza e distribuição, visando proporcionar conforto térmico aos ocupantes ou condições especiais exigidas por equipamentos e/ou processos.

O Sistema de Condicionamento de Ar analisa as características e a eficiência dos equipamentos, além de fatores como o isolamento dos dutos. Atualmente, no mercado encontram-se os seguintes tipos, como mostra a Figura 4:

- **Portátil:** podem ser utilizados em todos os ambientes da casa onde for necessária climatização e tem custo zero de instalação;
- **Janela:** possuem o evaporador e condensador no mesmo gabinete. Devem ser instalados embutidos nos vãos de janelas ou nas paredes;

- **Split:** Possui dois equipamentos, sendo um deles instalado no interior, o evaporador, e outro no exterior da edificação, o condensador. Como o condensador é instalado do lado de fora do ambiente, o ruído de operação é minimizado.
- **Centrais:** São equipamentos de grande porte e capacidade. São sistemas cujo refrigerante resfria um líquido intermediário, que normalmente é a água gelada.
- **Condicionadores de ar *self contained*:** São equipamentos de custo mais elevado. Necessita de estudos complexos de engenharia e mão de obra especializada.

Figura 4 - Tipos de Condicionadores de Ar



Portátil



Janela



Split



Central



Self Contained

Fonte: Próprio Autor, Catálogo de Fabricantes (2018)

As bonificações são alcançadas por meio de sistemas que aumentem a eficiência energética da edificação. Entre esses sistemas estão: elevadores que atingirem classe A pela avaliação da norma alemã *Verein Deutscher Ingenieure* (VDI) 4707, uso racional da água, fontes de energia renovável, iluminação natural, cogeração e inovações técnicas. Caso se consiga a bonificação a edificação pode melhorar em uma classe.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) tem como finalidade classificar a eficiência energética do empreendimento, podendo ser classe A (mais eficiente) até classe E (menos eficiente). O Quadro 2 demonstra a divisão das classes por pontos:

Quadro 2 - Pontuação Necessária por Classe

Classificação	Pontos
A	≥ 4,5
B	≥ 3,5 a < 4,5
C	≥ 2,5 a < 3,5
D	≥ 1,5 a < 2,5
E	< 1,5

Fonte: Lamberts *et al.* (2013)

A classe de eficiência alcançada pelo edifício é avaliada por um Organismo de Inspeção Acreditado pelo Inmetro (OIA), que irá verificar as características projetadas e construídas do edifício com base nas exigências contidas nos regulamentos técnicos.

Segundo Buges (2014) os profissionais habilitados para trabalhar no Organismo de Inspeção podem ser arquitetos, urbanistas, engenheiros civis, eletricitas, mecânicos, outros profissionais da engenharia que possuam o conhecimento sobre condicionadores de ar, técnicos em elétrica, eletrotécnica, mecatrônica e edificações.

No primeiro passo, o proprietário ou responsável deve escolher um OIA que tenha a atribuição para gerar a etiqueta pretendida por meio do método de análise escolhido. Para adquirir a Etiqueta PBE Edifica, primeiramente deve-se enviar a documentação relativa ao projeto da edificação, o termo de compromisso, a cópia do contrato social caso seja pessoa jurídica, declaração dos responsáveis técnicos da obra, o formulário de solicitação indicando o tipo de etiqueta e o método de análise, dentre outros documentos. Depois de verificar toda a documentação e caso não falte nenhuma informação, o OIA executa a inspeção de projeto, obtendo o nível de eficiência energética que será enviado para o Inmetro, para que a etiqueta seja produzida.

A Inspeção do edifício construído pode levar até cinco anos depois de gerada a etiqueta de projeto. Em sua avaliação, é observado se o projeto foi construído de acordo com o especificado. A Inspeção é feita com medições *in loco*, como também por meio de fotos e documentos fiscais, no qual, se analisa se os equipamentos e os sistemas detalhados no projeto estão de acordo. Estando tudo de acordo, o OIA encaminha para que o Inmetro emita a etiqueta da edificação construída. Caso na inspeção de edificação construída esteja algo

diferente do projeto, o solicitante terá um tempo para alteração. Se nada for feito no prazo estabelecido, a etiqueta da edificação construída indicará a nova classificação encontrada.

A etiquetagem não é aplicável para plantas industriais ou aquelas sem uso humano. No Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) foi divulgado o calendário da obrigatoriedade do PBE Edifica, no qual, definiu-se até 2020 para prédios públicos, até 2025 para edificações comerciais e até 2030 para edificações residenciais. Porém, com a publicação da IN nº02 de 04 de Junho de 2014 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), a etiquetagem tornou-se obrigatória para edificações públicas federais desde 05 de agosto de 2014 (CB3E, 2014).

2.4 Panorama Brasileiro

O desenvolvimento de instrumentos regulatórios para inserção da eficiência energética em edificações, em particular a utilização da eficiência energética em códigos de obras, com boa aceitação pelo mercado e de acordo com a realidade, que demonstrem ótimos níveis de conformidade e redução efetiva do consumo energético é um tema complexo, sendo necessária para sua conclusão a participação de diversos setores da sociedade (pesquisadores, instituições governamentais, fabricantes, projetistas, entre outros). Porém, a excelência técnica e um diagnóstico apurado da realidade não são suficientes, é preciso também, grande comprometimento governamental que viabilize a sua implantação e execução (TEODORO, 2012).

Segundo Baratella (2011) a área científica responsável pelo desenvolvimento de ferramentas e métodos para análise do desempenho e emissão de certificação de edifícios está em crescente evolução em todo o mundo. Os sistemas de avaliação e certificação estão influenciando o setor da construção em relação ao desempenho dos edifícios, alcançando sucesso considerável criando um grupo de pessoas interessadas em consolidar e promover mudanças positivas.

Segundo Buges (2014) as regulamentações ainda são novas, ocorrendo textos com trechos ambíguos e algumas vezes a ausência de informações para o uso total da ferramenta. Os procedimentos para determinação da eficiência energética da edificação são complexos e por ainda ser um tema de pouco interesse entre os profissionais brasileiros, resulta em pouca disseminação no país.

A seriedade no assunto pode ser observada na elaboração das ferramentas, no qual, o desenvolvimento dos Requisitos Técnicos da Qualidade (RTQs) contam com o auxílio da

Rede de Eficiência Energética (R3E), cuja, é formada por vários laboratórios vinculados as universidades brasileiras.

Em relação à complexidade da certificação, foram feitos manuais que explicam a aplicação dos RTQs, como também a realização de cursos, palestras e outros materiais para divulgar os processos para aquisição da etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações.

Segundo Giacomini (2017) os centros de pesquisa do país estão criando e melhorando as ferramentas voltadas para o processo de aplicação e monitoramento da edificação pelo RTQ, mas podem colaborar também com ensaios para o crescimento de dados de propriedades térmicas dos materiais. Outras considerações são:

- a realização de atualizações e revisões constantes pelo PBE Edifica, possibilitando o desenvolvimento do mercado, a promoção da eficiência energética, a criação de novos ramos de trabalho e campos de pesquisas;
- a complexidade dos cálculos no método prescritivo e o manuseio dos programas no método da simulação, destacando-se a necessidade da academia estar em harmonia com a prática profissional;
- o setor da construção civil não deveria considerar unicamente os custos mínimos e imediatos, mas o ciclo de vida da edificação buscando perspectiva de investimento de longo prazo;
- projetistas e especificadores de materiais deveriam levar em conta as zonas bioclimáticas e empregar métodos de eficiência energética nas edificações;
- fabricantes forneçam os dados das características térmicas de seus materiais em catálogos técnicos e que os projetistas informem os valores dos materiais em projeto.

Segundo Baratella (2011) um dos grandes desafios é que a quantidade de edifícios certificados ainda é muito pequena quando comparada ao número de edificações existentes. Portanto, a disseminação depende em grande parte da vontade política, mas também do interesse do setor da construção e dos agentes sociais. Porém, a construção sustentável de edifícios ainda não é uma prioridade na agenda governamental, o que nos diferencia de outros países.

Com isso, espera-se contribuir com os esforços para divulgação e aplicação da etiquetagem no Brasil.

3 METODOLOGIA E ESTUDO DE CASO

Para realização da avaliação da classe de eficiência energética e assim, obter a ENCE por meio do método da simulação foi escolhido o prédio do Centro de Excelência em Eficiência Energética – Excen (Figura 5) da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

Figura 5 - Localização do Excen



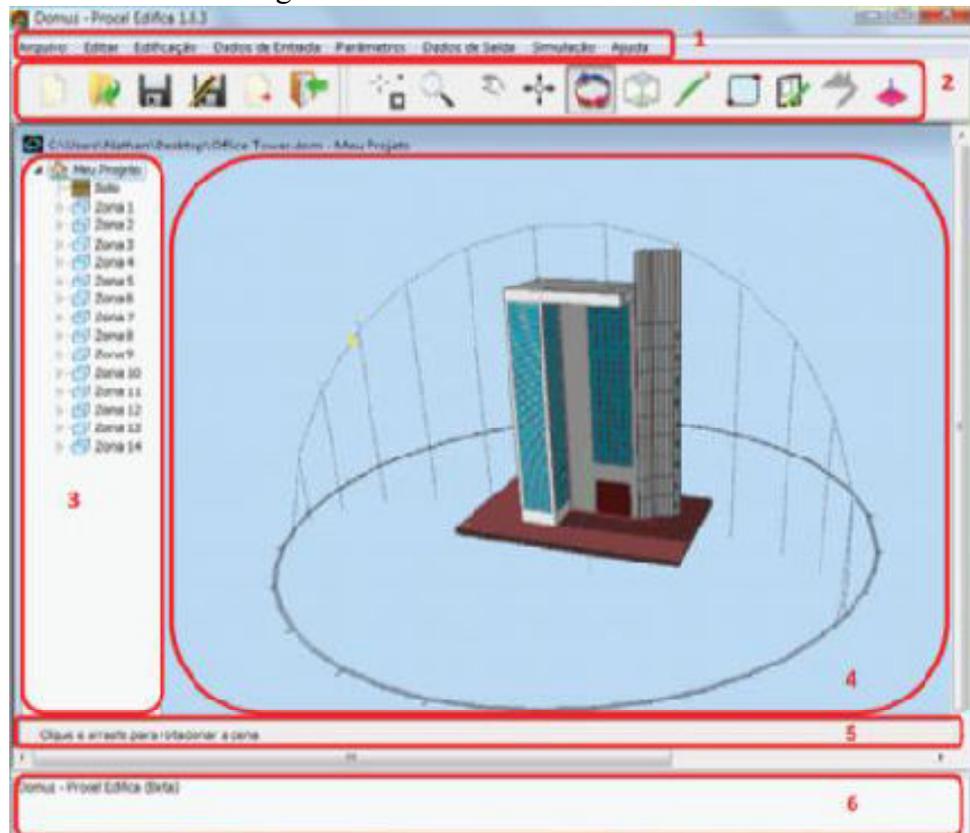
Fonte: Próprio Autor, Google Earth (2018)

Optou-se para realização da simulação, a utilização do *software* Domus. Desenvolvido há 15 anos pelo Laboratório de Sistemas Térmicos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), o Domus é um software para simulação da eficiência energética desenvolvido para profissionais de engenharia e arquitetura permitindo a avaliação de vários parâmetros como: consumo de energia, demanda de potência, monitoramento de sistemas centrais de condicionamento de ar, conforto térmico, dimensionamento de sistemas de climatização, risco de crescimento de mofo e de condensação (CB3E, 2014).

Com interface intuitiva organizada em: 1) Menus, 2) Barra de Ferramentas, 3) Exibição em Árvore, 4) Janela Principal, 5) Tela de Assistência ao Desenho e 6) Tela de Mensagem (Figura 6) e possuindo também a interface CAD, que permite a construção rápida de projetos para análise de desempenho e de sistemas de climatização. O programa possibilita

também escolher entre o método prescritivo ou de simulação, segundo o RTQ-C, para avaliação da classe de eficiência energética.

Figura 6 – Interface no Domus



Fonte: CB3E (2014)

Empregou-se também o *software* Autocad. Segundo Mota e Valle (2011) o Autocad (CAD = *computer aided design*) é um software para desenho desenvolvido pela Autodesk em 1982, utilizado para se fazer vários produtos ou serviços, no qual é possível trabalhar no modo 2D (altura e largura) ou 3D (altura, largura e profundidade). Presente em várias áreas como engenharia, arquitetura, indústria automobilística, informática, etc.

3.1 Excen

O Excen foi inaugurado no dia 15 de dezembro de 2006 e seu objetivo é promover o uso eficiente da energia e diminuir as perdas energéticas nos variados setores da sociedade. Possui duas linhas: estruturação da divulgação de novas tecnologias energéticas e estímulo ao uso de padrões racionais no consumo de energia (EXCEN, 2018).

As atividades desenvolvidas no Excen são:

- Formulação de métodos avaliativos para promover o uso eficiente de energia nas indústrias, comércio e residência;
- Criar materiais educacionais sobre eficiência energética;
- Propaga o conhecimento através de alunos de graduação e pós graduação;
- Capacita profissionais no ramo energético.

As figuras abaixo mostram o exterior da edificação, no qual, a Figura 7 mostra a fachada norte (vista frontal), a Figura 8 demonstra a fachada leste (vista lateral esquerda), a Figura 9 ilustra a fachada sul (vista da parte de trás) e a Figura 10 apresenta a fachada oeste (vista lateral direita).

Figura 7 - Excen vista frontal



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 8 - Excen vista lateral esquerda



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 9 - Excen vista da parte de trás



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 10 - Excen vista lateral direita



Fonte: Próprio Autor (2018)

Segue abaixo a planta arquitetônica do térreo (Figura 11):

3.1.1 Estrutura

As vigas e pilares são de concreto armado, sendo que suas dimensões variam de acordo com a carga calculada.

3.1.2 Paredes externas

As paredes são de bloco de concreto de 14x19x39 cm. Nas paredes das jardineiras utilizou-se revestimento cerâmico 5x15 cm na cor marfim. Nas demais paredes aplicou-se revestimento acrílico granulado tipo grafiato e pintura na cor marfim.

3.1.3 Paredes internas

As paredes internas são de bloco de concreto variando entre os blocos de 14x19x39 cm e 9x19x39 cm. Nos banheiros e cozinha aplicou-se revestimento de cerâmica 10x10 cm Portobello e rodabanca de 10 cm, ambos em granito. No auditório e na sala técnica utilizou-se forração acústica. Nas paredes da sala de aula e dos laboratórios de cogeração e uso eficiente de energia optou-se por reboco com pintura acrílica na cor branco neve e duas demãos de verniz próprio para paredes. Nas demais instalações aplicou-se pintura acrílica na cor branca sobre revestimento de gesso-cola com rodapé de 7 cm de granito.

3.1.4 Pisos

No auditório e na sala técnica utilizou-se carpete de 6 mm. Nos laboratórios de cogeração e uso eficiente de energia optou-se por concreto polido. Nos demais cômodos aplicou-se granito.

3.1.5 Tetos

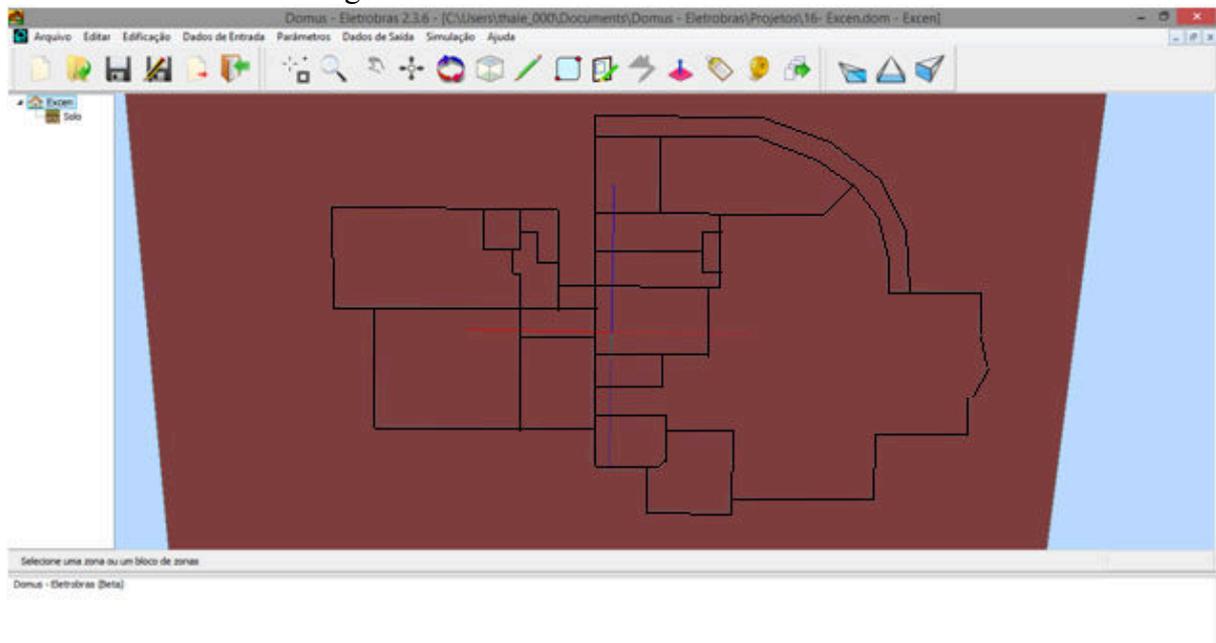
As lajes são pré moldadas com lajotas de EPS (*Expanded Polystyrene*) e telhas termoacústicas pré pintadas na cor branca. A clarabóia possui 1/4 de sua área em policarbonato alveolar de 10 mm na cor branco leitoso e o restante em telhas termoacústica, sendo a lateral fechada com venezianas em alumínio pré pintadas na cor branca. Nos laboratórios de cogeração e uso eficiente de energia optou-se por reboco com pintura acrílica

na cor branco neve e duas demãos de verniz próprio para paredes. Nas outras instalações executou-se com gesso acartonado de 13 mm aplicado sobre perfis metálicos em chapa galvanizada e acabamento em pintura PVA na cor branco neve.

3.2 Domus

O primeiro passo para o desenvolvimento do projeto no Domus foi desenhar a planta baixa do Excen (Figura 13).

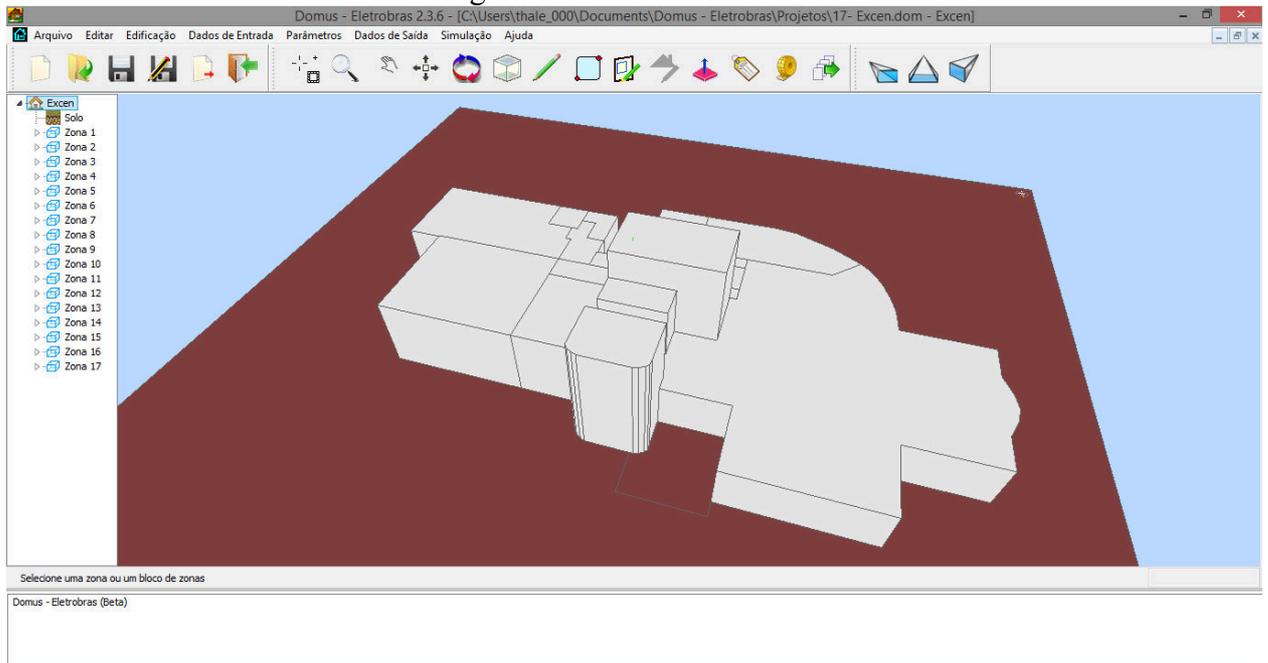
Figura 13 - Planta Baixa do Excen no Domus



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

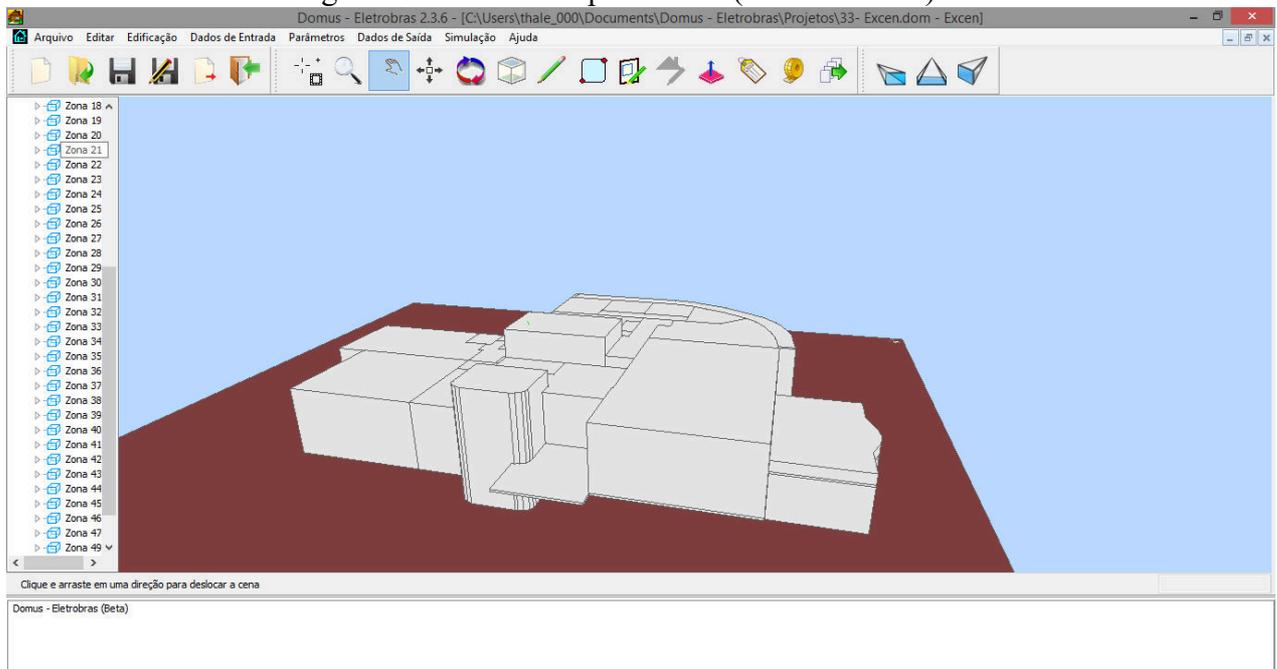
Em seguida, levantou-se as paredes dos cômodos. A figura 14 demonstra o pavimento térreo, a Figura 15 já com o 1º pavimento mostra a vista de frente e a Figura 16 ilustra como ficou parte de trás.

Figura 14 - Paredes Térreo



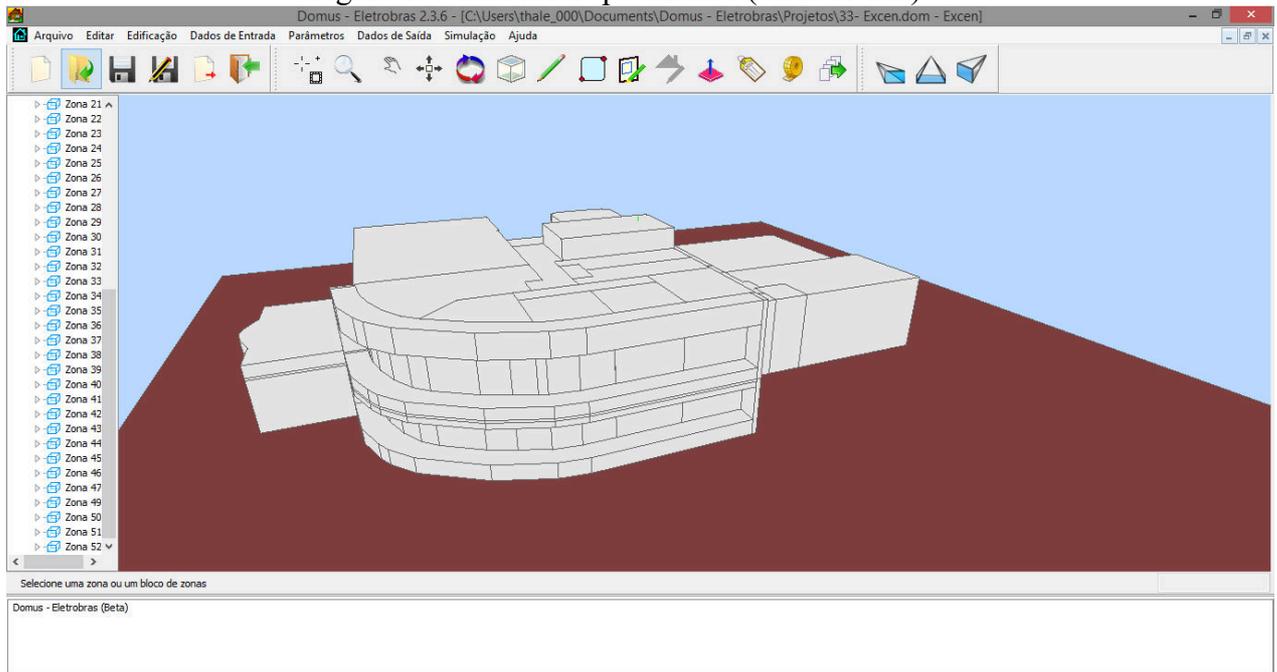
Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Figura 15 - Paredes 1º pavimento (vista de frente)



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

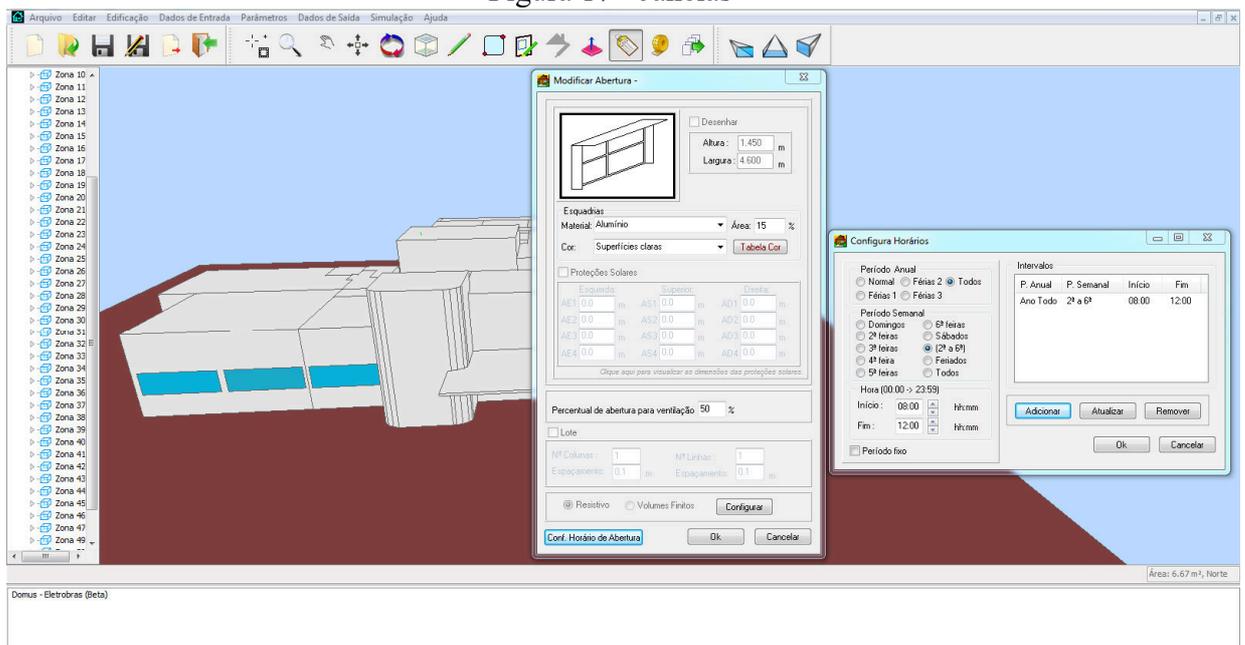
Figura 16 - Paredes 1º pavimento (vista de trás)



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Logo após, começou-se a colocar as janelas (Figura 17) e portas (Figura 18). A Tabela 4 mostra as horas de abertura das janelas por dia. Em seguida, configurou-se os materiais utilizados na edificação, como por exemplo na parede interna da copa (Figura 19).

Figura 17 - Janelas



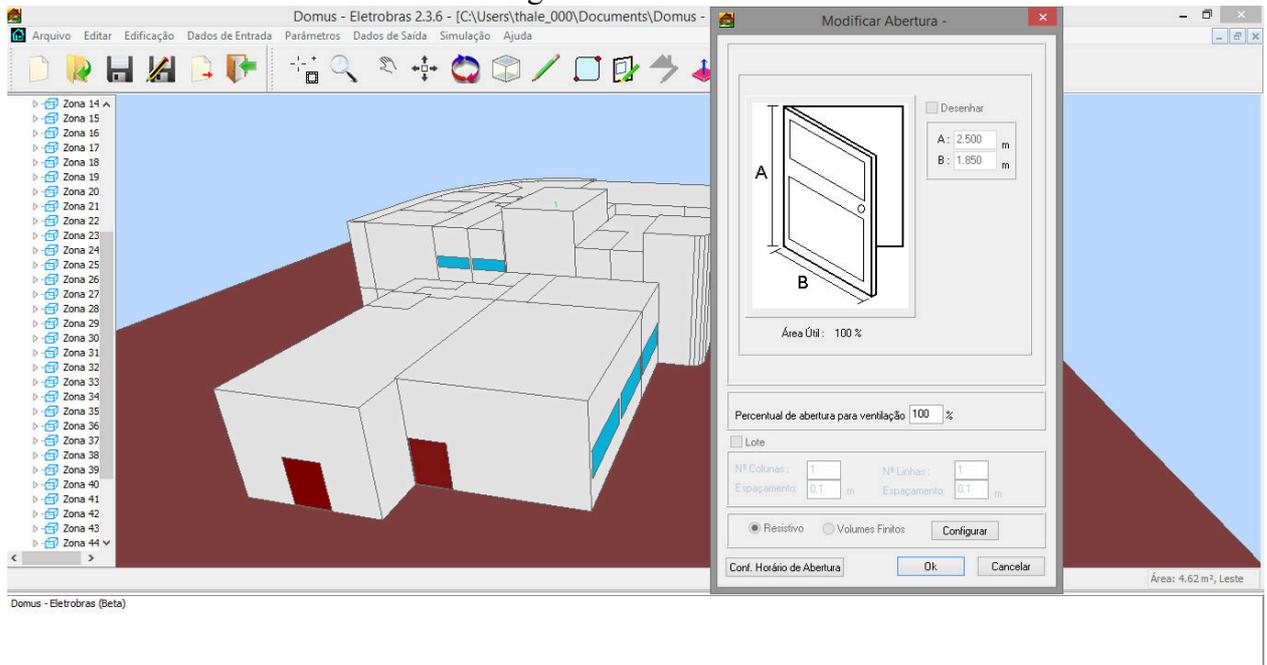
Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Tabela 4 - Abertura de Janela

Abertura de Janela	
Cômodo	Horário (h)
Laboratório de Uso Eficiente de Energia	4
Laboratório de Cogeração	4
Sanitário Masculino 1	8
Sanitário Feminino 1	8
Copa	6
Mezanino	8
Sanitário Masculino 2	8
Sanitário Feminino 2	8

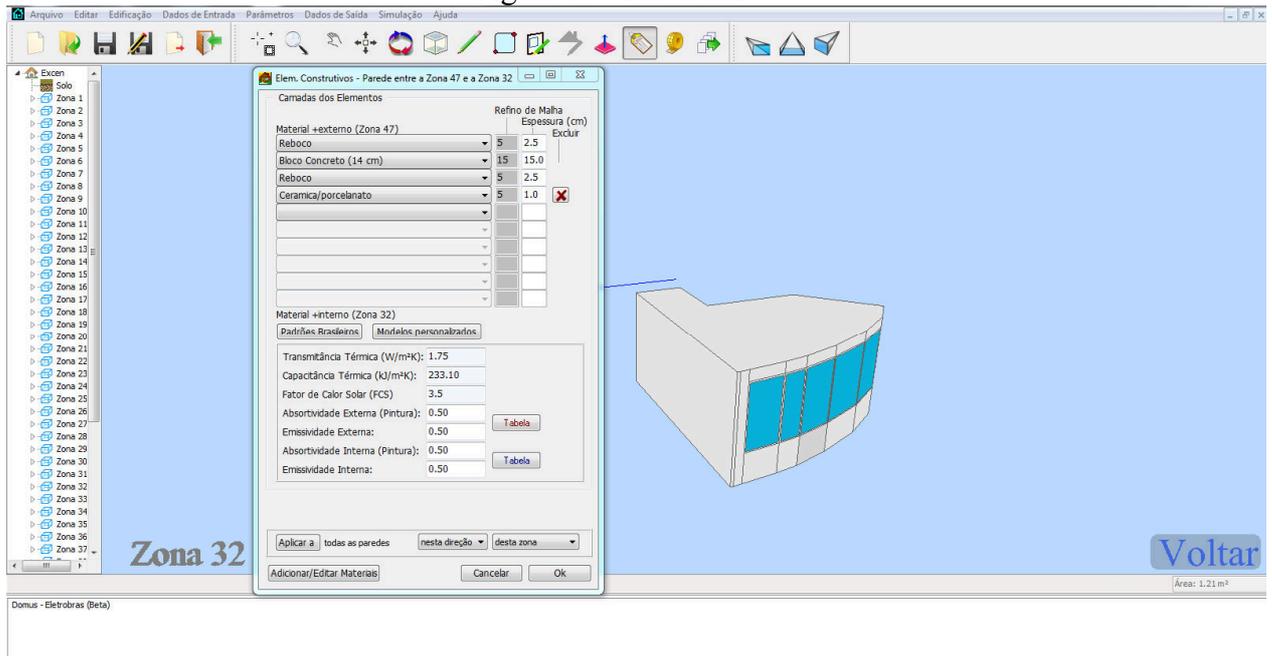
Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 18 - Portas



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

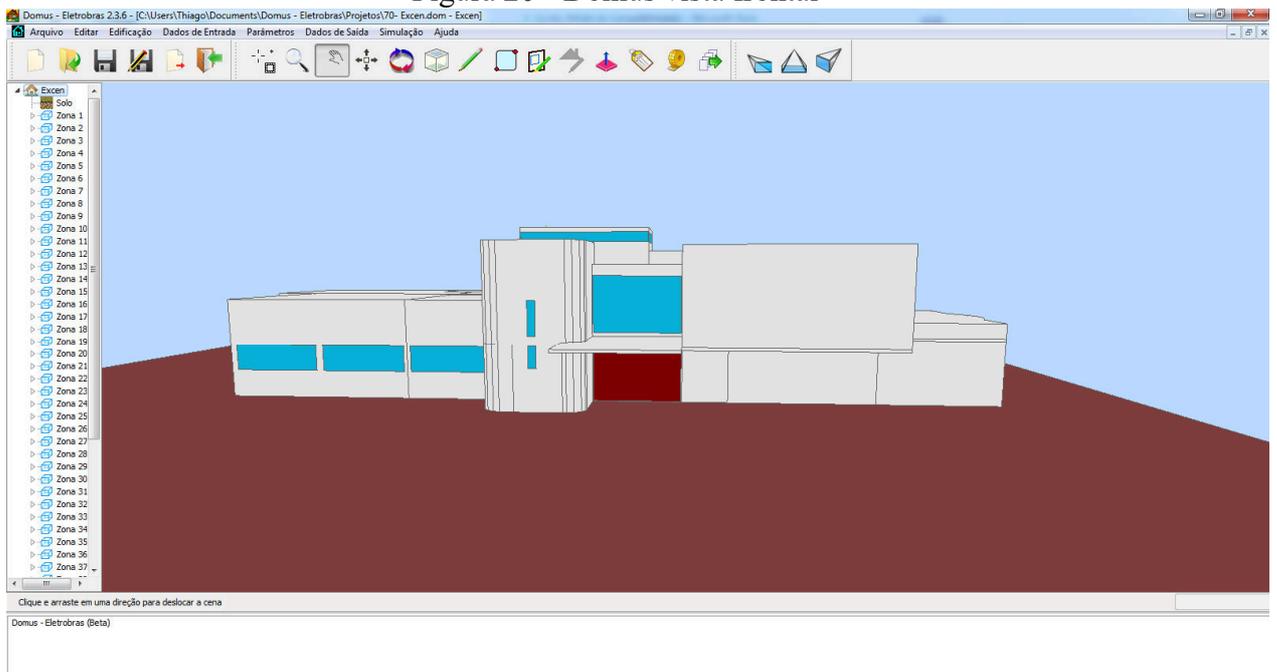
Figura 19 - Materiais



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

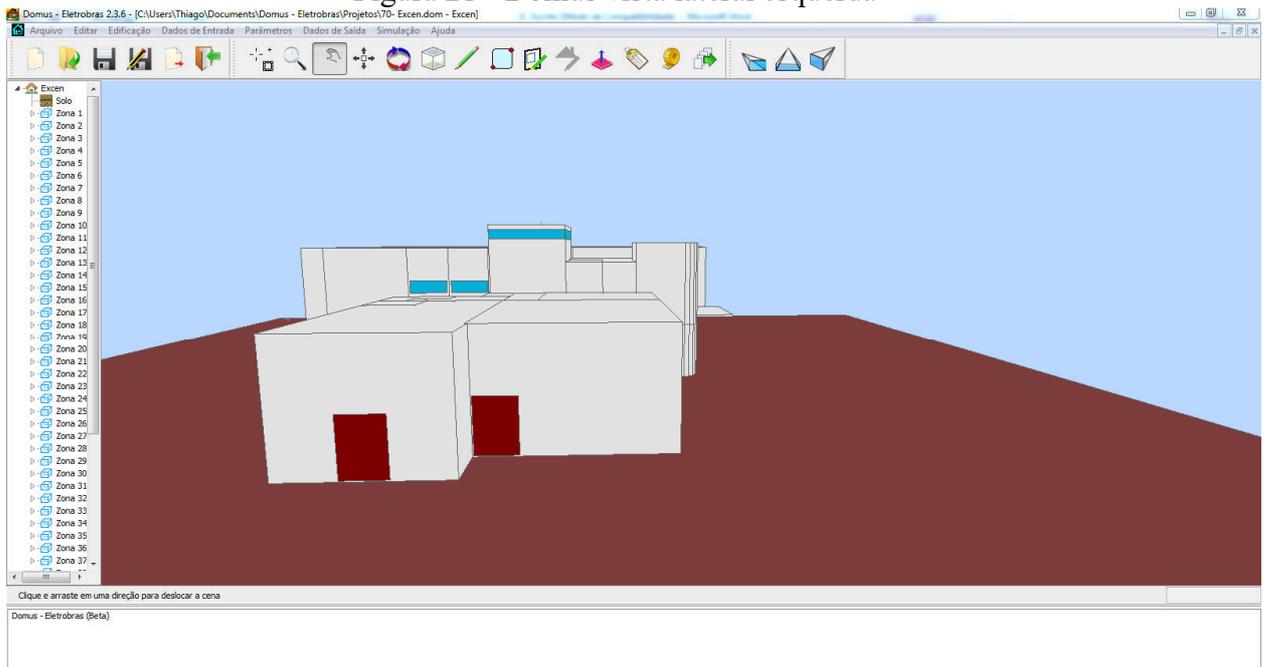
Após a inserção de portas e janelas obteve-se o 3D do Excen, sendo: vista frontal (Figura 20), vista lateral esquerda (Figura 21), vista da parte de trás (Figura 22) e vista lateral direita (Figura 23).

Figura 20 - Domus vista frontal



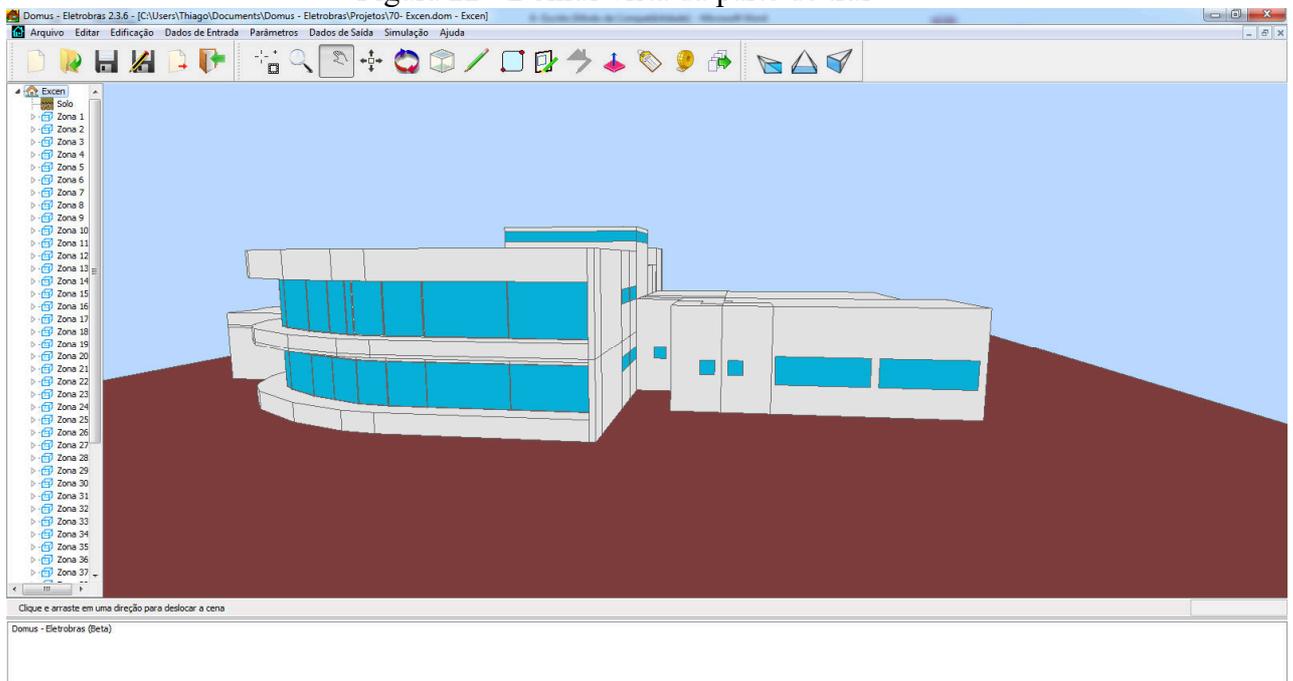
Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Figura 21 - Domus vista lateral esquerda



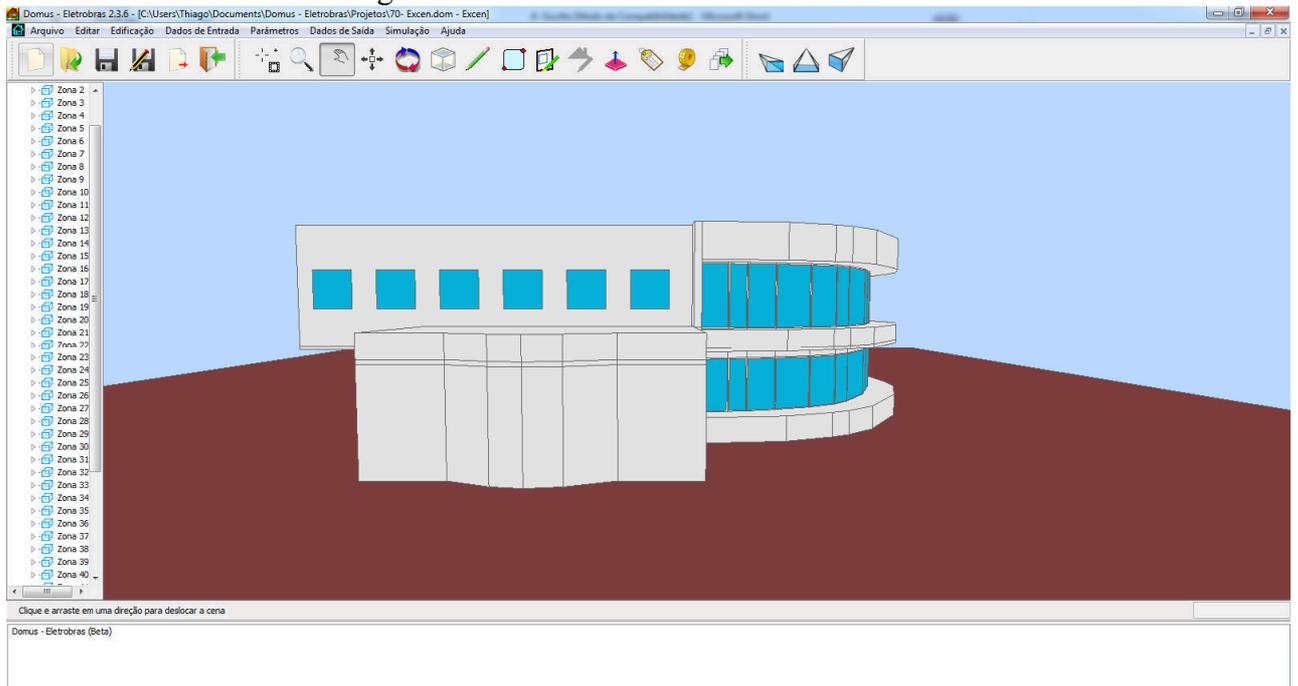
Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Figura 22 - Domus vista da parte de trás



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

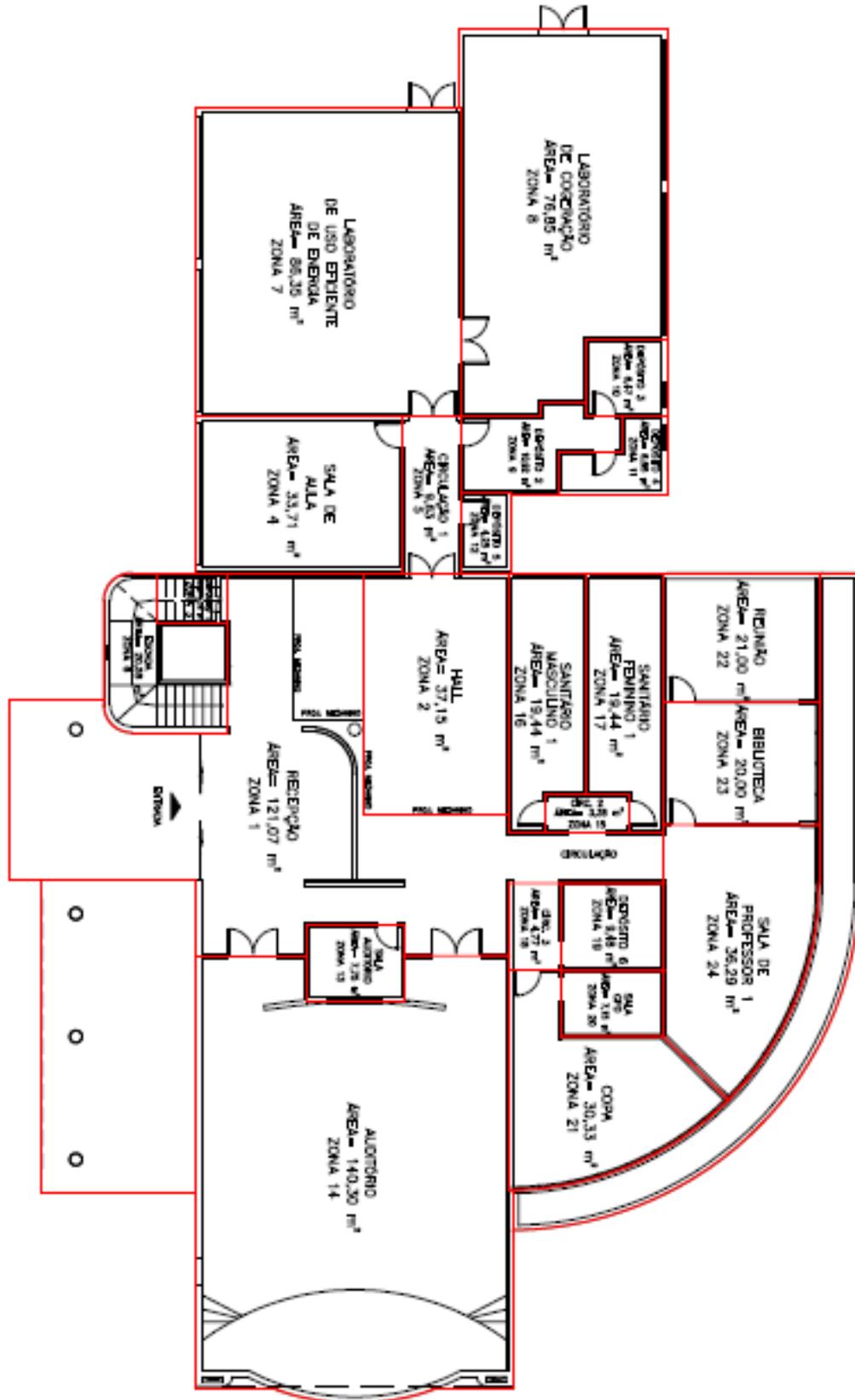
Figura 23 - Domus vista da lateral direita



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

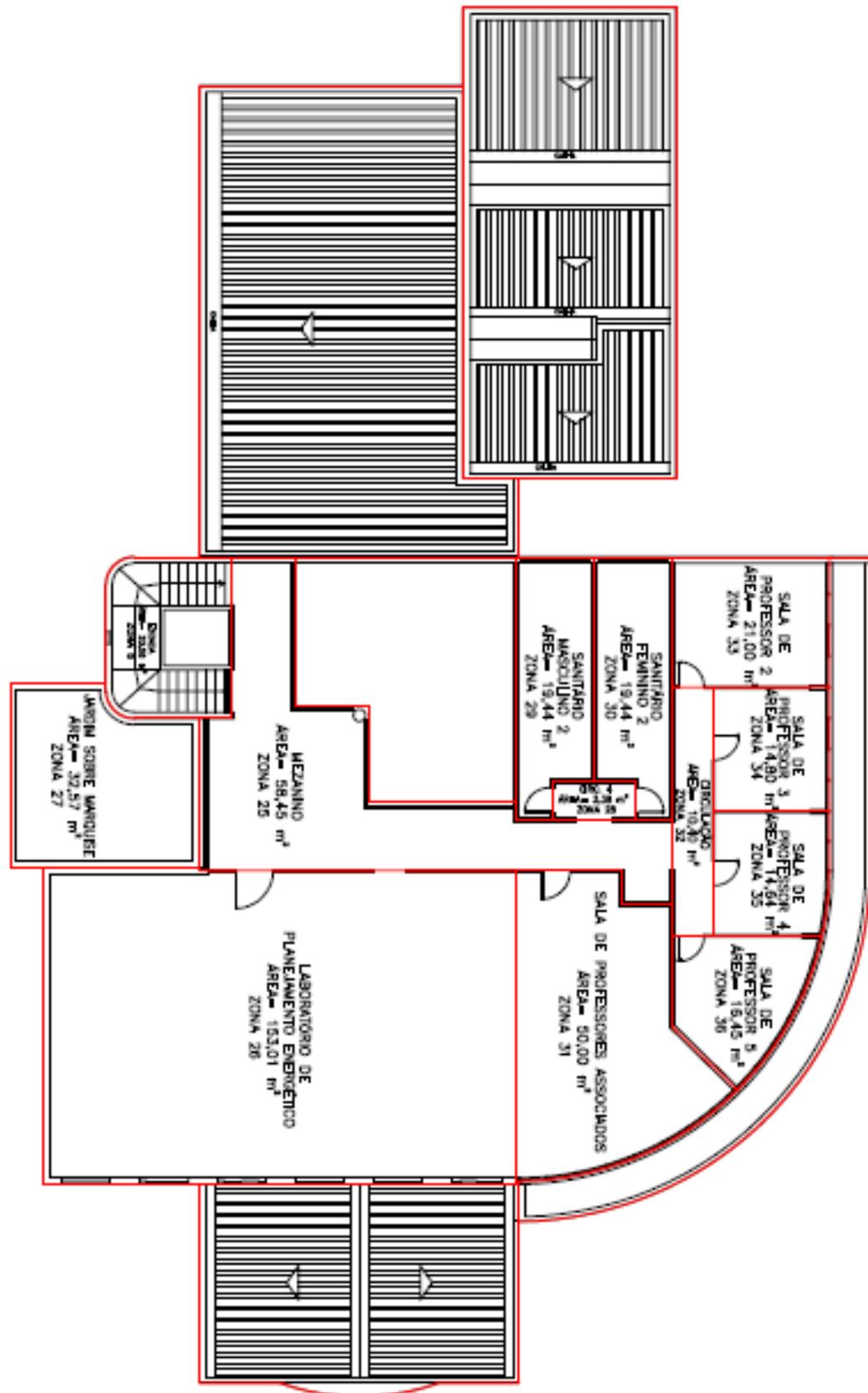
O próximo passo foi dividir os cômodos da edificação em zonas, para que se possa inserir os dados, como exemplo: os equipamentos instalados em um determinado cômodo. As Figuras 24 e 25 e a Tabela 5 mostram essa divisão.

Figura 24 - Divisão do térreo em Zonas



Fonte: Próprio Autor, Autocad (2018)

Figura 25 - Divisão 1º pavimento em Zonas



Fonte: Próprio Autor, Autocad (2018)

Tabela 5 - Divisão das Zonas

Divisão das Zonas	
Zona	Cômodo
1	Recepção
2	Hall
3	Depósito 1
4	Sala de Aula
5	Circulação 1
6	Escada
7	Laboratório de Uso Eficiente de Energia
8	Laboratório de Cogeração
9	Depósito 2
10	Depósito 3
11	Depósito 4
12	Depósito 5
13	Sala Auditório
14	Auditório
15	Circulação 2
16	Sanitário Masculino 1
17	Sanitário Feminino 1
18	Circulação 3
19	Depósito 6
20	Sala CPD
21	Copa
22	Reunião
23	Biblioteca
24	Sala de Professor 1
25	Mezanino
26	Laboratório de Planejamento Energético
27	Jardim sobre Marquise
28	Circulação 4
29	Sanitário Masculino 2
30	Sanitário Feminino 2
31	Sala de Professores Associados
32	Circulação
33	Sala de Professor 2
34	Sala de Professor 3
35	Sala de Professor 4
36	Sala de Professor 5

Fonte: Próprio Autor (2018)

Com a edificação dividida em zonas foi preciso realizar o levantamento de dados, como: os equipamentos consumidores de energia elétrica; a quantidade de lâmpadas; os aparelhos de ar condicionado; o volume das mobílias; o fluxo de pessoas, o peso, a altura e as atividades exercidas por essas pessoas no local. Após os dados computados foi necessário processá-los, e com isso foi possível montar as tabelas de ganhos internos, no qual se dividem em: equipamentos (Tabela 6), lâmpadas instaladas (Tabela 7), reator (Tabela 8), iluminação (Tabela 9), mobiliário (Tabela 10), condicionamento de ar (Tabela 11) e pessoas (Tabela 12).

Também utilizou-se catálogos de fabricantes para se obter alguns dados, como a potência necessária dos reatores para o funcionamento de determinadas lâmpadas instaladas na edificação. As Figuras 26, 27, 28, 29 e 30 ilustram a maneira de se colocar os dados obtidos nas tabelas no Domus. Observação: as zonas que não aparecem nas tabelas, deve-se por não possuir o item das mesmas.

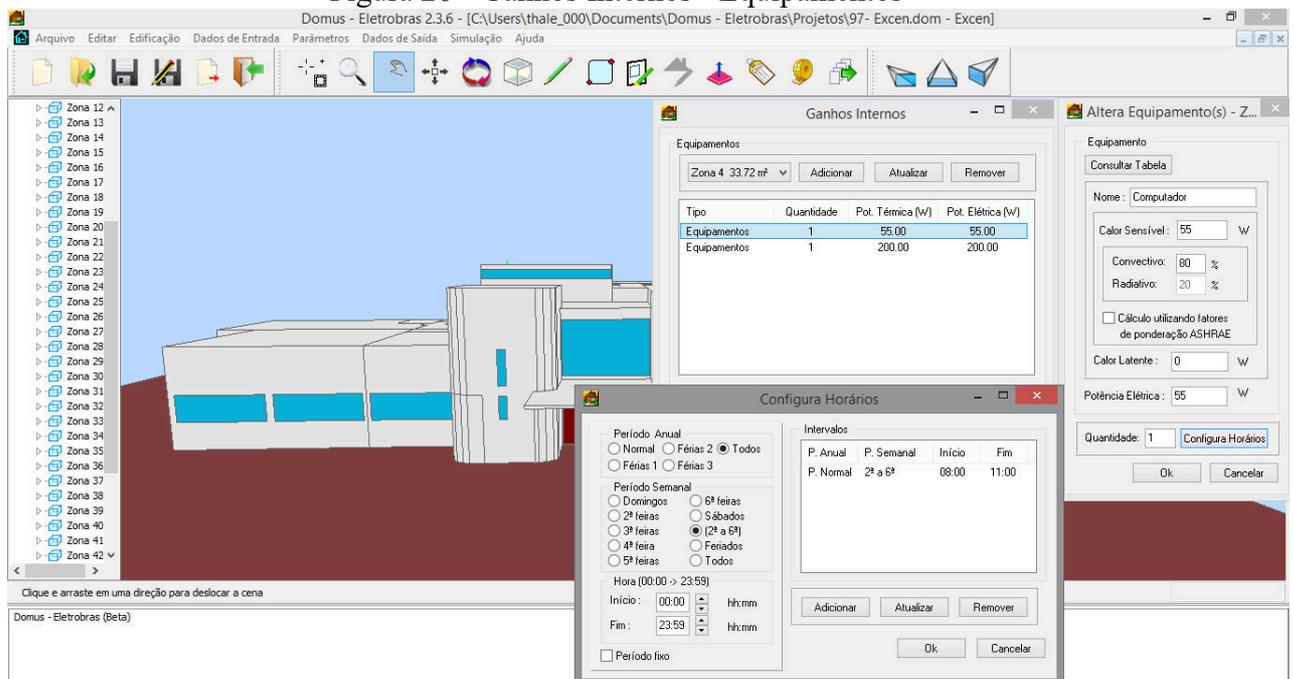
Tabela 6 - Ganhos internos - Equipamentos

Ganhos Internos - Equipamentos						
Zona	Equipamentos	Quantidade	Potência Elétrica (W)	Horário de Funcionamento (h)	Calor Sensível (W)	Wh/dia
1	Computador	1	55	8	55	440
	Câmera de Filmagem	4	12	10	12	480
2	Bebedouro	1	162,6	8	162,6	1300,8
4	Projektor	1	200	3	200	600
	Computador	1	55	3	55	165
7	Computador	4	55	4	55	880
	Motores 3 CV	2	2200	0,5	2200	2200
	Motores 5 CV	2	3700	0,5	3700	3700
8	Computador	2	55	4	55	440
	Televisão	1	300	4	300	1200
	Bomba	3	3000	0,25	3000	2250
	Câmera de Filmagem	1	12	10	12	120
11	Computador	1	55	1	55	55
13	Computador	2	55	1	55	110
	Mesa de Som	1	420	1	420	420
14	Projektor	1	200	1	200	200
	Câmera de Filmagem	2	12	1	12	24
20	Computador	1	55	24	55	1320
	Servidor	1	200	24	200	4800
	S. de Monitoramento	1	12	24	12	288

	Switch	1	30	24	30	720
21	Geladeira	1	250	8	250	2000
	Bebedouro	1	162,6	8	162,6	1300,8
	Microondas	1	2000	1	2000	2000
	Forno	1	1500	1	1500	1500
22	Computador	1	55	0,5	55	27,5
	Televisão	2	300	0,5	300	300
23	Televisão	1	300	0,25	300	75
	Impressora	2	130	0,5	130	130
24	Computador	4	55	2	55	440
26	Computador	18	55	8	55	7920
	Impressora	2	130	1	130	260
31	Computador	4	55	3	55	660
33	Computador	2	55	6	55	660
	Impressora	1	130	0,25	130	32,5
34	Computador	2	55	6	55	660
	Impressora	1	130	0,25	130	32,5
35	Computador	1	55	6	55	330
36	Computador	2	55	6	55	660
	Impressora	1	130	0,25	130	32,5
					Total (Wh/dia)	40733,6

Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 26 - Ganhos Internos - Equipamentos



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Tabela 7 - Lâmpadas Instaladas

Lâmpadas Instaladas	
Potência da Lâmpada (W)	Tipo
14	Fluorescente Tubular
15	Fluorescente Compacta
20	LED
26	Fluorescente Compacta Bipino
28	Fluorescente Tubular
32	Fluorescente Tubular
54	Fluorescente Tubular

Fonte: Philips (2018)

Tabela 8 - Reator Eletrônico para Lâmpadas

Reator Eletrônico		
Potência da Lâmpada (W)	Lamp/Reator	Potência do Reator (W)
14	2	4
26	1	5
28	2	5
32	2	2
54	2	10

Fonte: Philips (2018)

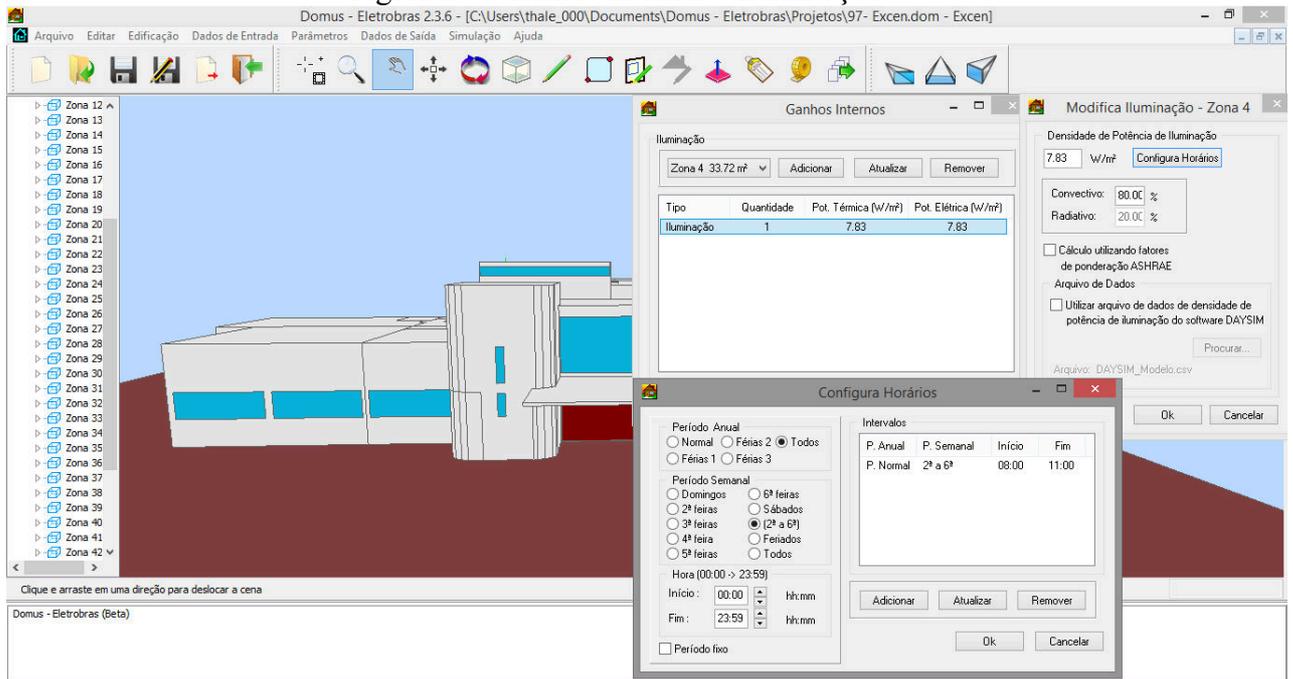
Tabela 9 - Ganhos internos - Iluminação

Ganhos Internos - Iluminação									
Zona	Quant.	n°Lâmp. / Quant.	Potência (W)	Potência Reator / Lamp. (W)	Potência Total (W)	Área (m²)	W/m²	Horário (h)	Wh/dia
1	14	2	26	5	868	121,07	7,17	1	868,00
	3	2	26	5	186	121,07	1,54	12	2232,00
	4	2	26	5	248	121,07	2,05	2	496,00
	6	1	15	-	90	121,07	0,74	12	1080,00
3	1	1	15	-	15	3,78	3,97	0,166	2,49
4	4	2	32	1	264	33,71	7,83	3	792,00
5	3	2	26	5	186	9,63	19,31	3	558,00
6	4	1	15	-	60	20,58	2,92	2	120,00
7	12	2	54	5	1416	86,35	16,40	4	5664,00
8	9	2	54	5	1062	76,85	13,82	4	4248,00
9	1	2	32	1	66	10,92	6,04	0,5	33,00

10	2	2	26	5	124	6,47	19,17	0,25	31,00
11	2	2	26	5	124	6,65	18,65	1	124,00
12	1	2	26	5	62	4,25	14,59	1	62,00
13	2	1	26	5	62	7,75	8,00	1	62,00
14	14	4	14	2	896	140,30	6,39	1	896,00
15	1	2	26	5	62	3,38	18,34	2	124,00
16	5	1	26	5	155	19,44	7,97	4	620,00
17	5	1	26	5	155	19,44	7,97	4	620,00
18	2	2	26	5	124	4,77	26,00	2	248,00
19	1	2	32	1	66	9,48	6,96	1	66,00
20	1	2	32	1	66	7,15	9,23	1	66,00
21	12	2	26	5	744	30,33	24,53	3	2232,00
22	2	2	28	2,5	122	21,00	5,81	0,5	61,00
23	2	2	28	2,5	122	20,00	6,10	0,5	61,00
	2	2	26	5	124	20,00	6,20	0,5	62,00
24	4	2	28	2,5	244	36,29	6,72	2	488,00
	2	1	26	5	62	36,29	1,71	2	124,00
25	15	2	26	5	930	58,45	15,91	2	1860,00
	4	2	26	5	248	58,45	4,24	12	2976,00
	1	1	20	-	20	58,45	0,34	5	100,00
26	24	2	28	2,5	1464	153,01	9,57	8	11712,00
28	1	2	26	5	62	3,38	18,34	2	124,00
29	5	1	26	5	155	19,44	7,97	4	620,00
30	5	1	26	5	155	19,44	7,97	4	620,00
31	9	4	14	2	576	50,00	11,52	3	1728,00
32	5	1	26	5	155	10,40	14,90	4	620,00
33	2	2	28	2,5	122	21,00	5,81	6	732,00
34	2	2	28	2,5	122	14,80	8,24	6	732,00
35	2	2	28	2,5	122	14,64	8,33	6	732,00
36	2	2	28	2,5	122	16,45	7,42	6	732,00
								Total (Wh/dia)	45328,49

Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 27 - Ganhos internos - Iluminação



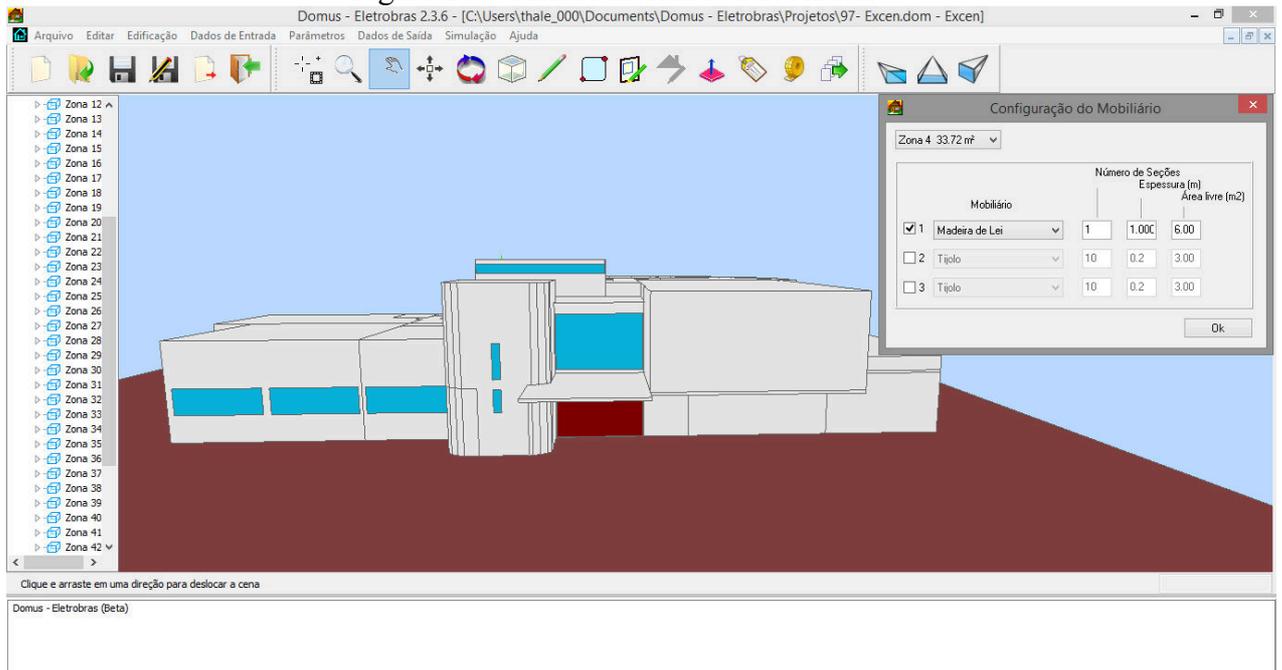
Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Tabela 10 - Ganhos Internos - Mobiliário

Ganhos Internos - Mobiliário			
Zona	Volume (m³)	Zona	Volume (m³)
1	6	19	3
2	4	20	2
3	4	21	8
4	6	22	2
7	15	23	2
8	14	24	3
9	3	26	11
10	4	29	5
11	3	30	5
12	2	31	2
13	2	33	4
14	5	34	3
16	5	35	3
17	5	36	4

Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 28 - Ganhos Internos - Mobiliário



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

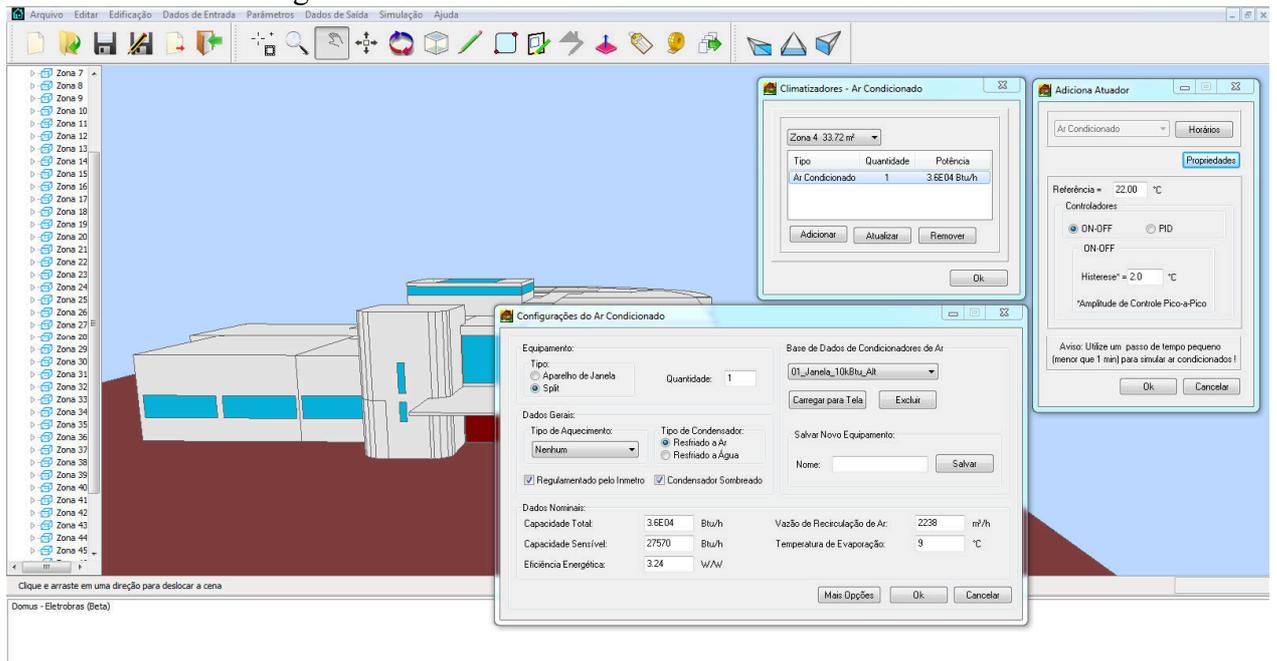
Tabela 11 - Ganhos internos - Condicionamento de ar

Climatização - Condicionamento de Ar (Ar Condicionado)

Zona	Temperatura (°C)	Horário (h)	Tipo	Capacidade (Btu/h)	Vazão de Ar (m³/h)	Eficiência Energética (W/W)
4	22	3	Split	36000	2.238	3,24
13	23	1	Split	6280	420	2,91
14	22	1	Split	113720	10580	3,41
20	22	24	Split	9000	460	2,95
22	23	0,5	Split	14288	1312	3,41
23	23	0,5	Split	14288	1312	3,41
24	23	2	Split	14288	1312	3,41
26	23	8	Split	114300	10500	3,41
31	23	3	Split	14288	1312	3,41
33	23	4	Split	14288	1312	3,41
34	23	4	Split	14288	1312	3,41
35	23	4	Split	14288	1312	3,41
36	23	4	Split	14288	1312	3,41

Fonte: Hitachi (2018)

Figura 29 - Ganhos internos - Condicionamento de ar



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

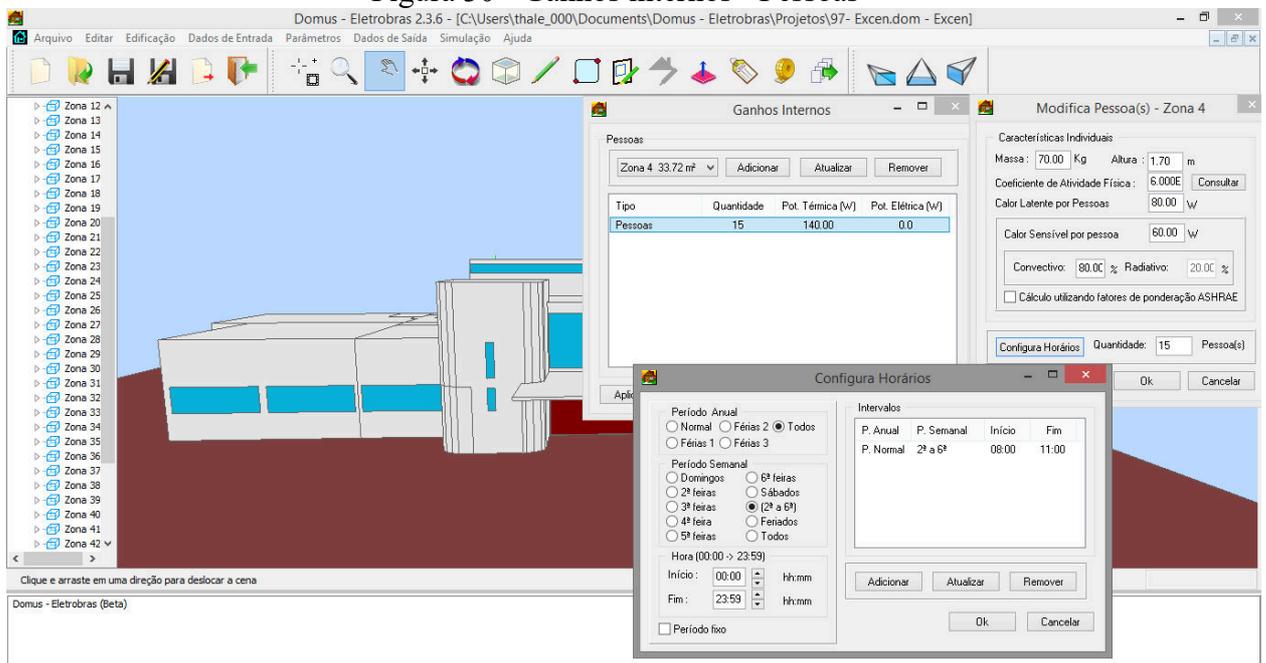
Tabela 12 - Ganhos internos - Pessoas

Ganhos Internos - Pessoas					
Zona	Quantidade	Massa (kg)	Altura (m)	Atividade Física	Horário (h)
1	1	75	1,6	Sentado	8
2	2	75	1,7	Sentado	1
3	1	60	1,7	Sentado	0,083
4	15	70	1,7	Sentado	3
7	3	75	1,7	Sentado	4
8	4	75	1,7	Sentado	4
9	1	60	1,7	Arquivando em Pé	0,5
10	1	60	1,7	Arquivando em Pé	0,25
11	1	60	1,7	Arquivando em Pé	1
12	1	60	1,7	Arquivando em Pé	1
13	1	75	1,7	Sentado	1
14	30	80	1,7	Sentado	1
16	8	75	1,7	Em Pé Relaxado	0,083
17	8	60	1,7	Sentado	0,083
19	1	75	1,7	Sentado	0,25
20	1	75	1,7	Sentado	0,5
21	6	75	1,7	Sentado	3
22	4	80	1,7	Sentado	0,5
23	4	80	1,7	Sentado	0,5
24	4	75	1,7	Sentado	2

26	18	75	1,7	Sentado	8
29	8	75	1,7	Em Pé Relaxado	0,083
30	8	60	1,7	Sentado	0,083
31	4	75	1,7	Sentado	3
33	1	80	1,7	Sentado	6
34	1	90	1,7	Sentado	6
35	1	75	1,7	Sentado	6
36	1	87	1,7	Sentado	6

Fonte: Próprio Autor (2018)

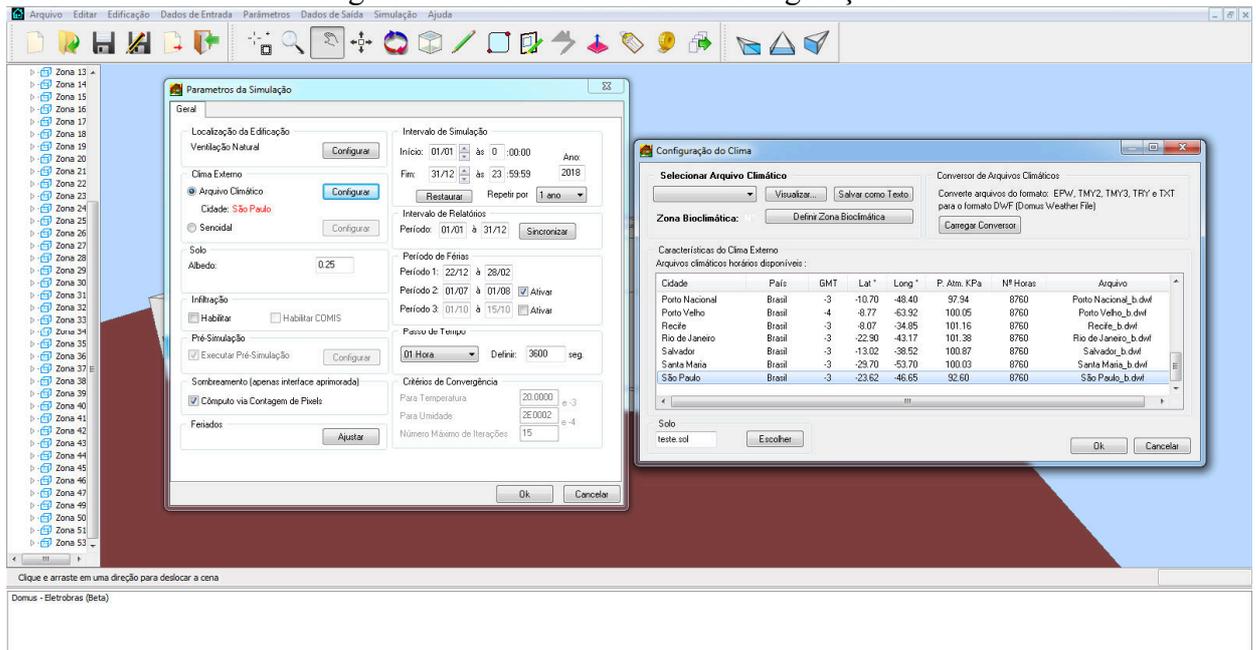
Figura 30 - Ganhos internos - Pessoas



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Em seguida, configurou-se os parâmetros gerais (Figura 31), no qual, definiu-se o arquivo climático, com base no banco de dados do Domus, como a cidade de São Paulo. De acordo com a Tabela 13, extraída do manual do usuário – Domus (2013), o albedo (coeficiente de reflexão solar – quanto maior seu valor, maior é a reflexão da luz solar) adotado é de 0,25, pois o redor do Excen é composto por grama. O intervalo da simulação e dos relatórios escolhido foi de 1 ano. O período de férias foi dividido em dois, sendo o primeiro de 22/12 até 28/02 e o segundo de 01/07 até 01/08.

Figura 31 - Parâmetro Geral - Configurações



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

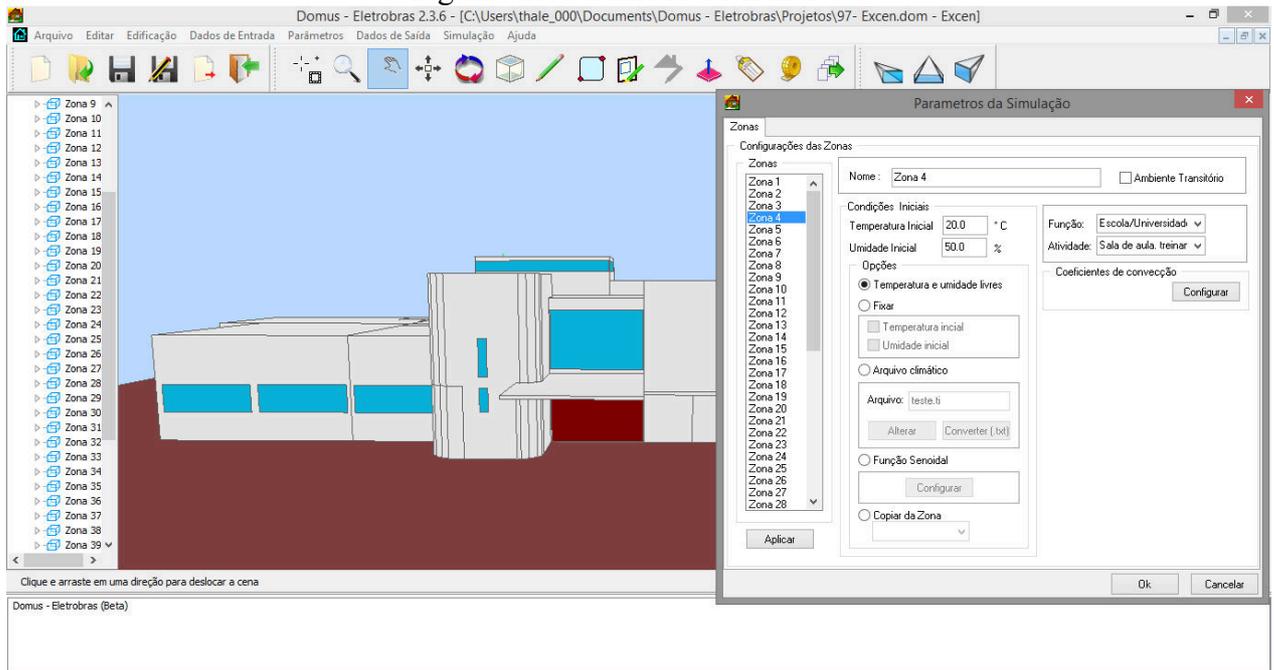
Tabela 13 - Albedo - Classificação de Acordo com a Superfície

Superfícies Terrestres	Albedo
Neve	0,80 – 0,90
Água	0,10 – 0,20
Gramma	0,25
Concreto	0,30
Tijolo	0,20 – 0,40
Asfalto	0,15

Fonte: Procel (2013)

O próximo passo foi a configuração dos parâmetros das zonas (Figura 32), no qual, adotou-se temperatura inicial de 20° C e umidade inicial de 50%. A função é de Escola/Universidade e cada zona tem sua atividade específica, como pode ser vista na tabela de divisão de zonas (Tabela 5), já mencionada anteriormente.

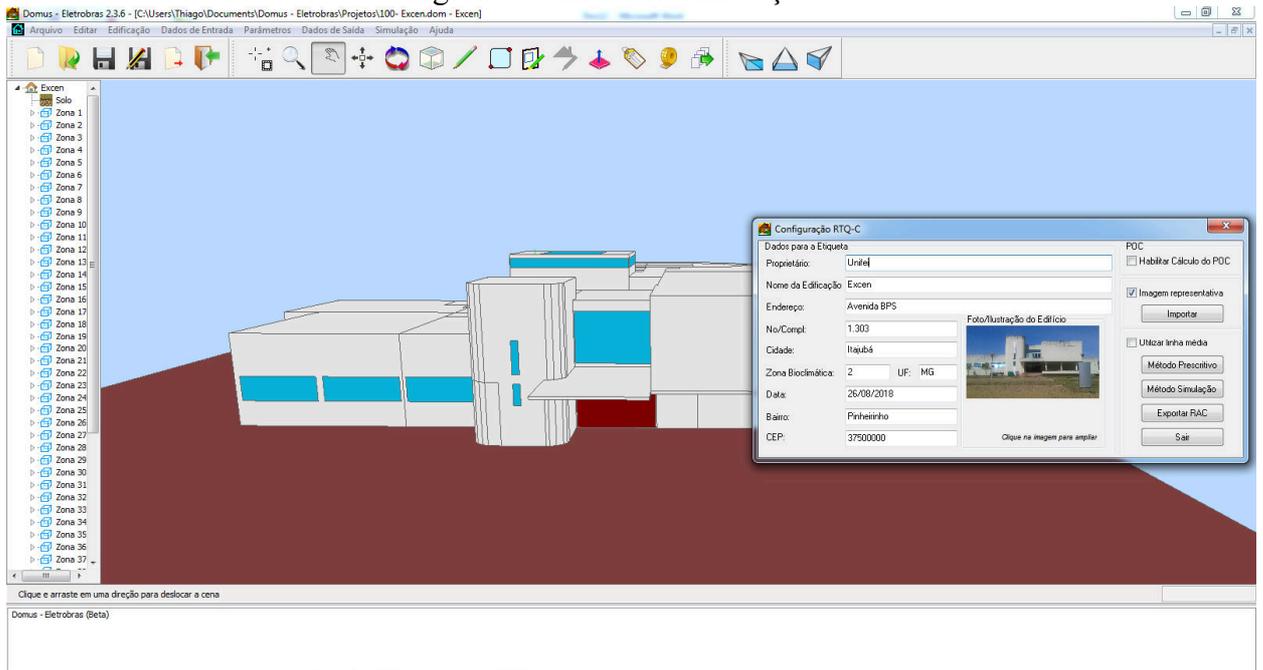
Figura 32 - Parâmetro de Zonas



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

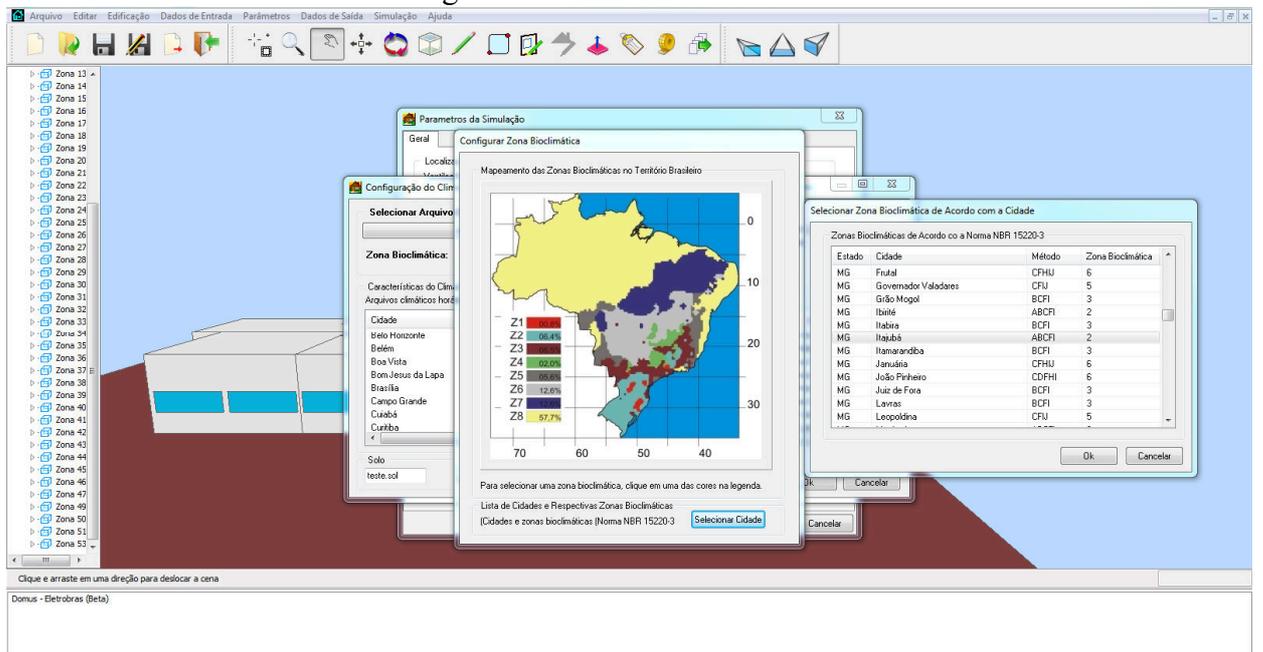
Logo após, na aba dados de saída, preencheu-se o formulário do RTQ-C com os dados do Excen e iniciou-se a simulação (Figura 33). No Brasil existem 8 zonas bioclimáticas. As regiões são classificadas de acordo com os elementos climáticos que interferem na relação entre ambiente construído e conforto humano. Itajubá se encontra na Zona Bioclimática 2 (Figura 34) e as estratégias que a edificação deve seguir para conseguir conforto térmico dos seus ocupantes podem ser encontradas na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT 15.220 – 3, no qual, são apresentadas as estratégias referentes ao tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e condicionamento térmico passivo. A Figura 35 apresenta o final da simulação.

Figura 33 - Início da Simulação



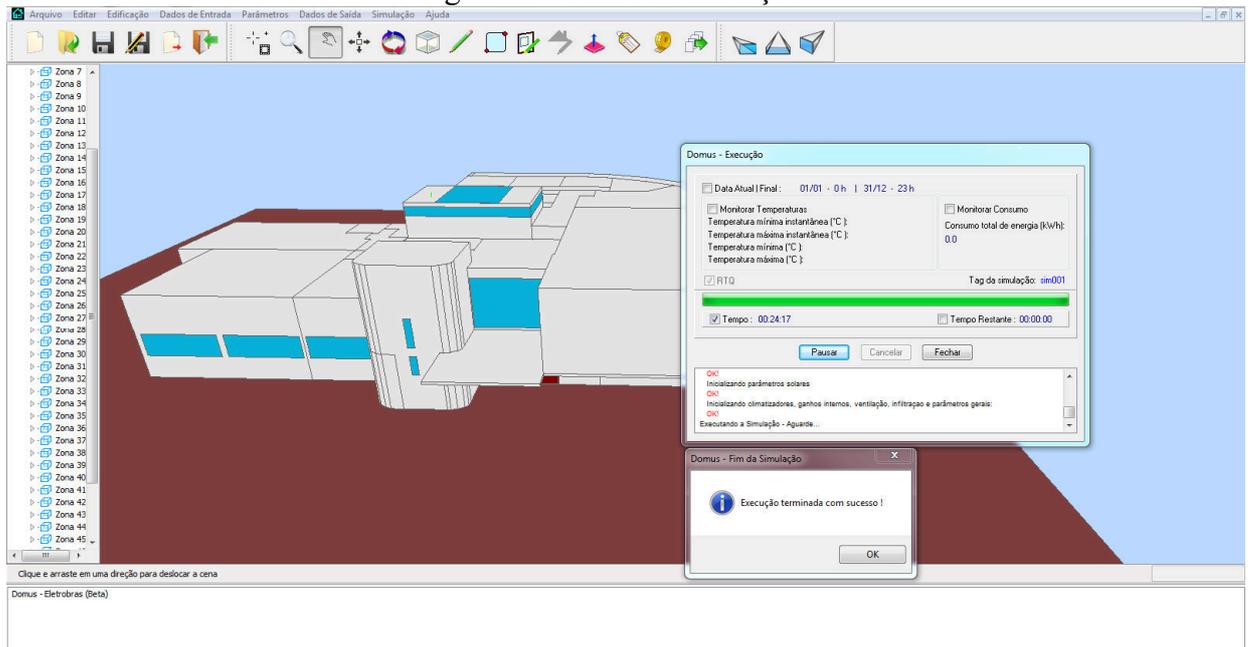
Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Figura 34 - Zona Bioclimática



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

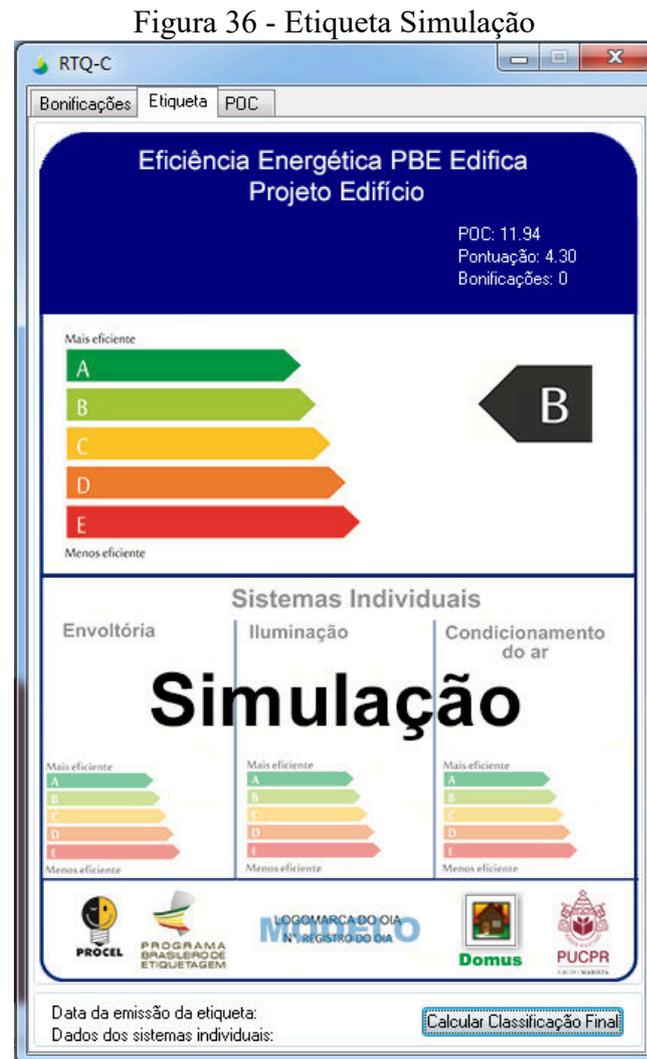
Figura 35 - Fim da Simulação



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Depois de realizada a simulação no software Domus em novembro de 2017, pode-se gerar a etiqueta com a classificação da edificação de acordo com a pontuação alcançada. A Figura 36 ilustra o resultado da simulação.



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

No começo de 2018, a Unifei iniciou um programa para alteração de algumas das lâmpadas fluorescentes para lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*) com o intuito de reduzir a fatura de energia elétrica na Universidade.

No Excen os cômodos que tiveram as trocas realizadas foram: Recepção, Depósito 1, Sala de Aula, Circulação 1, Escada, Depósito 2, Depósito 3, Depósito 4, Depósito 5, Sala Auditório, Circulação 2, Sanitário Masculino 1, Sanitário Feminino 1, Circulação 3, Depósito

6, Sala CPD, Copa, Biblioteca, Sala de Professor 1, Mezanino, Circulação 4, Sanitário Masculino 2, Sanitário Feminino 2 e Circulação. A Tabela 14 mostra a equivalência de potência das lâmpadas fluorescente para LED e a Tabela 15 a troca das lâmpadas nos ganhos internos – iluminação.

Tabela 14 - Equivalência de Potência

Equivalência de Potência		
Lâmpada Fluorescente (W)	LED (W)	
14	9	Tubular
15	9	Bulbo
26	12	Bulbo
28	18	Tubular
32	18	Tubular
54	25	Tubular

Fonte: Philips (2018)

Porém, optou-se na troca de 2 lâmpadas fluorescentes compactas bipino de 26 W pela utilização da 1 lâmpada LED de 16 W com bocal E27.

Tabela 15 - Ganhos Internos - Iluminação com Algumas Lâmpadas LED

Ganhos Internos - Iluminação									
Zona	Quant.	nº Lâmp. / Quant.	Potência (W)	Potência Reator / Lamp. (W)	Potência Total (W)	Área (m²)	W/m²	Horário (h)	Wh/dia
1	14	1	16	-	224	121,07	1,85	1	224,00
	3	1	16	-	48	121,07	0,40	12	576,00
	4	1	16	-	64	121,07	0,53	2	128,00
	6	1	9	-	54	121,07	0,45	12	648,00
3	1	1	9	-	9	3,78	2,38	0,166	1,49
4	4	2	18	-	144	33,71	4,27	3	432,00
5	3	1	16	-	48	9,63	4,98	3	144,00
6	4	1	9	-	36	20,58	1,75	2	72,00
7	12	2	54	5	1416	86,35	16,40	4	5664,00
8	9	2	54	5	1062	76,85	13,82	4	4248,00
9	1	2	18	-	36	10,92	3,30	0,5	18,00
10	2	1	16	-	32	6,47	4,95	0,25	8,00
11	2	1	16	-	32	6,65	4,81	1	32,00
12	1	1	16	-	16	4,25	3,76	1	16,00
13	2	1	16	-	32	7,75	4,13	1	32,00

14	14	4	14	2	896	140,30	6,39	1	896,00
15	1	1	16	-	16	3,38	4,73	2	32,00
16	5	1	16	-	80	19,44	4,12	4	320,00
17	5	1	16	-	80	19,44	4,12	4	320,00
18	2	1	16	-	32	4,77	6,71	2	64,00
19	1	2	18	-	36	9,48	3,80	1	36,00
20	1	2	18	-	36	7,15	5,03	1	36,00
21	12	1	16	-	192	30,33	6,33	3	576,00
22	2	2	28	2,5	122	21,00	5,81	0,5	61,00
23	2	2	28	2,5	122	20,00	6,10	0,5	61,00
	2	1	16	-	32	20,00	1,60	0,5	16,00
24	4	2	28	2,5	244	36,29	6,72	2	488,00
	2	1	16	-	32	36,29	0,88	2	64,00
25	15	1	16	-	240	58,45	4,11	2	480,00
	4	1	16	-	64	58,45	1,09	12	768,00
	1	1	20	-	20	58,45	0,34	5	100,00
26	24	2	28	2,5	1464	153,01	9,57	8	11712,00
28	1	1	16	-	16	3,38	4,73	2	32,00
29	5	1	16	-	80	19,44	4,12	4	320,00
30	5	1	16	-	80	19,44	4,12	4	320,00
31	9	4	14	2	576	50,00	11,52	3	1728,00
32	5	1	16	-	80	10,40	7,69	4	320,00
33	2	2	28	2,5	122	21,00	5,81	6	732,00
34	2	2	28	2,5	122	14,80	8,24	6	732,00
35	2	2	28	2,5	122	14,64	8,33	6	732,00
36	2	2	28	2,5	122	16,45	7,42	6	732,00
								Total (Wh/dia)	33921,49

Fonte: Próprio Autor (2018)

Depois de realizada a alteração no software Domus realizou-se a simulação. A Figura 37 ilustra a etiqueta.

Figura 37 - Etiqueta com Algumas Lâmpadas LED



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Comparando-se o consumo de energia elétrica em novembro de 2017 com a do início de 2018 (instalada no momento), obteve-se uma economia de 25%.

Mesmo obtendo classificação A, o Excen possui alguns pontos que podem ser melhorados. A seguir apresentam-se essas opções, no qual, foram refeitas as simulações.

4.1 Classificação A – 1º opção

Uma das soluções para melhora da eficiência energética é alterar todas as suas lâmpadas fluorescente para lâmpadas LED. A Tabela 14 mencionada anteriormente mostra a equivalência de potência das lâmpadas fluorescente para LED e a Tabela 16 apresenta a troca das lâmpadas nos ganhos internos – iluminação.

Tabela 16 - Ganhos Internos - Iluminação LED

Ganhos Internos - Iluminação								
Zona	Quant.	n° Lâmp. / Quant.	Potência (W)	Potência Total (W)	Área (m ²)	W/m ²	Horário (h)	Wh/dia
1	14	1	16	224	121,07	1,85	1	224,00
	3	1	16	48	121,07	0,40	12	576,00
	4	1	16	64	121,07	0,53	2	128,00
	6	1	9	54	121,07	0,45	12	648,00
3	1	1	9	9	3,78	2,38	0,166	1,49
4	4	2	18	144	33,71	4,27	3	432,00
5	3	1	16	48	9,63	4,98	3	144,00
6	4	1	9	36	20,58	1,75	2	72,00
7	12	2	25	600	86,35	6,95	4	2400,00
8	9	2	25	450	76,85	5,86	4	1800,00
9	1	2	18	36	10,92	3,30	0,5	18,00
10	2	1	16	32	6,47	4,95	0,25	8,00
11	2	1	16	32	6,65	4,81	1	32,00
12	1	1	16	16	4,25	3,76	1	16,00
13	2	1	16	32	7,75	4,13	1	32,00
14	14	4	9	504	140,30	3,59	1	504,00
15	1	1	16	16	3,38	4,73	2	32,00
16	5	1	16	80	19,44	4,12	4	320,00
17	5	1	16	80	19,44	4,12	4	320,00
18	2	1	16	32	4,77	6,71	2	64,00
19	1	2	18	36	9,48	3,80	1	36,00
20	1	2	18	36	7,15	5,03	1	36,00
21	12	1	16	192	30,33	6,33	3	576,00
22	2	2	18	72	21,00	3,43	0,5	36,00
23	2	2	18	72	20,00	3,60	0,5	36,00
	2	1	16	32	20,00	1,60	0,5	16,00
24	4	2	18	144	36,29	3,97	2	288,00
	2	1	16	32	36,29	0,88	2	64,00
25	15	1	16	240	58,45	4,11	2	480,00
	4	1	16	64	58,45	1,09	12	768,00
	1	1	20	20	58,45	0,34	5	100,00
26	24	2	18	864	153,01	5,65	8	6912,00
28	1	1	16	16	3,38	4,73	2	32,00
29	5	1	16	80	19,44	4,12	4	320,00
30	5	1	16	80	19,44	4,12	4	320,00
31	9	4	9	324	50,00	6,48	3	972,00
32	5	1	16	80	10,40	7,69	4	320,00
33	2	2	18	72	21,00	3,43	6	432,00
34	2	2	18	72	14,80	4,86	6	432,00
35	2	2	18	72	14,64	4,92	6	432,00
36	2	2	18	72	16,45	4,38	6	432,00
							Total (Wh/dia)	20811,49

Fonte: Próprio Autor (2018)

Após a alteração dos dados, refez-se a simulação no Domus e obteve-se a seguinte etiqueta (Figura 38).

Figura 38 - Etiqueta com Lâmpadas de LED



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Comparando-se o consumo de energia elétrica do sistema instalado atualmente com a da classificação A – 1º opção, estima-se obter uma economia de 38%.

Para melhor comparação gerou-se um indicador de consumo específico por área e por pessoa de cada zona, permitindo a gestores da energia a terem uma análise mais detalhada de cada cômodo da edificação, facilitando a identificação de uma possível melhoria. Sendo a Tabela 17 com o sistema inicial, a Tabela 18 o sistema com melhoria e a Tabela 19 o sistema com todas as lâmpadas LED. Observação: as zonas que não aparecem nas tabelas, deve-se por não possuir pessoas ou iluminação artificial. A zona 1, no qual, é a recepção considerou-se somente uma pessoa, a secretária.

Tabela 17 - Consumo de Energia Iluminação – Sistema Inicial

Consumo de Energia de Iluminação – Sistema Inicial					
Zona	Área (m²)	Quantidade de Pessoas	Iluminação (Wh/dia)	Consumo por m² (Wh/m²)	Consumo por Pessoa (Wh/dia)
1	121,07	1	4676,00	38,6	4676,0
3	3,78	1	2,49	0,7	2,5
4	33,71	15	792,00	23,5	52,8
5	9,63	-	558,00	57,9	-
6	20,58	-	120,00	5,8	-
7	86,35	3	5664,00	65,6	1888,0
8	76,85	4	4248,00	55,3	1062,0
9	10,92	1	33,00	3,0	33,0
10	6,47	1	31,00	4,8	31,0
11	6,65	1	124,00	18,6	124,0
12	4,25	1	62,00	14,6	62,0
13	7,75	1	62,00	8,0	62,0
14	140,3	30	896,00	6,4	29,9
15	3,38	-	124,00	36,7	-
16	19,44	8	620,00	31,9	77,5
17	19,44	8	620,00	31,9	77,5
18	4,77	-	248,00	52,0	-
19	9,48	1	66,00	7,0	66,0
20	7,15	1	66,00	9,2	66,0
21	30,33	6	2232,00	73,6	372,0
22	21,00	4	61,00	2,9	15,3
23	20,00	4	123,00	6,2	30,8
24	36,29	4	612,00	16,9	153,0
25	58,45	-	4936,00	84,4	-
26	153,01	18	11712,00	76,5	650,7
28	3,38	-	124,00	36,7	-
29	19,44	8	620,00	31,9	77,5
30	19,44	8	620,00	31,9	77,5
31	50,00	4	1728,00	34,6	432,0
32	10,40	-	620,00	59,6	-
33	21,00	1	732,00	34,9	732,0
34	14,80	1	732,00	49,5	732,0
35	14,64	1	732,00	50,0	732,0
36	16,45	1	732,00	44,5	732,0

Fonte: Próprio Autor (2018)

Tabela 18 - Consumo de Energia Iluminação – Sistema com Melhoria

Consumo de Energia de Iluminação - Sistema com Melhoria					
Zona	Área (m²)	Quantidade de Pessoas	Iluminação (Wh/dia)	Consumo por m² (Wh/m²)	Consumo por Pessoa (Wh/dia)
1	121,07	1	1576,00	13,0	1576,0
3	3,78	1	1,49	0,4	1,5
4	33,71	15	432,00	12,8	28,8
5	9,63	-	144,00	15,0	-
6	20,58	-	72,00	3,5	-
7	86,35	3	5664,00	65,6	1888,0
8	76,85	4	4248,00	55,3	1062,0
9	10,92	1	18,00	1,6	18,0
10	6,47	1	8,00	1,2	8,0
11	6,65	1	32,00	4,8	32,0
12	4,25	1	16,00	3,8	16,0
13	7,75	1	32,00	4,1	32,0
14	140,3	30	896,00	6,4	29,9
15	3,38	-	32,00	9,5	-
16	19,44	8	320,00	16,5	40
17	19,44	8	320,00	16,5	40
18	4,77	-	64,00	13,4	-
19	9,48	1	36,00	3,8	36,0
20	7,15	1	36,00	5,0	36,0
21	30,33	6	576,00	19,0	96,0
22	21,00	4	61,00	2,9	15,3
23	20,00	4	77,00	3,9	19,3
24	36,29	4	552,00	15,2	138,0
25	58,45	-	1348,00	23,1	-
26	153,01	18	11712,00	76,5	650,7
28	3,38	-	32,00	9,5	-
29	19,44	8	320,00	16,5	40
30	19,44	8	320,00	16,5	40
31	50,00	4	1728,00	34,6	432,0
32	10,40	-	320,00	30,8	-
33	21,00	1	732,00	34,9	732,0
34	14,80	1	732,00	49,5	732,0
35	14,64	1	732,00	50,0	732,0
36	16,45	1	732,00	44,5	732,0

Fonte: Próprio Autor (2018)

Tabela 19 - Consumo de Energia Iluminação – Sistema com todas as Lâmpadas LED

Consumo de Energia de Iluminação – Sistema com todas as Lâmpadas LED					
Zona	Área (m²)	Quantidade de Pessoas	Iluminação (Wh/dia)	Consumo por m² (Wh/m²)	Consumo por Pessoa (Wh/dia)
1	121,07	1	1576,00	13,0	1576,0
3	3,78	1	1,49	0,4	1,5
4	33,71	15	432,00	12,8	28,8
5	9,63	-	144,00	15,0	-
6	20,58	-	72,00	3,5	-
7	86,35	3	2400,00	27,8	800,0
8	76,85	4	1800,00	23,4	450,0
9	10,92	1	18,00	1,6	18,0
10	6,47	1	8,00	1,2	8,0
11	6,65	1	32,00	4,8	32,0
12	4,25	1	16,00	3,8	16,0
13	7,75	1	32,00	4,1	32,0
14	140,3	30	504,00	3,6	16,8
15	3,38	-	32,00	9,5	-
16	19,44	8	320,00	16,5	40
17	19,44	8	320,00	16,5	40
18	4,77	-	64,00	13,4	-
19	9,48	1	36,00	3,8	36,0
20	7,15	1	36,00	5,0	36,0
21	30,33	6	576,00	19,0	96,0
22	21,00	4	36,00	1,7	9,0
23	20,00	4	52,00	2,6	13,0
24	36,29	4	352,00	9,7	88,0
25	58,45	-	1348,00	23,1	-
26	153,01	18	6912,00	45,2	384,0
28	3,38	-	32,00	9,5	-
29	19,44	8	320,00	16,5	40
30	19,44	8	320,00	16,5	40
31	50,00	4	972,00	19,4	243,0
32	10,40	-	320,00	30,8	-
33	21,00	1	432,00	20,6	432,0
34	14,80	1	432,00	29,2	432,0
35	14,64	1	432,00	29,5	432,0
36	16,45	1	432,00	26,3	432,0

Fonte: Próprio Autor (2018)

4.2 Classificação A – 2ª opção

Outra solução é o sistema de bonificação, podendo ser adquirido com a implantação de um dos seguintes sistemas: equipamentos que racionalizem o uso da água, aquecimento solar de água, geração de energia através da energia eólica ou painéis fotovoltaicos, sistemas de cogeração, inovações técnicas ou sistemas que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação e a utilização de elevadores que possuem classificação A segundo a norma alemã VDI 4707. Como exemplo utilizou-se a adoção de um sistema fotovoltaico com economia de energia de 10% anual (Figura 39). A Figura 40 ilustra a etiqueta com o sistema.

Figura 39 - Bonificação

The screenshot shows the 'RTQ-C' software window with the 'Bonificação' tab selected. The interface contains the following sections:

- Criterion 1:** Edificação que possui sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água devem proporcionar uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício. Input: 0 % de economia.
- Criterion 2:** Edificação que possui parcela de água quente representando um percentual igual ou maior a 10% do consumo energia e que utilizarem aquecimento solar de água deve obter atendimento com fração solar igual ou superior a 70%. Input: 0 % de atendimento.
- Criterion 3:** Edificação que possui sistemas de geração de energia através da energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício. Input: 10 % de economia de energia.
- Criterion 4:** Edificação que possui sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, devem proporcionar uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia elétrica. Input: 0 % de economia de energia.
- Criterion 5:** Todos os elevadores existentes na edificação possuem classificação nível A segundo a norma VDI 4707. Input: Não (dropdown menu).

At the bottom right, a 'Bonificação' field shows a total value of 1. The footer includes logos for PROCELEDIFICA and Eletrobras.

Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

Figura 40 - Etiqueta com Sistema Fotovoltaico



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

4.3 Classificação A – 3º opção

Caso seja realizada a troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED e a instalação de um sistema fotovoltaico seja implantado, apresenta-se a seguinte etiqueta na Figura 41.

Figura 41 - Etiqueta com LED e Sistema Fotovoltaico



Fonte: Próprio Autor, Domus (2018)

5 CONCLUSÃO

Para que se possa seguir com o desenvolvimento da nação e da humanidade, a eficiência energética é um dos temas mais abordados, seja para redução dos custos ou para mitigação do desperdício. No desenvolvimento do trabalho viu-se que os incentivos governamentais como o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e o Selo Procel incentivam os fabricantes a produzirem equipamentos mais eficientes através de inovações tecnológicas e pesquisas. Entretanto, quando compara-se mundialmente, percebe-se que é necessário maior atuação do governo com metas, incentivos e fiscalizações.

Em relação ao ranking de políticas voltadas para eficiência energética, pode-se concluir que o Brasil ainda tem muito para melhorar e investir, pois não se atingiu nem metade dos pontos dos primeiros colocados, Alemanha e Itália. Porém, a ENCE, do PBE Edifica, mostra que o Brasil está no caminho certo, por ter iniciado o processo de avaliação da eficiência energética, seguindo às tendências mundiais.

Espera-se que o presente trabalho contribua para melhor entendimento da aplicação do método da simulação do RTQ, como também, para divulgação e disseminação do tema.

Nota-se que a aplicação do RTQ pode melhorar e promover a qualidade dos projetos arquitetônicos e possibilitar ao consumidor a comparação entre imóveis à venda no país, contribuindo com o propósito de aumentar a eficiência energética de edificações e melhorar a sociedade.

A partir das análises deste estudo algumas considerações podem ser apontadas, assim como as feitas por Giacomini (2017), Buges (2014) e Baratella (2011):

- a realização de atualizações e revisões constantes pelo PBE Edifica, possibilitando o desenvolvimento do mercado, como também a criação de novos ramos de trabalho e campos de pesquisas;
- a necessidade da academia estar em harmonia com a prática profissional, simplificando na medida do possível a complexidade dos cálculos no método prescritivo e o manuseio dos programas no método da simulação;
- a aplicação depende em grande parte da vontade política, mas também do interesse do setor da construção e dos agentes sociais;
- a construção sustentável de edifícios ainda não é uma prioridade na agenda governamental, o que nos diferencia de outros países;

- por ainda ser um tema de pouco interesse entre os profissionais brasileiros, resulta em pouca disseminação no país;
- o setor da construção civil não deveria considerar unicamente os custos mínimos e imediatos, mas o ciclo de vida da edificação buscando perspectiva de investimento de longo prazo;
- projetistas e especificadores de materiais deveriam levar em conta as zonas bioclimáticas e empregar métodos de eficiência energética nas edificações;
- fabricantes forneçam os dados das características térmicas de seus materiais em catálogos técnicos e que os projetistas informem os valores dos materiais em projeto;
- um dos grandes desafios é que a quantidade de edifícios certificados ainda é muito pequena quando comparada ao número de edificações existentes.

Com base nos resultados obtidos verificou-se que inicialmente a edificação possuía classificação B, mas por meio de um programa no começo de 2018 a Unifei realizou a troca de algumas de suas lâmpadas fluorescentes para lâmpadas LED melhorando a eficiência energética e atingindo classificação A. Porém, ainda pode-se aprimorar com a troca de todas as lâmpadas fluorescentes por LED, o que apresentou um grande aumento na pontuação e uma redução significativa no consumo de energia elétrica com economia de 38%, mostrando a importância de sua implantação. Outra alternativa é a busca pelos sistemas de bonificação, o que pode aumentar ainda mais a pontuação da edificação.

Portanto, pode-se concluir que a implantação de exigências e políticas voltadas para a etiquetagem é de suma importância para a melhora da eficiência energética e desenvolvimento do país, podendo-se atingir a longo prazo com a adoção em grande parte das edificações, uma economia significativa na matriz energética brasileira.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros sugere-se:

- melhorar a simulação no sistema de ar condicionado, sendo que neste trabalho não foi possível a introdução da central (utilizando apenas aparelhos split), por não possuir chiller e o programa Domus exigir a sua introdução;
- criação ou desenvolvimento de um arquivo climático para a cidade de Itajubá-MG, sendo que não existe o município no banco de dados do *software* Domus;
- elaboração de um estudo técnico e econômico para instalar o sistema solar fotovoltaico.

REFERÊNCIAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.

ACEEE, American Council For An Energy-Efficient Economy. **The International Energy Efficiency Scorecard.** 2018. Disponível em: <<http://aceee.org/portal/national-policy/international-scorecard>>. Acesso em: 27 out. 2018.

ADEME, Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie. Disponível em: <<https://www.ademe.fr/connaître/presentation-lademe/transition-energetique-coeur-lademe>>. Acesso em: 13 maio 2018.

ARAÚJO, Eliete de Pinho. **Apostila de ar condicionado e exaustão.** 2011. Disponível em: <<related:repositorio.uniceub.br/bitstream/235/7455/1/Apostila%20ar%20condicionado%2010.2011.pdf> ar condicionado .pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.

BAJAY, Sérgio Valdir; SANTANA, Paulo Henrique de Mello. **Oportunidades de eficiência energética para a Indústria: Experiências Internacionais em Eficiência Energética para a Indústria.** 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Henrique_De_Mello_Santana2/publication/301201494_Oportunidades_de_eficiencia_energetica_para_a_industria_experiencias_internacionais_em_eficiencia_energetica_para_a_industria/links/570bec2b08aee0660351a7b4/Oportunidades-de-eficiencia-energetica-para-a-industria-experiencias-internacionais-em-eficiencia-energetica-para-a-industria.pdf>. Acesso em: 02 maio 2018.

BARATELLA, Paula Roberta de Moraes. **ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES PARA A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS BRASILEIROS.** 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258516/1/Baratella_PaulaRobertadeMoraes_M.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.

BARBOSA, Gisele Silva. **O DESAFIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.** 2008. Disponível em: <http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.

BUGES, Nathalya Luciano. **APLICABILIDADE DA ETIQUETA DE EDIFICAÇÕES DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM MATO GROSSO DO SUL.** 2014. Disponível em: <<https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/1878>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

CASALS, X. G. **Analysis of building energy regulations and certification in Europe: Their role, limitations and differences.** In: Energy and Buildings. Oxford: Elsevier, 2006. v. 38, pp. 381-392

CB3E. **Manual para etiquetagem de edificações públicas.**2014. Disponível em: http://www.pra.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2015/04/manual_etiquetagem_edificoes_publicas.pdf. Acessado em: novembro de 2016.

CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas.** 2015. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_1+0_12-02-2015_Compacta.pdf>. Acesso em: 23 set. 2018.

CONAE, Comissão Nacional para el Ahorro de Energia. Disponível em: <https://gobierno.com.mx/conae.html>>. Acesso em: 09 maio 2018.

CONIECO, Consejo Nacional de Industriales Ecologistas de Mexico. Disponível em: <http://conieco.com.mx/objetivos.html>>. Acesso em: 07 maio 2018.

EERE, Energy Efficiency and Renewable Energy. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/about-office-energy-efficiency-and-renewable-energy>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional.** 2017. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Demanda de Energia 2050.** 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

FIDE, Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Disponível em: http://www.fide.org.mx/?page_id=192>. Acesso em: 18 maio 2018.

GIACOMIN, Regiane Faria. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS TIPOLOGIAS REPRESENTATIVAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS DE UM BAIRRO À LUZ DO PBE EDIFICA.** 2017. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_11456_Dissert%2C%20RegianeGiacomin_DissertFinal.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2018.

GOMES, Anderson Ferreira. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DO PODER EXECUTIVO FEDERAL: OPORTUNIDADES E DESAFIOS NO CONTEXTO DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM (PBE – EDIFICA)**. 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/25204/1/2017_AndersonFerreiraGomes.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

HITACHI. **Set-Free Eco Flex: Combinação Padrão e Hi-Cop**. 2011. Disponível em: <http://www.hitachiapb.com.br/static/site/files/IHCAT-SETAR012_Rev03_Mai2014_Eco_Flex.pdf>. Acesso em: 05 set. 2018.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponível em: <<http://www.idae.es/conozcanos/quienes-somos>>. Acesso em: 21 maio 2018.

INMETRO - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais e de Serviços Públicos, 2010.

LAMBERTS, Roberto et al. **MANUAL RTQ-C: Comercial, de Serviço e Público**. 2013. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf>. Acesso em: 22 maio 2018.

LIMA, Leandro Menezes Torres de. **Análise e diagnóstico de eficiência energética em prédio público: estudo de caso no Excen**. 2016. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

LIU, Feng; MEYER, Anke S.; HOGAN, John F.. **Mainstreaming Building Energy Efficiency Codes in Developing Countries: Global Experiences and Lessons from Early Adopters**. Washington: 2010. 228 p.

MME - Ministério de Minas e Energia, **BEN – Balanço Energético Nacional**, 2016

MOTA, Nicholas Appes; VALLE, Raphael Martins do. **Apostila de AutoCAD: Módulo Básico**. 2011. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/petcivil/files/2009/02/Autocad-apostila.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

OLIVEIRA, Léo Soares de et al. **SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**. Belo Horizonte, 2009. 52 p. Disponível em: <http://www.crea-mg.org.br/publicacoes/Cartilha/Sustentabilidade_e_Eficiencia_Energética_no_Ambiente_Construído.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

PETROLEUM, British. **BP Statistical Review of World Energy**. 2018. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2018.

PHILIPS. **Lâmpadas LED Philips: Tabela de substituição**. 2014. Disponível em: <<http://www.peu.com.br/media/tabela-de-substituicao-lampadas-led-philips.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

Procel, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobras; Procel, 2009.

Procel, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual do Usuário: Domus - Procel Edifica**. 2013. Disponível em: <<http://domus.pucpr.br/util/index.php?acao=pdf&arquivo=Domus-tutorial.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

Procel, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Selo Procel**. 2018. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7D>>. Acesso em: 25 set. 2018.

SOUZA, Andréa de; GUERRA, Jorge Carlos Correa; KRUGER, Eduardo Leite. **Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico**. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/download/2571/1675>>. Acesso em: 03 maio 2018.

TEODORO, Maria Inês Tavares de Matos. **O CÓDIGO DE OBRAS COMO INSTRUMENTO REGULATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: PROPOSIÇÕES PARA O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**. 2012. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/producao/2012/Teses/MariaInesVersaoCorrigida.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2018.