

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA
Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

CRISTHIAN ARAUJO RODRIGUES

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM AÇOUGUE VAREJISTA NO
MUNICÍPIO DE BASTOS-SP**

TUPÃ - SP
2021

CRISTHIAN ARAUJO RODRIGUES

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM AÇOUGUE VAREJISTA NO
MUNICÍPIO DE BASTOS-SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e meio ambiente

Orientador: Profa. Dra. Sandra Cristina de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Luís Roberto Almeida Gabriel Filho; Profa. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

**TUPÃ – SP
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

R618a Rodrigues, Cristhian Araujo.
Análise de eficiência energética de um açougue varejista no município de Bastos-SP / Cristhian Araujo Rodrigues.
. – Tupã: [s.n.], 2021.
106 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento)
– Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2021.

Orientadora: Sandra Cristina de Oliveira
Coorientador: Luís Roberto Almeida Gabriel Filho
Coorientadora: Maria Cristina Rodrigues Halmeman

1. RTQ-C. 2. Lógica fuzzy. 3. Agronegócio. 4. Ambiente construído. 5. PROCEL I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM AÇOUGUE VAREJISTA NO MUNICÍPIO DE BASTOS-SP

AUTOR: CRISTHIAN ARAUJO RODRIGUES

ORIENTADORA: SANDRA CRISTINA DE OLIVEIRA

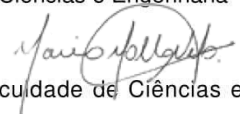
COORIENTADOR: LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO

COORIENTADORA: MARIA CRISTINA RODRIGUES HALMEMAN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:



Prof.^a Dr.^a SANDRA CRISTINA DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - UNESP - Tupã



Prof. Dr. MARIO MOLLO NETO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Prof. Dr. FERNANDO DE LIMA CANEPELE (Participação Virtual)
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - FZEA - USP - Pirassununga/SP

Tupã, 24 de junho de 2021

Dedico aos meus pais, Marta e Durval, e minha irmã Danielle que me apoiaram durante toda trajetória que levou a tão sonhada conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus minha vida e a oportunidade de concretizar esse objetivo

Agradeço muito a meus pais, irmã e família que me apoiaram nessa jornada, principalmente nos momentos difíceis

Agradeço aos Professores Sandra Cristina de Oliveira, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho e Maria Cristina Halmeman por sua dedicação e empenho durante o desenvolvimento deste trabalho.

A UNESP Campus de Tupã por propiciar o ambiente necessário para minha aprendizagem e consequentemente por meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos Docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento pelo compartilhamento de seus conhecimentos profissionais.

E aos colegas de turma, em especial, Evelin Rombi, Marcos Mateus da Silva, Janaina Kawata e Karen Andrade, pelo apoio no dia a dia acadêmico e pessoal, que foram essenciais para concretização desse trabalho.

Também deixo meus agradecimentos a Capes pelo financiamento da pesquisa através de bolsa durante o primeiro ano do mestrado.

“Ninguém é tão grande que não possa aprender, nem tão pequeno que não possa ensinar.”
(Esopo)

RODRIGUES, CRISTHIAN ARAUJO. **Análise de eficiência energética de um açougue varejista no município de Bastos-SP**.2021. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2021

RESUMO

O consumo de energia elétrica vem aumentando no Brasil e no mundo, com isso, se torna necessário investir mais na oferta de energia. Porém, grande parte das fontes de energia utilizadas atualmente, mesmo as consideradas renováveis, por muitas vezes não são consideradas sustentáveis, pois sua estruturação acaba por causar danos socioambientais. Sendo o agronegócio um setor que tem a energia elétrica como insumo e produto, é de vital importância que se use a energia de forma eficiente. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo analisar a eficiência energética de uma empresa do setor do agronegócio utilizando o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) desenvolvido pela PROCEL, assim, especificamente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre eficiência energética em ambiente construído no agronegócio, usando a metodologia de revisão bibliográfica sistemática. Em seguida, foram calculadas a eficiência energética de envoltória, iluminação e condicionamento de ar, para então obter a eficiência geral de um açougue localizado no município de Bastos-SP. Para aprimoramento desta avaliação, foi aplicada lógica *fuzzy* para criar novos subníveis de classificação da eficiência, tendo uma avaliação mais precisa. Os resultados mostraram que a empresa possui classificação B no índice de eficiência geral, já com lógica *fuzzy* foi constatado o nível B2. Dessa forma, o estabelecimento possui grandes possibilidades de melhoria, porém deve-se ficar atento, pois com esse índice também há grandes chances de se perder níveis de eficiência. Assim, essa pesquisa mostrou que a modelagem *fuzzy* é viável e abarcante em questões de eficiência energética, podendo ser utilizada ou expandida a outros ambientes e pesquisas com características similares, uma vez que o RTQ-C contempla diversos tipos de ambientes construídos. Além disso, a metodologia proposta tem potencial para auxiliar gestores de empresas públicas e privadas a avaliarem, gerirem e tomarem decisões mais precisas quanto a eficiência energética.

Palavras-chave: RTQ-C. Lógica fuzzy. Agronegócio. Ambiente construído. PROCEL

RODRIGUES, CRISTHIAN ARAUJO. **Energy efficiency analysis of a retail butcher shop in the city of Bastos-SP**. 2021. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – São Paulo State University (UNESP), School of Sciences and Engineering. Tupã, 2021.

ABSTRACT

The consumption of electric energy has been increasing in Brazil and in the world, with this, it becomes necessary to invest more in the energy supply. However, a large part of the energy sources currently used, even those considered renewable, are often not considered sustainable, as their structure ends up causing social and environmental damage. As agribusiness is a sector that uses electricity as an supply and product, it is very important to use energy efficiently. In this sense, this work aims to analyze the energy efficiency of a company in the agribusiness sector using the Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level in Commercial, Services and Public Buildings (RTQ-C) developed by PROCEL. For this, was made a bibliographic survey on energy efficiency in a building in agribusiness was carried out, using the methodology of systematic bibliographic review. Then, the energy efficiency of wrapping, lighting and air conditioning will be calculated, in order to obtain the general efficiency of a butcher shop located in the city of Bastos-SP. To improve this assessment, fuzzy logic was applied to create new sub-levels of efficiency classification, with a more accurate assessment. The results showed that the company has a B rating in the general efficiency index, whereas with fuzzy logic level B2 was found. Thus, the establishment has great possibilities for improvement, but you should be aware that with this index it also has great chances of losing levels of efficiency. Thus, this research showed that fuzzy modeling is viable and comprehensive in terms of energy efficiency, and it can be used or expanded to other cases and research with similar characteristics, since the RTQ-C includes different types of buildings. In addition, the proposed methodology has the potential to help managers of public and private companies to assess, manage and make more accurate decisions regarding energy efficiency.

Keywords: RTQ-C. Fuzzy logic. Agribusiness. Buildings. PROCEL

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição de artigos encontrados por base de dados.....	27
Figura 2- Composição de artigos selecionados na fase de seleção	28
Figura 3- Composição de artigos selecionados na fase de extração.....	28
Figura 4- Artigos extraídos por critérios de inclusão.....	32
Figura 5- Artigos extraídos da pesquisa por ano	33
Figura 6- Planta baixa do estabelecimento	45
Figura 7- Mapa de Zonas Bioclimáticas brasileiras	47
Figura 8- Mapa das Zonas bioclimáticas brasileiras.....	72
Figura 9- FIS para a classificação da eficiência energética (PT-fuzzy) de um ambiente construído.....	75
Figura 10- Funções de pertinência para os conjuntos fuzzy das variáveis de entrada	78
Figura 11- Funções de pertinência para os conjuntos fuzzy da variável de saída	82
Figura 12- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre a EqNumEnv e EqNumDpi (variáveis de entrada), e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	85
Figura 13- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre a EqNumEnv e EqNumCA variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	85
Figura 14- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e EqNumV variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	86
Figura 15- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	86
Figura 16- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	87
Figura 17- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	87
Figura 18- Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	88
Figura 19- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e EqNumCA variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	88
Figura 20- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e EqNumV variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	89
Figura 21- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	89
Figura 22- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	90
Figura 23- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	90
Figura 24- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	91
Figura 25- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e EqNumV variáveis	

de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	91
Figura 26- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	92
Figura 27- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	92
Figura 28- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	93
Figura 29- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	93
Figura 30- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	94
Figura 31- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	94
Figura 32- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	95
Figura 33- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	95
Figura 34- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre AC' e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada	96
Figura 35- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre a AC' e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	96
Figura 36- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre AC' e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada	97
Figura 37- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre APT' e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada.....	97
Figura 38- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre APT' e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada	98
Figura 39- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre ANC' e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Buscas nas bases de dados feitas através de <i>strings</i>	26
Quadro 2- Artigos extraídos da revisão sistemática.	30
Quadro 3- Mudança de nomes em alguns ambientes do açougue.....	46
Quadro 4- Classificação de eficiência de envoltória	49
Quadro 5- Parâmetros para cálculo do ICM _{Max} e ICM _{Min}	49
Quadro 6- Características térmicas da edificação	52
Quadro 7- Área de envoltória e aberturas	53
Quadro 8- Varíaveis para cálculo de eficiência envoltória	53
Quadro 9- Índices de ICM _{Max} e ICM _{Min} calculados.....	55
Quadro 10- Limites para classificação de eficiência de envoltória.....	55
Quadro 11- Potência limite por ambiente	56
Quadro 12- Classificação de eficiência de cada ambiente	57
Quadro 13- Potência limite por ambiente	57
Quadro 14- Dados dos forçadores	59
Quadro 15- Dados do condicionador de ar não avaliado pelo INMETRO.....	59
Quadro 16- Aparelhos de condicionamento de ar do estabelecimento.....	60
Quadro 17- Média ponderada de eficiência dos aparelhos.....	60
Quadro 18- Classificação de eficiência	60
Quadro 19- Varíaveis para cálculo geral de eficiência.....	62
Quadro 20- Classificação de índice de eficiência geral	63
Quadro 21- Classificação da eficiência energética do RTQ-C de acordo com o PT	74
Quadro 22- Modelagem <i>fuzzy</i> para a classificação da eficiência energética de um ambiente construído.....	76
Quadro 23- Funções de pertinência para as variáveis de entrada do FIS	76
Quadro 24- Funções de pertinência para a variável de saída do FIS	81
Quadro 25- Base de regras do sistema fuzzy	82
Quadro 26- Resultados de eficiência energética do edifício comercial a partir do RTQ-C....	99

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC: Área útil dos ambientes condicionados;

AC': Razão da área útil dos ambientes condicionados pela área útil total

Aenv: Área de envoltória

AHS: Ângulo horizontal de sombreamento

ANC: Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada,

ANC': Razão da área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada pela área útil total

Apcob: Área de projeção da cobertura

APT: Área útil dos ambientes de permanência transitória

APT': Razão da área útil dos ambientes de permanência transitória pela área útil total

Atot: Área total

AU: Área útil

AVS: Ângulo vertical de sombreamento;

b: Pontuação obtida pelas bonificações

COP: *Coefficient of performance*

Dpil: Densidade de Potência de Iluminação Limite

EqNumCA: Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumDPI: Equivalente numérico do sistema de iluminação

EqNumEnv: Equivalente numérico da envoltória;

EqNumV: Equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente

FA: Fator altura (Área de projeção da cobertura: Apcob/Área total: Atot);

FF: Fator forma (Área de envoltória: A_{env} /Volume total: V_{tot});

FIS: Sistema de inferência fuzzy

FS: Fator solar;

ICenv: Indicador de consumo de envoltória

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ODS: Objetivos Desenvolvimento Sustentável

ONU: Organização das Nações Unidas

PAFT: Percentual de abertura na fachada total: média do percentual de aberturas existentes;

PT: Pontuação de eficiência energética

PT-fuzzy: Índice de eficiência energética *fuzzy*

RBS: Revisão bibliográfica sistemática

RTQ-C : Regulamento Técnico da Qualidade para o. Nível de Eficiência Energética de Edificações

SCOP: *Seasonal coefficient of performance*

V_{tot} : Volume total

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO	16
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO 1: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES CONSTRUÍDOS NO AGRONEGÓCIO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	22
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. METODOLOGIA.....	25
2.1. Etapa 1: Entrada.....	25
2.2. Etapa 2: Processamento de dados.....	27
2.3. Etapa 3: Saída	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO 2: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTE CONSTRUÍDO EM UM AÇOUGUE VAREJISTA DO MUNICÍPIO DE BASTOS-SP	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAIS E METODOS.....	44
2.1. Material	44
2.2. Método	46
2.2.1. Eficiência energética de envoltória	47
2.2.2. Eficiência energética de iluminação	49
2.2.3. Eficiência energética de condicionamento de ar	50
2.2.4. Eficiência energética geral	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
3.1. Eficiência energética de envoltória	52
3.2. Eficiência energética de iluminação	55
3.3. Eficiência energética de condicionamento de ar	58
3.4. Equivalente numérico de ambientes não condicionados e bonificações.....	61

3.5. Índice de eficiência geral	62
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	64
CAPÍTULO 3: APLICAÇÃO DE LÓGICA FUZZY NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTE CONSTRUÍDO NO BRASIL ...	67
1. INTRODUÇÃO.....	68
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	71
2.1. Classificação da eficiência energética de um ambiente construído a partir do RTQ-C	71
2.2. Sistema de inferência fuzzy	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
3.1. Classificação geral da eficiência energética de um ambiente construído usando FIS	84
3.2. Classificação da eficiência energética da empresa do setor varejista de carnes (estudo de caso) usando o RTQ-C e o FIS	99
4. CONCLUSÕES.....	100
REFERÊNCIAS	101
CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO.....	105

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

Sabe-se que o crescimento populacional vem aumentando mais conforme os anos passam e, isso, por si só, já aumentaria o consumo energético. Porém, como o consumo *per capita* de energia também vem aumentando, por conta das pessoas procurarem cada vez mais conforto, isso faz com que o aumento na demanda desse precioso bem não pare de aumentar, e se torna preocupante, uma vez que a oferta de energia elétrica não parece acompanhar esse aumento de demanda (IWARO, MWASHA, 2010).

Assim, corre-se o risco da demanda de energia superar sua oferta, gerando assim uma escassez do recurso. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE, 2015),

Cerca de 70% de toda a demanda de energia elétrica gerada nos países é suprida pelas hidrelétricas, seguido pela biomassa com 8,5% e pela energia eólica 7,6 %. Em 2018 os maiores consumidores de energia elétrica foram às indústrias com 27%, as residências com 18%, o setor comercial com 12,28%, o setor público com 5,97%, o próprio setor energético com 4,25% e o agronegócio com 4,04%, ficando à frente de setores como metalurgia, química, alimentos e papel e celulose, o que é compreensível, uma vez que em 2017 foi apontado que 83% dos estabelecimentos agropecuários utilizaram energia elétrica (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2017; EPE, 2019).

Mesmo as hidrelétricas, que ainda por muitas vezes sejam associadas à energia limpa, por ser uma fonte de energia considerada renovável, seu impacto ambiental não deve ser ignorado, uma vez que para sua construção é necessária uma grande degradação da fauna e da flora do local, sem contar que pode muitas vezes também afetar a população que vive na região, assim como outras fontes geradoras de energia (SILVEIRA, 2018).

Contudo, diante da demanda por energia elétrica, deve-se utilizar recursos de maneira sustentável, bem como utilizar a energia elétrica de forma eficiente. Assim, uma forma de se obter isso é utilizando a eficiência energética para que se possa utilizar a energia de uma forma melhor, através de substituição de equipamentos, controle de gastos energético, consumo consciente, entre outros fatores. De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia (ABESCO,

2019), pode-se definir eficiência energética como “o uso de modo eficiente da energia para se obter um determinado resultado. A eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização”.

Ou seja, existe uma diferença entre a quantidade de energia que determinada atividade precisa para ser realizada e o quanto é utilizado de fato, sem que isso comprometa a realização da mesma nem cause danos à saúde e à sociedade. Portanto, quanto menor for essa diferença, mais eficiente é determinada atividade (CARLO, 2008).

A eficiência energética pode trazer uma série de benefícios para quem a utiliza e para a sociedade como um todo, seja em caráter econômico, pois gera economia de dinheiro por possibilitar um gasto menor de energia, ou em caráter social, já que por um ser um recurso geral, sua maior disponibilidade pode beneficiar as pessoas, ou ainda em caráter ambiental, pois para geração de energia elétrica grande parte depende de recursos naturais como a água, ou de combustíveis fósseis que contaminam o meio ambiente, porém existem alternativas para isso, como energia eólica, solar, biomassa, porém, seu uso ainda precisa ser expandido. Como boa parte das atividades realizadas no dia a dia dependem desse fator, a sua utilização mais eficiente é de vital importância (CARLO, 2008).

Assim, a eficiência energética em ambientes construídos vem ganhando mais espaço, tornando-se cada vez mais importante, fazendo com que muitas construções sejam feitas desde o princípio já pensando em atender a essa demanda (CEBALLOS-FUENTEALBA et al., 2019).

Uma das formas de se avaliar a eficiência energética é por meio do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos, desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (RTQ-C), versão 2017. Ele permite avaliar a eficiência energética de ambientes construídos por meio da análise de envoltória, condicionamento de ar e iluminação, sendo aplicados a diversos tipos de edificações (WONG; KRÜGER, 2017).

Esse regulamento foi criado em 2009, como parte da regularização do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e, desde 2014, se tornou obrigatório para todas as novas construções do serviço público. Para realização da avaliação do nível de eficiência, ele se apoia em equações de regressão

que foram desenvolvidas usando análise estatística. Inicialmente, era extremamente criticado por não considerar variáveis importantes, porém, o método vem se aprimorando e sua última atualização lançada em 2017 é considerada bastante consistente (GARCIA; SOUZA, 2017).

Contudo, este regulamento abrange somente cinco níveis (A, B, C, D ou E), sendo que o nível A não possui limite superior e o nível E não possui limite inferior. Desse modo, a lógica *fuzzy* pode contribuir para a avaliação de eficiência energética através do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais (RTQ-C), Versão 4 de Abril de 2017 possibilitando assim geração de subníveis de eficiência.

A modelagem por meio da programação *fuzzy* permite fazer cálculos considerando que os valores não são valores estritamente exatos. Diferente de outras produções como carnes, grãos e alimentos, que são tangíveis e facilmente mensuráveis, a energia é intangível, o que dificulta sua mensuração exata. Portanto, este tipo de modelagem se adéqua bem para este tipo de pesquisa.

A lógica *fuzzy* é uma ferramenta que permite a utilização destas variabilidades, isto é, a incorporação de incertezas contidas nos termos independentes das restrições e coeficientes, dando mais opção para o agente de decisão. A solução ótima proveniente desses modelos dos parâmetros de entrada, sendo que alguns dados podem apresentar uma imprecisão e, conseqüentemente, uma maior variabilidade, como, por exemplo, a receita líquida e as quantidades de terra, água e capital utilizados no cultivo de determinadas culturas. Os problemas de programação linear são amplamente utilizados por serem mais fáceis na interpretação de resultados. Em contrapartida, para que se apresente algo próximo da realidade, é necessária muita precisão na escolha e seleção dos dados (GANDOLPHO, 2003).

Zadeh (1999) complementa esta ideia dizendo de uma forma mais simples que um conjunto *fuzzy* é um conjunto de números em que não há um limite exato para que os números pertençam ou não ao conjunto.

Desse modo, justifica-se essa pesquisa pelo fato de que consumo de energia elétrica vem aumentando rapidamente, correndo o risco da geração de energia elétrica não dar conta da demanda.

Sendo o agronegócio um usuário e gerador de energia – através do reaproveitamento de biomassa – ter eficiência energética no setor se torna de extrema importância, tanto para a sociedade que consome os produtos e sofre as

consequências socioambientais, quanto para a empresa que pode ganhar economia e não prejudicar o meio ambiente que pode afetar a própria produção em longo prazo.

Nesse sentido, se busca descobrir qual a classificação de eficiência energética de uma empresa do setor do agronegócio (açougue varejista) localizada no município de Bastos-SP, através da aplicação de lógica fuzzy no método de avaliação de eficiência já existente do RTQ-C

Para isso, foi utilizado o método Mamdani, gerando assim uma nova base de regras para classificação de eficiência, baseada na já existente no RTQ-C

As hipóteses possíveis são que o nível eficiência energética da empresa estudada seja bom, mediano ou ruim. Mas, com a aplicação de lógica *fuzzy*, é possível avaliá-la com uma quantidade de níveis maior.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a eficiência energética de uma empresa do setor do agronegócio. Especificamente, pretende-se:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre eficiência energética em ambiente construído no agronegócio;
- Avaliar a classificação e eficiência energética de envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar por meio do manual RTQ-C;
- Aplicar lógica *fuzzy* nas análises para maior aprofundamento da avaliação, para a proposição de possíveis melhorias para aprimorar a classificação de eficiência energética.

Essa pesquisa se relaciona aos objetivos 7 - Energia Limpa e Acessível, 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis e 12 - Consumo e Produção Responsáveis, dos Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS, 2021), que propõe uma série de ações, para que consiga diversas metas para que os países possam crescer, mas tendo em vista também valores socioambientais até 2030.

É importante ressaltar que essa dissertação foi dividida em três artigos distintos.

Cada um deles terá ênfase em atender aos objetivos específicos estabelecidos na dissertação e, conseqüentemente, ao objetivo geral. Assim, o capítulo 1 está focado no primeiro objetivo específico e tem o título “Eficiência energética em ambientes construídos no agronegócio: uma revisão bibliográfica sistemática”; o capítulo 2 tem o título “Eficiência energética de ambiente construído em um açougue varejista do município de Bastos-sp” e irá atender o segundo objetivo;

por fim, o terceiro capítulo que está consequentemente ligado ao terceiro objetivo é denominado “Aplicação de lógica fuzzy na avaliação da eficiência energética em ambiente construído no Brasil”.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA – ABESCO. S.l.:s.n, 2019 **O que é eficiência energética**. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/> . Acesso em: 30 ago. 2019.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais**. Florianópolis, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CEBALLOS-FUENTEALBA, I.; ÁLVAREZ-MIRANDA, E.; TORRES-FUCHSLOCHER, C.; CAMPO-HITSCHFELD, M. L.; DÍAZ-GUERRERO, J.. A simulation and optimisation methodology for choosing energy efficiency measures in non-residential buildings. **Applied Energy**, [S.L.], v. 256, p. 113953, dez. 2019. Elsevier BV.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE2030)**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em 29 ago. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco energético nacional 2018**. S.l.:s.n, 2019 Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em 09. Ago 2019.

GANDOLPHO A. A . Metodologia de resolução de problemas de programação linear fuzzy. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 35, 2003, Natal. **Anais...** nov. 2003.

GARCIA, M. S.; SOUZA, R. V. G. Reflections About the Use of the Tool S3E for the Evaluation of Energy Efficiency Level in Commercial Buildings in Brazil. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 111, p.131-140, mar. 2017.

IWARO, J; MWASHA, A. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, Trinidad, v. 38 p 7744-7755, set 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**: Tabela 6651 - Número de estabelecimentos agropecuários por associação, uso de energia elétrica, orientação técnica e obtenção de informação - resultados preliminares 2017 – Rio de Janeiro. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6651#notas-tabela>>. Acesso em 01 nov 2019.

OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL- ODS. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br> Acesso em: 10 jan. 2021

SILVEIRA, P. G.. Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e iversificação da matriz energética brasileira. **Opinión Jurídica**, Medelin, v. 17, n. 33, p.123-148, 2018.

WONG, I. L.; KRÜGER, E.. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: Implications, challenges, barriers and opportunities. **Energy Policy**, [s.l.], v. 109, p.310-323, out. 2017.

ZADEH, L.a. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, [s.l.], v. 100, p.9-34, jan. 1999.

CAPÍTULO 1: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES CONSTRUÍDOS NO AGRONEGÓCIO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

RESUMO

Com o crescente aumento na demanda de energia elétrica e com a oferta não acompanhando este desenvolvimento, utilizar a energia de forma eficiente torna-se cada vez mais necessário e importante. Quando se fala de um dos seus maiores consumidores que são os ambientes construídos, assim como o setor do agronegócio que consome uma grande quantidade de energia, isso fica ainda mais sério. Neste contexto, é importante verificar como está configurado o estado da arte sobre eficiência energética em ambiente construído com ênfase no setor do agronegócio, para que sejam identificados os avanços e as lacunas do conhecimento. Para tanto, foi utilizada a metodologia de revisão bibliográfica sistemática (RBS), com o auxílio do Software Start. Com isso foi possível verificar que a temática é de suma importância para o desenvolvimento do agronegócio e tem tido um ótimo avanço no Brasil, contudo quando comparado a outros países fica nítido que ainda é necessário investir mais nesse âmbito de pesquisa.

Palavras-chave: Energia elétrica, Edificações, RBS, Agropecuária, RTQ-C.

ABSTRACT

The Energy demand is increasing and the offer that does not keep up with this development and considering its social and environmental impacts, using energy efficiently becomes increasingly necessary and important, especially when talking about one of its biggest consumers: the buildings, as well as the agribusiness sector that consumes a large amount of energy. In this context, it is important to verify how the state of the art on energy efficiency is configured in a buildings with prominence in the agribusiness sector, so that the advances and knowledge gaps are identified. For this, a systematic bibliographic review (RBS) was used with the aid of Software Start. With that, it was possible to verify that the theme is of paramount importance for the development of agribusiness and has a great advance in Brazil, when compared to other countries it is clear that it is still necessary to invest more in this scope of research.

Keywords: Energy Efficiency, Buildings, RBS, Agriculture, RTQ-C.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil vem passando por uma crise energética desde o ano de 2015, por conta de problemas com uma das nossas maiores fontes de energia, a hidrelétrica. Assim, inovações no campo da energia se tornam mais necessárias (PINTO, MARTINS e PEREIRA, 2017).

O consumo per capita de energia elétrica vem aumentando, principalmente em países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim como o crescimento populacional, que por si só já gera uma demanda maior de energia. Além disso, as pessoas estão em busca de conforto e bem-estar, o que muitas vezes demanda energia. Esses fatores combinados fazem com que o consumo energético aumente, com previsões de continuar aumentando de forma exponencial no futuro (IWARO E MWASHA, 2010).

Segundo estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2015), se continuar no estado atual, em 2023 o Brasil pode passar a ter consideráveis problemas de disponibilidade de energia.

Desta forma, fica evidente a necessidade de se utilizar este recurso de maneira sustentável e eficiente visando o não esgotamento, uma vez que a energia elétrica é primordial para a vida humana contemporânea.

Uma forma de se obter isso é por meio da eficiência energética que de acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia (ABESCO, 2019), pode-se definir eficiência energética como “o uso de modo eficiente da energia para se obter um determinado resultado. A eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização”

Quando falamos de ambientes construídos, Bodach e Hamhaber (2010) destacam que quando são devidamente adequados as necessidades energéticas de onde são localizados considerando fatores como temperatura e clima tem grande potencial de diminuir de forma significativa o impacto do alto crescimento de demanda energética em países emergentes, gerando assim resultados não só para o local, mas para a indústria da construção como um todo e traz benefícios para sustentabilidade,

o que é excelente visto que estes ambientes são os principais consumidores energéticos.

A eficiência energética pode trazer uma série de benefícios ao usuário e para a sociedade como um todo. Em caráter econômico, pois gera economia de dinheiro por possibilitar um gasto menor de energia, em caráter social, já que por um ser um recurso geral, sua maior disponibilidade pode beneficiar as pessoas, e em caráter ambiental, pois para geração de energia, grande parte depende de recursos naturais como a água, ou de combustíveis fósseis que contaminam o meio ambiente. Como boa parte das atividades realizadas no dia a dia dependem desse fator, assim, a sua utilização mais eficiente é de vital importância (CARLO, 2018).

Assim, a eficiência energética em ambientes construídos vem ganhando cada vez mais espaço, tornando-se cada vez mais importante, fazendo com que muitas construções sejam feitas desde o princípio já pensando em atender a essa demanda (CEBALLOS-FUENTEALBA, 2019).

No Brasil, a fonte primária de energia elétrica é a hidrelétrica, que consegue dar conta de 66% de toda energia elétrica gerada no país, seguida da biomassa com 8,5% e a energia eólica 7,6%. No ano de 2018, os maiores consumidores de energia elétrica foram as indústrias com 27%, as residências com 18%, o setor comercial com 12,28%, o setor público com 5,97%, o próprio setor energético com 4,25% e o agropecuário com 4,04%. Deste modo, o agronegócio fica à frente de setores como metalurgia, química, alimentos e papel e celulose (EPE, 2019).

No Brasil é necessário que se tenha bastante atenção quando se vai analisar questões de eficiência nesse contexto visto que temos uma quantidade significativa de climas diferentes que podem influenciar em uma análise, o que pode ser eficiente em uma região do país pode não ser em outra. (BAVARESCO et al. 2021)

Contudo, existem uma série de modos de se avaliar a eficiência energética dependendo do que se pretende entender ao avaliar, com isso, um estudo mais aprofundado sobre o conteúdo se torna necessário.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a eficiência energética em ambiente construído no agronegócio utilizando a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS).

2. METODOLOGIA

Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) é uma metodologia de pesquisa que permite um levantamento bibliográfico organizado sobre uma temática específica a qual se pretende estudar, por meio de técnicas e etapas predefinidas, sendo assim possível o desenvolvimento de um mapeamento das informações disponíveis sobre a temática escolhida (BIOLCHINI, et al., 2007).

Desta forma, para se realizar um levantamento do estado da arte sobre eficiência energética em ambientes construídos com ênfase no agronegócio, será adotado o modelo de RBS proposto por Conforto Amaral e Silva (2011), que divide essa metodologia em três etapas.

Inicia-se na etapa de entrada, na qual é definido o problema que se pretende investigar com a RBS e quais objetivos se pretende atingir. Nesta fase é realizada a definição das bases em que será feita a pesquisa, as *strings* a serem utilizados e quais critérios serão utilizados, além de outros fatores como lapso temporal e filtros de busca.

Em seguida é realizada a etapa de processamento, na qual os arquivos obtidos anteriormente são submetidos a uma série de filtrações baseadas dos critérios definidos para separar os artigos que serão utilizados na próxima etapa por se adequarem ao que foi proposto.

Por último, a fase de saída na qual os arquivos selecionados são separados e analisados de forma mais profunda, com o intuito de sintetizar as principais informações inerentes ao tema explorado.

Desta forma, é possível se obter dados e informações relevantes a fim de se compreender melhor o tema estudado.

2.1. Etapa 1: Entrada

Para se iniciar a pesquisa, foram selecionadas duas bases de dados: *Scopus* e *Science direct* por apresentarem um bom índice de pesquisas relevantes na área de estudo que se pretende atingir. Contudo, para que se pudesse ter um mapeamento ainda maior dos documentos científicos, visando ampliar o conhecimento sobre o tema, foi adicionada ainda a base *Scielo*.

As *strings* definidas para a pesquisa nas bases foram “energy efficiency” AND “buildings” AND “agro”. Destaca-se, contudo que, para chegar a estas strings, foram necessários alguns testes, além de algumas adaptações entre as bases para se obter resultados satisfatórios, processo que pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1-Buscas nas bases de dados feitas através de *strings*

Base	Strings	Filtro	Resultados
Science Direct	"energy efficiency" AND "buildings" AND "agro"		1,266
Science Direct*	"energy efficiency" AND "buildings" AND "agro"	*Acesso aberto *2012-2019	99
Scopus	"energy efficiency" AND "buildings" AND "agro"	*Acesso aberto *2012-2019	5
Scopus*	("energy efficiency") AND (building) AND (agro)	*Acesso aberto *2012-2019	35
Scielo	"energy efficiency" AND "buildings"		63
Scielo*	"energy efficiency" AND "buildings"	*2012-2019	44
Total final			178
*String filtragem final			

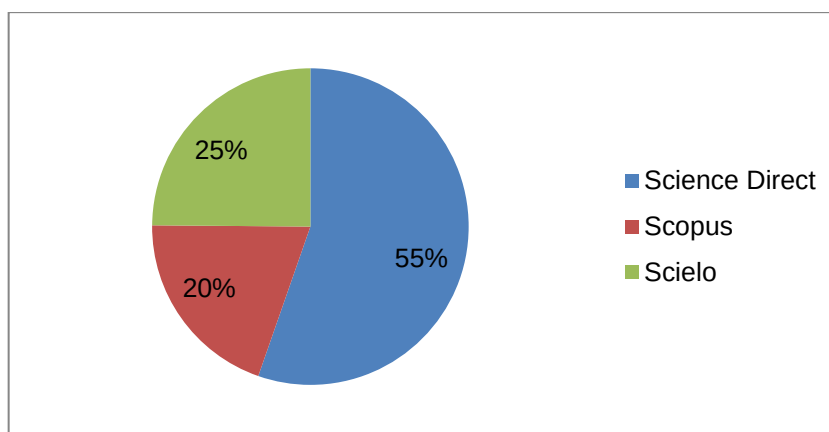
Fonte: Desenvolvido pelo autor.

A busca nas bases de dados foi realizada no dia 30 de outubro de 2019 e teve como delimitação temporal o período entre os anos 2012-2019. O ponto de partida escolhido se deve ao fato de que foi em 2012 que o modelo para eficiência energética em ambiente construído denominado Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) se tornou obrigatório para edifícios públicos no Brasil.

Outro filtro aplicado ainda na base foi o de disponibilidade dos arquivos, visto que, em uma pesquisa prévia sobre a temática, vários arquivos não se encontravam disponíveis para o acesso, sendo assim, realizando esta filtragem desde o início, são evitados problemas de acesso nas etapas seguintes.

Foram obtidos um total de 178 artigos, distribuídos conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1-Distribuição de artigos encontrados por base de dados.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

2.2. Etapa 2: Processamento de dados

Para a etapa de processamento dos dados foi utilizado o *Software Start* versão 2.3.4.2, por facilitar a realização da classificação dos artigos obtidos na fase anterior. Para isso, os arquivos foram exportados das bases de dados no formato *bibtex*.

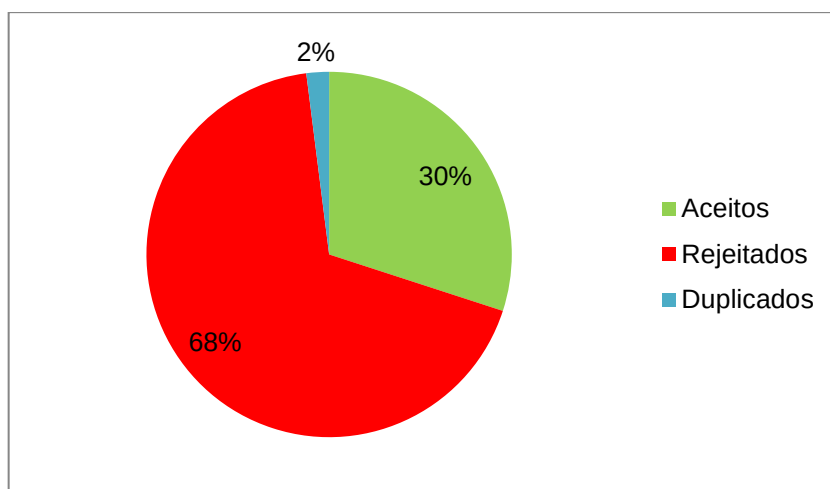
Baseados nos objetivos da pesquisa foram escolhidos os seguintes critérios de inclusão: Aborda eficiência energética; aborda eficiência energética no agronegócio; abrange eficiência energética em ambiente construído.

Como critérios de exclusão foram escolhidos: Não possui nenhuma ligação com ambiente construído; Aborda eficiência energética de forma superficial; Não aborda eficiência energética. Posteriormente, já durante a fase de extração, foi necessária a criação do critério Arquivo não acessível, pois mesmo com a prevenção para que este tipo de arquivo não chegasse a esta etapa, um artigo com esta característica foi encontrado.

Na etapa de seleção, para verificar se um arquivo seria incluído ou excluído foi feita a análise do título, resumo e palavras chaves dos arquivos selecionados, a fim de verificar se eles seriam relevantes a pesquisa de acordo com os critérios citados anteriormente.

Desta forma, 54 artigos foram aceitos, 121 foram rejeitados e 3 foram considerados duplicados, esta composição pode ser vista na figura 2.

Figura 2-Composição de artigos selecionados na fase de seleção

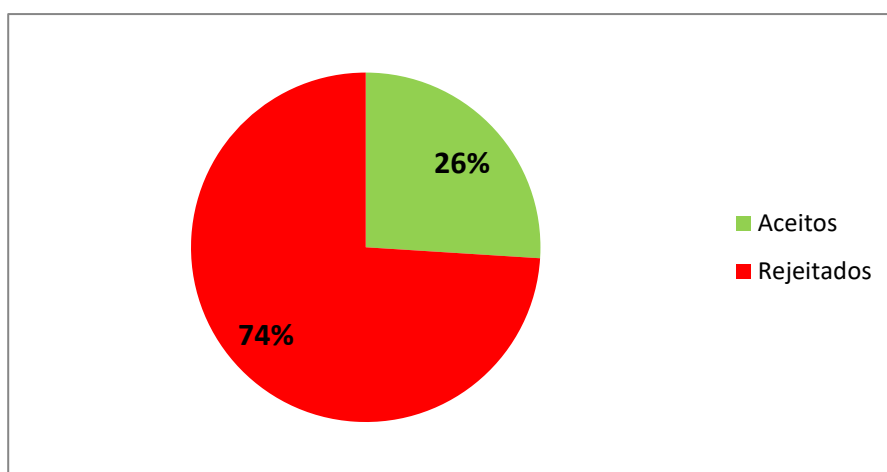


Fonte: Desenvolvido pelo autor a partir de dados do *Software Start*

Feito isto, os 54 artigos selecionados foram para a fase seguinte dentro da etapa de processamento: a fase de extração. Nesta fase, os arquivos são analisados utilizando como base sua introdução, resultados e conclusão, verificando se estes estão relacionados e contribuem com o tema estudado.

Com esta análise mais minuciosa 14 artigos foram aceitos e 40 foram rejeitados, conforme a composição que pode ser vista na figura 3:

Figura 3-Composição de artigos selecionados na fase de extração



Fonte: Desenvolvido pelo autor a partir de dados do *Software Start*.

Os 14 artigos foram lidos na integra, para o entendimento mais aprofundado dos mesmos, a fim de atingir o objetivo deste artigo.

2.3. Etapa 3: Saída

Após as etapas anteriores, restaram 14 artigos, cujas informações foram organizadas no quadro 2.

Quadro 2-Artigos extraídos da revisão sistemática.

Título	Autores	Abordagem	Ano	Base
<i>Revolutionizing towards sustainable agricultural systems: The role of energy</i>	ZAMBON, I. et al	A importância da energia na agricultura sustentável	2019	Scopus
<i>Assessing energy and environmental efficiency of the Spanish agri-food system using the LCA/DEA methodology</i>	LASO, J. et al	Melhoria no setor agroalimentar com eficiência energética	2018	Scopus
<i>Recent advances in the analysis of sustainable energy systems</i>	CALISE, F. et al	Avanços na análise de eficiência energética com ênfase em ambientes construídos	2018	Scopus
<i>Three-dimensional visualization solution to building-energy diagnosis for energy feedback</i>	OH, T. K. et al	Formas de se aplicar eficiência energética em ambientes construídos	2018	Scopus
<i>Ground thermal inertia for energy efficient building design: A case study on food industry</i>	MAZARRÓN, F. CID-FALCETO, J. CANÃS, I.	Eficiência energética de envoltória em uma vinícola da Espanha	2012	Scopus
<i>Identifying Strategies for Energy Consumption Reduction and Energy Efficiency Improvement in Fruit and Vegetable Producing Cooperatives: A Case Study in the Frame of TESLA Project</i>	LATINI, A. et al	Produção eficiente de frutas e vegetais utilizando a metodologia TESLA	2016	Science Direct
<i>Comparison of the energy efficiency of production of camel and cows milk resources</i>	NADTOCHI, L. et al	Comparação da eficiência entre produção de leite de camelos e vacas	2018	Science Direct

<i>Beyond energy efficiency and individual behaviours: policy insights from social practice theories</i>	LABANCA, N. et al	Impactos do uso adequado de energia	2018	Science Direct
<i>Buildings: The new energy nexus</i>	QUÉNARD. D.	Possibilidades e oportunidades de construções serem mais eficientes	2017	Science Direct
<i>Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R</i>	DALBEN, R. et al	Aplicação do RTQ-C em <i>passive house</i>	2017	Scielo
<i>Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV</i>	DIDONÉ, E. WAGNER, A. PEREIRA, F.	Implantação de escritórios com gasto zero de energia	2014	Scielo
<i>Impact estimates of the actions for there habilitation of energy efficiency in residential building</i>	ZARAGOZA-FERNANDES, S. et al	Readequação de ambientes construídos a eficiência energética	2014	Scielo
<i>Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado</i>	NAKAMURA, N. MACIEL, L. CARLO, J.	Economia de energia em ambientes com condicionamento natural	2013	Scielo
<i>Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras</i>	KRUGER, E. MORI, F.	Eficiência energética de agências bancárias em diferentes partes do Brasil	2012	Scielo

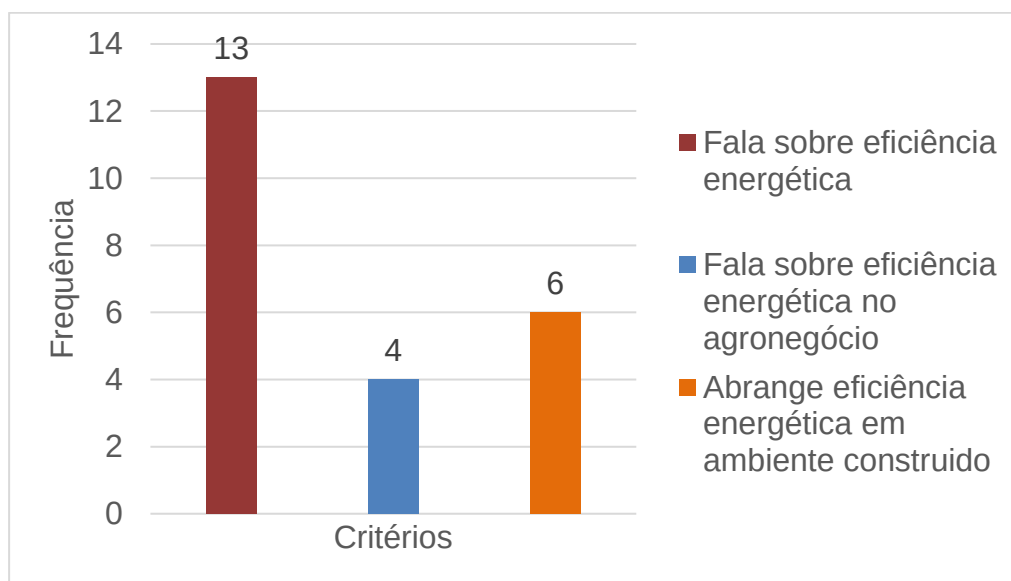
Fonte: Desenvolvido pelo autor a partir de dados do *Software Start*

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos arquivos classificados, cinco estavam disponíveis na *Scielo*, cinco na *Scopus* e quatro na *Science Direct*. Comparando com a quantidade de arquivos coletados inicialmente, tem-se um índice de aproveitamento de 11% da *Scielo*, 14% da *Scopus* e de 4% por parte da *Science Direct*. Demonstrando que neste caso, uma maior quantidade de artigos encontrados na etapa inicial não significa que se terá um maior índice de aproveitamento de conteúdo útil.

Quando analisado sob a ótica dos critérios de inclusão, observando a figura 4 foi possível notar que o critério mais atendido foi “Aborda eficiência energética”, seguido de “Abrange ambiente construído” e por último “Aborda eficiência energética no agronegócio”.

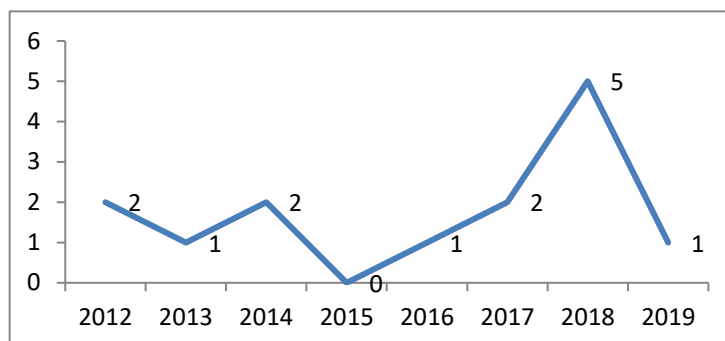
Figura 4-Artigos extraídos por critérios de inclusão



Fonte: Desenvolvido pelos autores através de dados do *Software Start*

Ao analisar a série temporal, considerando apenas os arquivos que passaram da fase de extração, foi possível perceber que não houve uma variação muito grande na quantidade de material publicado no decorrer dos anos, com exceção de 2018, quando houve uma diferença ascendente na quantidade.

Além disso, pode-se destacar que nenhum artigo publicado em 2015 entrou para a seleção, e estes fatores podem ser observados na figura 5.

Figura 5-Artigos extraídos da pesquisa por ano

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Krüger e Mori (2012) se destacam por, no início do lapso temporal designado para essa pesquisa, trazerem conceitos de forma simples, porém completa, para definir eficiência energética. Por meio de Lamberts, Dutra e Pereira (1997), Kruger e Mori (2012) definem a forma de se realizar um serviço, utilizando o mínimo de energia possível.

Krüger e Mori (2012) também destacam que quando se trata de ambientes construídos, para efeito de comparação, o que diferencia dois ambientes que têm condições semelhantes é seu gasto energético, sendo que este tipo de ambiente possui grandes oportunidades para terem uma economia de energia satisfatória, que incluem o tipo de material para construção, planejamento térmico para as épocas de climas muito quentes ou muito frios e até a própria conscientização dos usuários, algo que é extremamente destacado também por Quénard (2017).

Tudo isso é possível sem prejudicar o bem-estar dos usuários, podendo contribuir e muito para o conforto do mesmo, gerando, além disso, benefícios ambientais e econômicos. O Brasil vem melhorando nesse quesito, contudo, ainda está distante dos Estados Unidos e da Europa (KRÜGER; MORI, 2012).

Calise et al. (2018) destacam que, em países desenvolvidos, cerca de 40% da demanda de energia deriva de ambientes construídos, fato que também é destacado por Oh et al. (2018). Desse modo, consideram-se investimentos em eficiência energética nesse âmbito de vital importância, para isso há uma série de métodos para avaliar a eficiência energética.

Esta avaliação de eficiência em ambientes construídos inclui questões de iluminação, condicionamento térmico, construção externa, equipamentos utilizados no ambiente, mensuração do uso de energia, tamanho e posicionamento dos ambientes,

e podem ser realizados por meio de modelagens matemáticas, programas governamentais que mudam de país para país, *softwares* ou metodologias como a *Life circle assessment* (LCA), definida por Laso et al (2018) como uma metodologia utilizada para calcular a eficiência energética de um produto ou serviço durante seu ciclo de vida. A LCA vem se tornando uma das mais importantes metodologias utilizadas por empresas para avaliar este impacto, inclusive nas produtoras de *commodities*.

Oh et al. (2018) indicam que a falta de eficiência energética em ambientes construídos podem trazer grandes complicações ambientais por conta do excesso de liberação de gases do efeito estufa e destacam que prédios antigos, em geral, possuem em sua maioria uma péssima eficiência energética, pois foram construídos sem esta preocupação, podendo ser oito vezes menos eficientes do que edifícios atuais, o que dá ainda mais força para o argumento de Nakamura, Maciel e Carlo (2013) de que se atentar à questão da eficiência energética, desde as fases iniciais de planejamento de um projeto arquitetônico, é extremamente importante.

Para resolver este problema, Nakamura, Maciel e Carlo (2013) sugerem o uso do chamado *energy efficiency retrofit*, uma metodologia usada com o intuito de melhorar a eficiência energética em edificações antigas. Destacam ainda a importância do conceito de *energy feedback* ou *eco-feedback* que busca transmitir aos cidadãos informações sobre como utilizar a energia de modo mais eficiente, mas alerta que esta estratégia pode levar muito tempo até que obtenha algum retorno (OH et al., 2018).

Outro modo de se prevenir a este problema ainda nos projetos arquitetônicos é com a ideia trazida a discussão por Dalbem et al. (2017), com o conceito de *Passive House*, que surgiu na Alemanha em 1988, visando a construção de edificações que conseguissem manter um conforto interior, independente do clima, utilizando o mínimo de energia possível e apostando em isolamento térmico, minimização de pontes térmicas e sistema de ventilação mecânico com recuperador de calor.

Zaragoza-fernández et al. (2014) consideram como ponto primordial, para que se tenha excelência na eficiência energética, o comportamento térmico do ambiente construído, algo que é importante se atentar de forma expressiva quando se desenvolve modelos matemáticos para avaliação de eficiência.

Labanca e Bertoldi (2018) trazem uma visão interessante ao tema, apontando que a economia de energia pode vir por meio de tecnologias que usem menos energia ou pela substituição de equipamentos que não são eficientes por aqueles que são considerados mais eficientes, contribuindo muito para lidar com a baixa quantidade de energia disponível, permitindo benefícios para o meio ambiente e para sociedade. Os autores atribuem aos governos grande parte dessa responsabilidade, por meio de políticas públicas de economia de energia.

Didoné, Wagner e Pereira (2014) descrevem que no Brasil, a forma pública de regulamentar a eficiência energética em ambientes construídos, é o já citado anteriormente RTQ-C, sendo que este visa avaliar os fatores de envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Estes dois últimos são considerados os principais responsáveis pela ineficiência energética das edificações, causados principalmente pelo crescimento da classe média.

O assunto eficiência energética entrou em pauta de importância no Brasil após a implantação da Lei nº10.295, de outubro de 2001, que promoveu a primeira iniciativa para promover a eficiência energética em ambientes construídos. Desde então o assunto vem ganhando força, sendo que hoje, se acredita ser possível o desenvolvimento de edifícios energia zero (EEZ), por meio de diversas técnicas de economia e de autogeração energética. Em outros países a ideia já está em desenvolvimento; na Europa havia plano de que todas as edificações novas possuíssem esta característica até 2020; os Estados Unidos também possuem este objetivo, porém para o ano de 2025 (DALBEM et al., 2017; DIDONÉ; WAGNER; PEREIRA, 2014).

Quando se destaca o âmbito do agronegócio relacionado à eficiência energética Zambon et al. (2019) indicam que é uma das principais chaves para a inovação do setor, incluindo a substituição de fontes fósseis por fontes sustentáveis e renováveis, por conta disso, nos últimos anos estratégias envolvendo energia e meio ambiente tem ganhado mais destaque, pelo uso de tecnologias como a energia solar e biomassa. Neste contexto, fica claro que inovações no setor se tornam necessárias, possibilitando não só uma maior produtividade e economia como também desenvolvimento sustentável.

Porém, Mazarrón, Cid-falceto e Cañas (2012) chamam a atenção para o fato de que estudos sobre eficiência energética em ambientes construídos relacionados ao âmbito agro alimentício ainda são bem precários.

São necessários estudos e diretrizes técnicas para encontrar soluções energeticamente eficientes, adaptados a esta área da economia, principalmente no âmbito de condicionamento térmico (MAZARRÓN, CID-FALCETO, CAÑAS, 2012).

Este argumento é reforçado por Latini et al. (2016), quando destacam a perecibilidade dos produtos agroindustriais, tornando indispensável para alguns o condicionamento de ar e a estrutura de ambiente construído muito bem adequados às suas especificidades.

Por sua vez, Laso et al. (2018) ressaltam que o setor agroindustrial demanda uma quantidade grande de energia elétrica e de outros tipos, sendo responsável por cerca de 1/3 de toda demanda de energia no geral. Cada Kcal de alimento produzido gasta cerca de 10 Kcal para sua produção, sendo que aqueles de origem animal geram um gasto energético ainda maior, o que ressalta a importância da eficiência energética.

Investidores e *stakeholders* do setor do agronegócio ao redor do mundo estão atentos a questão de eficiência energética e estão dando prioridades para empresas que adotam estas práticas, provavelmente por conta do benefício financeiro que pode ser trazido (NADTOCHII et al., 2018).

Com isso, é possível compreender que a eficiência energética de ambientes construídos é de extrema relevância e importância, podendo causar impactos econômicos, sociais e ambientais, não só quando se trata do setor do agronegócio, como para diversos outros setores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando tudo que foi visto, fica claro que existem muitas oportunidades de pesquisa envolvendo essa temática, principalmente quando se considera que o Brasil é um país que tem sua balança comercial fortemente ancorada no agronegócio.

Nesse sentido, torna-se muito importante encontrar alternativas mais eficientes para o consumo de energia no país, sobretudo, no agronegócio, cuja tendência é aumentar a produção de alimentos para atender a demanda mundial.

Vale ressaltar que apesar dessa pesquisa ter tido ênfase em artigos que abordam a energia elétrica, esta não é a única que merece atenção. Os combustíveis

também têm uma enorme importância para a sociedade atual e um impacto ambiental igualmente grande, o que evidencia a importância de pesquisas nessa direção.

Com o aumento na importância das questões ambientais, empresas que apresentarem práticas que visem a sustentabilidade podem ganhar mais relevância junto aos seus *Stakeholders*, indo além da própria economia energética. Poderá desenvolver e fortalecer a imagem de empresa preocupada com as questões ambientais, uma premissa imprescindível junto a sociedade atual.

Vale lembrar também, que pela importância que o setor do agronegócio tem para o Brasil, gerar uma grande economia em um dos insumos utilizados, pode trazer um impacto significativo para o país como um todo.

Economizando no consumo energético, o ganho financeiro gerado pode ser reinvestido em outros âmbitos da produção, tornando-a mais eficiente e lucrativa e, em consequência, tornando os produtos mais competitivos, uma vez que os produtos podem se tornar além de mais sustentáveis, mas baratos.

Também se pode ressaltar que o menor impacto ambiental pode ajudar o setor como um todo, uma vez que o setor é um dos principais afetados pelas alterações climáticas. Desse modo, um meio ambiente mais “saudável” pode ajudar e muito nas produções do agronegócio.

Porém, observa-se que estas pesquisas não devem ficar apenas no papel, para ter real impacto os conceitos e técnicas de eficiência energética devem ser postos em prática pelas empresas; não apenas àquelas do ramo agronegócio, mas qualquer empresa pode melhorar seu consumo energético trazendo assim benefícios em diversos aspectos.

Os impactos podem ser pequenos quando consideramos apenas alguns empreendimentos agroindustriais, mas se diversas empresas, ou em um prospecto utópico, todas as empresas, se esforçarem para serem mais eficientes energeticamente, esse impacto pode ser muito grande, principalmente como dito anteriormente em países que têm no agronegócio grande parte de sua produção, como é o caso do Brasil.

Por fim, a RBS pode propiciar uma análise mais sistêmica de vários aspectos que envolvem a eficiência energética em ambientes construídos do agronegócio, levando a considerar que os grandes impactos gerados por esta justificam que um número maior de pesquisa seja desenvolvido nessa temática, contribuindo assim para o avanço do conhecimento na área que poderá impactar

diretamente nos ganhos do agronegócio e consequentemente do meio ambiente como um todo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - ABESCO. São Paulo, (2019). **O que é eficiência energética.**

Disponível em:

<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/> .Acesso em: 30 ago. 2019.

BAVARESCO, Mateus V; CUCHIVAGUE, Hamilton Yair Ortiz; SCHINAZI, Alexandre; GHISI, Enedir. Aspectos impactantes no desempenho energético de habitações de interesse social brasileiras: revisão de literatura. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 263-292.2021

BIOLCHINI, J. C. A.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; CONTE, T. U.; TRAVASSOS, G. H. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, v.21, n. 2, p.133-151, 2007.

BODACH, S.; HAMHABER, J. Energy efficiency in social housing: opportunities and barriers from a case study in brazil. **Energy Policy**, [S.L.], v. 38, n. 12, p. 7898-7910, dez. 2010. Elsevier BV.

CALISE, F.; COSTA, M.; WANG, Q. ; ZHANG. X.; DUIC, N. Recent Advances in the Analysis of Sustainable Energy Systems. **Energies**, [s.l.], v. 11, n. 10, p.2520-2550, 21 set. 2018.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais**. Florianópolis, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CEBALLOS-FUENTEALBA, I.; ALVAREZ-MIRANDA, E; TORRES-FUCHSLOCHER, C.; CAMPO-HITSCHFIELD, M. L.; DÍAZ-GUERRERO, J. A simulation and optimization methodology for choosing energy efficiency measures in non-residential buildings. **Applied Energy**, [s.l.], v.256, p.113953-113962, dez. 2019.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projeto. **VIII Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. Porto Alegre/RS, 2011.

DALBEM, R., CUNHA, E. G.; VICENTE, R.; FIGUEIREDO, A. J; SILVA, A. C. S. B. Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p.201-222, mar. 2017.

DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p.27-42, set. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE2030)**.

Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em 29 ago. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE2030)**.

Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em 29 ago. 2019.

IWARO, J; MWASHA, A., 2010. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, Trindad, v. 38 p 7744-7755, set. 2010.

KRÜGER, E. L.; MORI, F. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.89-106, set. 2012.

LABANCA, N.; BERTOLDI, P. Beyond energy efficiency and individual behaviours: policy insights from social practice theories. **Energy Policy**, Ispra, v. 115, p.494-502, abr. 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. páginas são elementos complementares, não é obrigatório, mas se colocar em uma referência de livro, deve colocar em todas, recomendo retirar

LASO, J.; HOEHN, D.; MARGALLO, M.; GARCÍA-HERRERO, I.; BATLLE-BAYER, L.; BALA, A.; FULLANA-I-PALMER, P.; VÁZQUEZ-ROWE, I.; IRABIEN, A.; ALDACO, R. Assessing Energy and Environmental Efficiency of the Spanish Agri-Food System Using the LCA/DEA Methodology. **Energies**, [s.l.], v. 11, n. 12, p.3395-3413, 4 dez. 2018.

LATINI, A.; CAMPIOTTI, C. A.; PIETRANTONIO, E.; VIOLA, C.; PERAL, V.; FUENTES-PILA, J.; SAGARNA, J. Identifying Strategies for Energy Consumption Reduction and Energy Efficiency Improvement in Fruit and Vegetable Producing Cooperatives: A Case Study in the Frame of TESLA Project. **Agriculture And Agricultural Science Procedia**, [s.l.], v. 8, p.657-663, 2016.

MAZARRÓN, F.R.; CID-FALCETO, J.; CAÑAS, I. Ground Thermal Inertia for Energy Efficient Building Design: A Case Study on Food Industry. **Energies**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.227-242, 2 fev. 2012.

NADTOCHII, L.; ORAZOV, A.; MURADOVA, M.; BOZYMОВ, K.; JAPAROVA, A.; BARANENKO, D. Comparison of the energy efficiency of production of camel's and cow's milk resources. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 147, p.510-517, ago. 2018.

NAKAMURA, N. K.; MACIEL, L. F.; CARLO, J. C. Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado. **Ambiente Construído**, Viçosa, v. 13, n. 4, p.105-119, dez. 2013.

Oh, T.-K.; Lee, D.; Park, M.; Cha, G.; Park, S Three-Dimensional Visualization Solution to Building-Energy Diagnosis for Energy Feedback. **Energies**, [s.l.], v. 11, n. 7, p.1736-1759, 2 jul. 2018.

PINTO, L. I. C, MARTIN, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Ambiente e Agua – An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 12, n. 6, p.1082-1101, 23 nov. 2017.

QUÉNARD, D. Buildings: The new energy nexus. **Comptes Rendus Physique**, Grenoble, v. 18, n. 7-8, p.415-427, set. 2017.

ZAMBON, I.; CECCHINI, M.; MOSCONI, E.M.; COLANTONI, A. Revolutionizing Towards Sustainable Agricultural Systems: The Role of Energy. **Energies**, [s.l.], v. 12, n. 19, p.3659-3670, 25 set. 2019.

ZARAGOZA-FERNÁNDEZ, S.; TARRÍO-SAAVEDRA, J.; NAYA, S.; LÓPEZ-BECEIRO, J.; ÁLVAREZ-GARCÍA, A.. Impact estimates of the actions for the rehabilitation of energy efficiency in residential building. **Dyna**, Medellin, v. 81, n. 186, p.200-207, 14 jun. Ano?

CAPÍTULO 2: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTE CONSTRUÍDO EM UM AÇOUGUE VAREJISTA DO MUNICÍPIO DE BASTOS-SP

RESUMO

Diversos países incluindo o Brasil vêm passando por uma crise energética, já que a demanda cresce em uma velocidade bem maior que a oferta, o que junto com outros fatores pode prejudicar o desenvolvimento geral desses países. Além disso, apesar das hidrelétricas, principal fonte de energia elétrica utilizada no país, ser considerada renovável, muitos pesquisadores não a consideram sustentável, visto o grande impacto socioambiental causado pela mesma, assim como outras fontes. O agronegócio e o comércio são dois grandes consumidores de energia elétrica e ainda que o agronegócio tenha a capacidade de gerar energia, esse por si só não supri as necessidades do setor. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo analisar a eficiência energética de um açougue varejista localizado no município de Bastos-SP utilizando o manual RTQ-C desenvolvido pela PROCEL, assim verificou-se que estabelecimento recebeu o índice de classificação B, um índice que pode ser considerado bom, porém foram encontrados diversos pontos de aprimoramento, principalmente no que tange condicionamento de ar que podem trazer uma eficiência energética melhor.

Palavras-chave: RTQ-C, Energia elétrica, Casa de carnes, Edificações.

ABSTRACT

Several countries, including Brazil, have been going through an energy crisis, as demand grows at a much faster rate than supply, which, together with other factors, can harm the general development of these countries. Furthermore, despite the fact that hydroelectric plants, the main source of electricity used in the country, are considered renewable, many researchers do not consider them sustainable, given the great socio-environmental impact caused by them, as well as other sources. Agribusiness and commerce are two major consumers of electricity and although agribusiness has the capacity to generate energy, this alone does not meet the sector's needs. In this sense, this paper objectives to analyze the energy efficiency of a retail butcher shop located in the city of Bastos-SP using the RTQ-C manual developed by PROCEL, so it was found that the establishment received the classification index B, an index that can be considered good, but several points of improvement were found, especially with regard to air conditioning that can bring better energy efficiency.

KEYWORDS: RTQ-C, Electricity, Meat House, Buildings.

1. INTRODUÇÃO

O mundo está evoluindo e, dessa maneira, novas tecnologias estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia através de aparelhos eletrônicos, eletrodomésticos entre outros. Porém, com um maior uso desses equipamentos, aumenta também o consumo de energia elétrica e, dessa forma, a oferta energética também precisa acompanhar esse crescimento, porém isto não é algo simples ((IWARO, MWASHA, 2010; EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA, EPE, 2019).

Apesar de não ser um dos maiores consumidores, o agronegócio ainda é um grande consumidor desse recurso tão essencial, sendo responsável por cerca de 4% de todo consumo elétrico do Brasil, o que não é um fator tão impressionante quando se vê que atualmente têm-se mais empreendimento agropecuários com energia elétrica sendo que no último levantamento, foram registrados que 83% dos estabelecimentos utilizam energia elétrica (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, IBGE, 2017, EPE 2019).

Em 10 anos, o Brasil teve um aumento de 11% no consumo de energia elétrica, por outro lado, a capacidade de geração elétrica do Brasil subiu cerca de 50%, o que pode ser considerado um bom progresso, porém vale lembrar que para a geração de energia, muitas vezes são utilizados recursos escassos ou não renováveis, já os renováveis, como as hidrelétricas que representam grande parte da fonte energética do país, dependem de fatores não controláveis como o regime de chuvas. (EPE, 2019; SISTEMA DE INFORMAÇÕES ENERGÉTICAS, SIE, 2020)

Portanto, utilizar energia de forma consciente se torna cada vez mais uma necessidade básica uma das maneiras de se fazer isso é aplicando e se atentando a questões de eficiência energética que, Lamberts, Dutra e Pereira (1997), definem como o modo de realizar uma tarefa ou atividade, não utilizando mais que o necessário para isso ou utilizando o mínimo de energia possível.

Essa economia pode vir de diversas formas, pode ser pelo uso de tecnologias que permitem um controle ou um uso energético menor, pela troca de equipamentos com um gasto energético elevado por outros mais eficientes e essa responsabilidade é compartilhada pelo governo, empresas e sociedade (LABANCA e BERTOLDI. 2018)

Quando se fala de ambientes construídos, a eficiência energética ganha um grande destaque, uma vez que com mudanças ou preparos relativamente simples, se alterados, ou melhor, se planejados com antecedência, podem trazer uma eficiência energética com um custo-benefício considerável (CEBALLOS-FUENTEALBA et al.,2019)

O ramo dos açougues varejistas é um dos que podem se beneficiar dessas questões uma vez que está ligado a dois grandes consumidores de energia elétrica: o âmbito agropecuário e o comercial.

Quando se vê a importância e a imponente de seu produto principal, essa questão fica ainda mais clara, uma vez que o Brasil produz uma média de 26,35 milhões de toneladas de carne por ano, um número que é 4,05 vezes maior do que há 20 anos, gerando em torno de 6,7 milhões de empregos diretos. Somente o Brasil é responsável por 20% do mercado internacional de carne, exportando os produtos para cerca de 150 países e trazendo em torno de US\$ 14 bilhões para o mercado brasileiro (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA,2017).

Em relação ao consumo, apesar do preço sofrer de constante oscilação, ele ainda manteve uma certa constância no período de 2016 a 2019. Houve um aumento do preço de 15% na carne bovina, porém quanto ao consumo *per capita* vê-se uma redução de apenas 0,07%, ou seja, mesmo que o preço tenha aumentado significativamente o consumo não reduziu na mesma proporção, demonstrando assim a força do setor (ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, OCDE, 2019; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB, 2019).

Uma das maneiras de se avaliar a eficiência energética em ambientes construídos é utilizando o Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Serviços Públicos (RTQ-C) de 2017, desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia elétrica, que possibilita uma análise por meio de três pontos: envoltória, iluminação e condicionamento de ar, podendo ser aplicado a diversos tipos de edificações (WONG, KRÜGER, 2017).

Regularizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) em 2009, o RTQ-C se tornou obrigatório a partir de 2014 para todas as edificações do serviço público, levando-se em conta diversas equações que possuem

base em análise estática. Inicialmente foi bem criticado, porém após diversos aprimoramentos, a versão 2017 é considerada um método bem estruturado e válido (GARCIA; SOUZA, 2017).

Assim sendo, esse artigo tem como objetivo avaliar o nível de eficiência energética de envoltória, de iluminação e de condicionamento de ar por meio do manual RTQ-C em um açougue varejista do município de Bastos-SP.

A hipótese possível é de que o nível de eficiência energética seja considerado bom, mediano ou ruim, com classificação de eficiência que vai de “A” até “E”.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1. Material

Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, quanto aos objetivos, com abordagem quantitativa, cuja unidade de análise é uma empresa do setor do agronegócio, um açougue varejista, do município de Bastos-SP.

Apesar de o município de Bastos-SP ser conhecido pela produção de ovos, ele também tem representatividade da pecuária bovina, possuindo cerca de 21.820 cabeças de gado, segundo a última pesquisa pecuária municipal (IBGE, 2018)

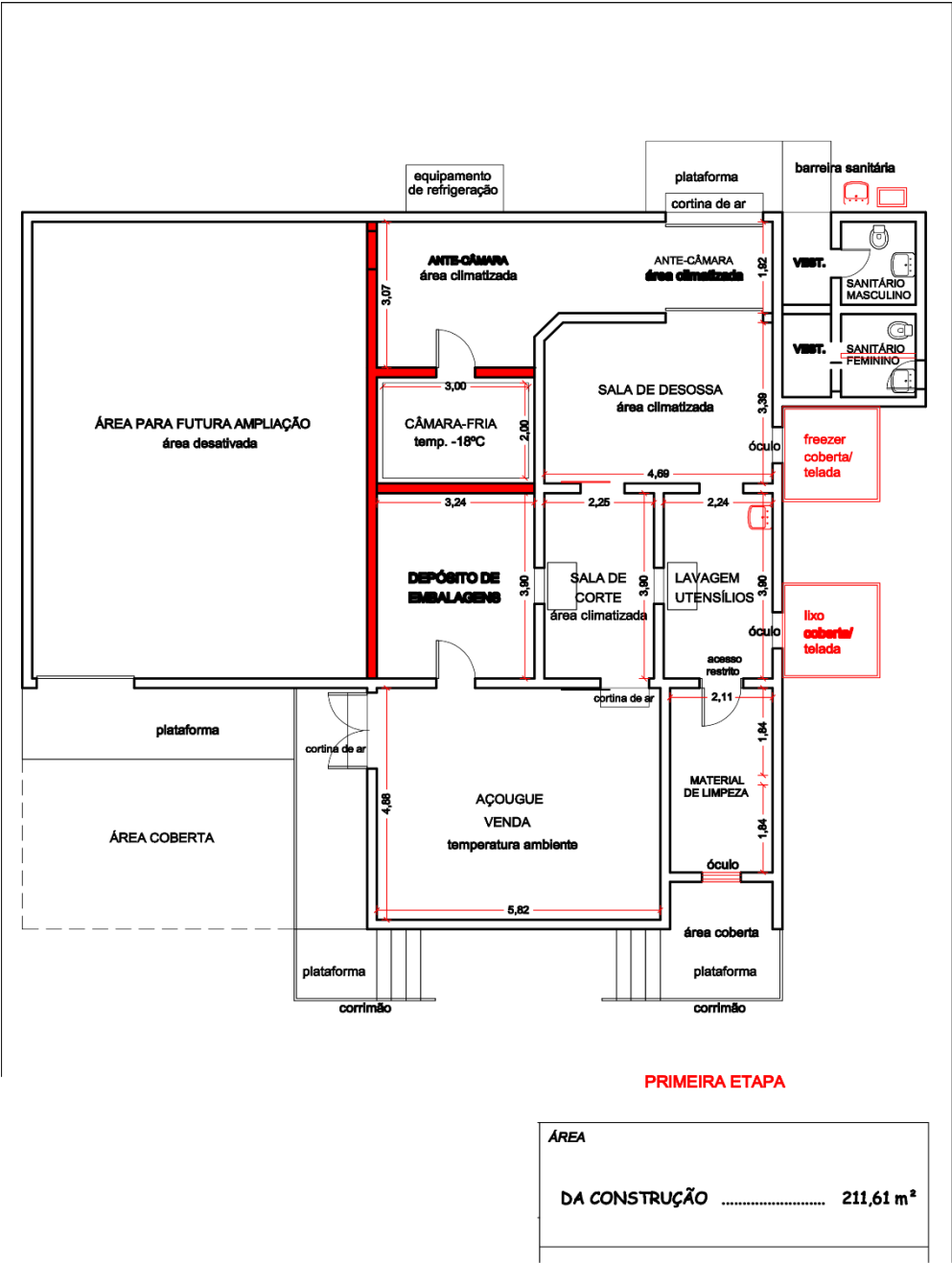
O açougue possui quatro funcionários, sendo um responsável pela parte de atendimento e os demais focados na preparação dos cortes de carne, e vende em média 4.000 kg de carne por mês.

O campo de atuação da empresa é o município de Bastos e outros municípios da região. O objetivo principal do estabelecimento é a venda da carne bovina proveniente da produção pecuária do proprietário.

Contudo, o açougue fica responsável apenas pela preparação e venda dos produtos, uma vez que o abate dos animais é feito de forma terceirizada.

Quanto à infraestrutura, o estabelecimento possui uma área total de 211,61 m² como pode ser observado na figura 6:

Figura 6-Planta baixa do estabelecimento



Fonte: Fornecida pelo proprietário do estabelecimento

Porém, após a visita a empresa, verificou-se que alguns dos ambientes atualmente desempenham uma função diferente das descritas na planta como se pode perceber no quadro 3.

Quadro 3- Mudança de nomes em alguns ambientes do açougue

Nome na planta	Função atual
Depósito de embalagens	Sala de congelados
Sala de lavagem de utensílios	Lavagem de utensílios/Cozinha
Sala de material de limpeza	Sala de temperos

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2. Método

Para a avaliação da eficiência energética do objeto de estudo foi utilizado o manual de Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos versão 2017 (RTQ-C). Para tanto, foi necessário um estudo aprofundado do próprio manual para compreender seus conceitos e procedimentos, além de pesquisar casos de aplicação em outros objetos de estudos para entender melhor a sua aplicação prática.

Com a análise da planta baixa, foi necessária uma entrevista semiestruturada para que se obter informações sobre o funcionamento da empresa e suas atividades. Este ponto é de extrema importância para alguns pontos dos cálculos de eficiência.

Dessa forma, foram coletados através desta, dados estruturais sobre a unidade inerentes à área construída do bloco estudado e da zona climática em que se localiza a empresa.

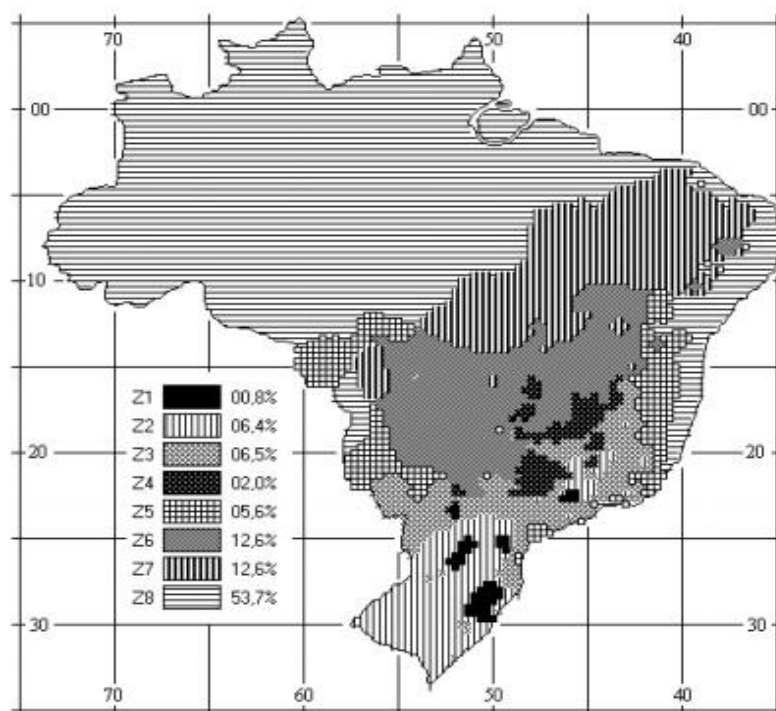
Para calcular a eficiência energética foi necessário calcular três pontos descritos no manual de eficiência de forma separada: Eficiência de envoltória, eficiência de iluminação e eficiência de condicionamento de ar. Finalmente, os cálculos parciais foram combinados na equação final que determina o nível de eficiência geral.

2.2.1. Eficiência energética de envoltória

De acordo com o manual RTQ-C (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA., PROCEL, 2017, p. 38), envoltória “trata-se do conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio exterior, ou seja, que compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo.”

Para o cálculo da eficiência deste âmbito foi necessário inicialmente definir a zona bioclimática na qual se localiza o ambiente estudado. Neste caso, de acordo com a NBR 15220-3, a área da Região Alta Paulista está localizada na Zona Bioclimática 6, conforme figura 7:

Figura 7-Mapa de Zonas Bioclimáticas brasileiras



Fonte: ABNT (2003)

Este ponto é importante para a escolha da fórmula de envoltória, assim como na classificação final do nível de eficiência energética. A classificação vai de A até E, sendo A a mais eficiente e E a menos eficiente.

Também foi necessário avaliar a transmitância térmica dos vidros, paredes e coberturas, isso pode ser definido como “transmissão de calor em unidade de tempo

e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas” (PROCEL,2017).

Como pode haver variações de materiais em uma mesma construção, foi calculada a média ponderada deste fator. Assim, para determinar este índice para cada tipo de material foi utilizada a Norma Brasileira 15220- 2 (ABNT, 2003) de onde também é obtido o valor de absorção de superfície de acordo com a cor do prédio, outro fator importante para a classificação de eficiência.

Por fim determina-se a fórmula do indicador de consumo de envoltória (ICenv): que é calculado pela equação 1, uma vez que a área de projeção da edificação (APE) calculado de acordo com o manual RTQ-C 2017 é menor que 500m². Este cálculo depende da forma de cobertura do ambiente estudado, número de andares e regularidades desses andares. Assim, o indicador de envoltória para as regiões bioclimáticas 6 e 8 para construções com menos de 500 m² de APE é dado por:

$$IC_{env} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAFT + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAFT.AVS + 0,33.PAFT.AHS + 71 \quad (1)$$

onde:

FA: Fator altura (Area de projeção da cobertura: Apcob/Área total: Atot);

FF: Fator forma (Área de envoltória: Aenv/Volume total: Vtot);

PAFT: Percentual de abertura na fachada total: média do percentual de aberturas existentes;

FS: Fator solar;

AVS: Ângulo vertical de sombreamento;

AHS: Ângulo horizontal de sombreamento;

Para definir a qual nível o valor calculado pertence, é utilizado o Quadro 4:

Quadro 4-Classificação de eficiência de envoltória

Eficiência	A	B	C	D	E
Eficiência Min	-	$lc_{maxd} - 3i + 0.01$	$lc_{maxd} - 2i + 0.01$	$ic_{maxd} - i + 0.01$	$ic_{maxd} + 0.01$
Eficiência Max	$lc_{maxd} - 3i$	$lc_{maxd} - 2i$	$ic_{maxd} - 1$	$ic_{maxd} - i + 0.01$	-

Fonte: PROCEL, 2017

Onde para o ICmax e ICmin é utilizada a equação 1, porém com os parâmetros dispostos no quadro 5 e $i = IC_{max} - IC_{min} / 4$

Quadro 5-Parâmetros para cálculo do ICMax e ICMin

	ICMax	ICMin
PAFT	0,6	0,05
FS	0,61	0,87
AVS	0	0
AHS	0	0

Fonte: PROCEL, 2017

Preenchendo o quadro 4 com as variáveis coletadas e comparando com o valor obtido na equação 1, obtém-se o índice de eficiência de envoltória.

2.2.2. Eficiência energética de iluminação

Para o cálculo deste ponto foi necessário utilizar o método de atividades por ambiente do edifício. A partir dele, é possível verificar qual é o valor necessário para realização de determinada atividade, classificando de A e E dependendo da atividade de cada ambiente, como está proposto no manual RTQ-C (PROCEL, 2017):

- Identificar todos os ambientes iluminados;
- Identificar as atividades principais de cada ambiente e determinar qual das atividades presentes na lista do manual se adéqua a cada um;
- Determinar os níveis máximos e mínimos para cada atividade por m² de cada um dos ambientes iluminados;
- Determinar a área iluminada de cada ambiente;

- Verificar o limite para cada ambiente de acordo com o seu tamanho, multiplicando a área do ambiente pelos seus parâmetros máximos e mínimos para cada nível de eficiência;
- Somar a Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPIL) (W/m^2)- DPIL de todas as lâmpadas e sistemas de iluminação em cada ambiente;
- Somar os parâmetros máximos e mínimos de cada ambiente em cada classificação de eficiência, formando uma tabela;
- Condensar em uma tabela os valores obtidos de todas as lâmpadas utilizadas em todos os ambientes da empresa e comparar com os parâmetros estipulados pelo manual.

2.2.3. Eficiência energética de condicionamento de ar

Inicialmente foi necessário mapear todos os condicionadores de ar do espaço estudado.

Para o cálculo desta eficiência foi necessário primeiramente verificar se as saídas dos equipamentos de ar não estão obstruídas. Em caso positivo, o condicionador de ar perde pontos na hora de realizar a sua classificação de eficiência de acordo com o manual.

Com isto sendo verificado, são coletados os índices de eficiência de cada modelo de ar-condicionado de acordo com o calculado pelo INMETRO. Esse valor pode estar presente no próprio produto, caso não esteja pode ser consultado no *site* do INMETRO.

Feito isso, é necessário coletar a potência dos condicionadores de ar em BTUs de cada ambiente, que também pode ser verificado no próprio aparelho ou no *site* do INMETRO.

Assim, é calculada a média ponderada da eficiência de acordo com a quantidade de BTUs de cada aparelho, sendo que cada nível de eficiência possui um correspondente numérico. Logo, obtém-se um valor que, ao ser comparado aos parâmetros do manual RTQ-C, irá determinar o nível de eficiência energética de condicionamento de ar.

2.2.4. Eficiência energética geral

Para obter a classificação geral, se aplica a equação 2, que é a pontuação total de eficiência energética:

$$Pt = 0,3\left\{\left(EqNumenv * \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV\right) + 0,30 * (EqNumDPI) + 0,4 \left\{\left(EqNumCA * \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV\right) + b\right\}\right\} \quad (2)$$

onde:

- PT= Índice de eficiência energética
- EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;
- EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilado naturalmente
- APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
- ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;
- AC: área útil dos ambientes condicionados;
- AU: área útil
- b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

Com isso obtém-se o valor final, sendo possível classificar a eficiência energética do objeto de estudo de acordo com os parâmetros do manual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Eficiência energética de envoltória

Primeiramente, foi necessário verificar se os requisitos mínimos para classificação, para isso foi utilizada a orientação do RTQ-C que recomenda o uso da NBR 15220 (2005) – parte 2, que dispõe as propriedades térmicas de diversos materiais. Também foi utilizado o site *Projetando Edificações Energeticamente Eficientes* (Projeteee,2021), que tem um ótimo catálogo de dados e ferramentas para auxiliar no cálculo das informações. Dessa forma se obteve os dados disponíveis no quadro 6.

Quadro 6- Características térmicas da edificação

Descrição do material	Características
Paredes: Bloco cerâmico 9x14x24cm Chapisco 5cm Esboço 3cm Reboco 0,5cm Tinta de parede cinza claro	Atraso térmico: 6,4 horas Capacidade térmica 210,3 KJ/m ² K Transmitância térmica 2,2 W/m ² K Absortância térmica: 0,25
Telhado: Telha de Zinco 0,1cm Forro de PVC 1cm	Atraso térmico: 0,4 horas Capacidade térmica 6,2 KJ/m ² K Transmitância térmica 2,8 W/m ² K Absortância térmica: 0,4

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do RTQ-C (PROCEL,2017) e Projeteee (2021)

Assim, foram calculados cada um dos índices necessários para a obtenção do indicador de eficiência de envoltória.

Primeiramente foi calculado a área de envoltória de cada uma das fachadas do edifício e de aberturas (portas e janelas que permitam a entrada de iluminação) através de dados retirados da planta baixa da edificação e outros obtidos na visita a empresa. Assim, é possível calcular o percentual de abertura de fachadas (PAFT), como pode-se ver no quadro 7.

Quadro 7-Área de envoltória e aberturas

Fachadas	Área da envoltória (m ²)	Área de aberturas (m ²)	PAFT (%)
Frontal	107,73	4,5	4,18%
Lateral esquerda	105,56	4,715	4,47%
Lateral direita	105,56	5,46	5,17%
Fundos	129,773	0,14	0,11%
Total	448,623	14,815	3,30%

Fonte: Elaborado pelo autor

O cálculo do AVS e AHS foi realizado através do *Software* Autocad, onde foram coletados esses dados de todas as aberturas, depois calculada uma média ponderada de acordo com o tamanho de cada abertura.

Os dados de fator solar foram obtidos através do catálogo de vidros do site Projeteer (2021), que dispõe dados de diversos tipos de vidrarias para construção, uma vez que não se sabia exatamente a marca dos vidros utilizada na edificação.

Dessa forma, foram calculadas as variáveis aplicáveis a equação de eficiência de envoltória, disponíveis no quadro 8.

Quadro 8-Variáveis para cálculo de eficiência envoltória

Variável	Abreviação	Definição	Valor
Área de projeção da cobertura	Apcob	Área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício.	211,64 m ²
Área Total	Atot	Soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente	253,878 m ²
Área de envoltória	Aenv	Soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas.	660,263 m ²

Volume Total	Vtot	Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.	1777,146 m ³
Fator altura	FA	Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (Apcob/Atot), com exceção dos subsolos.	0,833629
Fator Forma	FF	Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (Aenv/Vtot)	0,37153
Percentual de abertura de fachadas	PAFT	É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação.	3%
Fator Solar	FS	Razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura.	0,87
Ângulo Vertical de Sombreamento	AVS	Ângulo formado entre dois planos que contêm a base da abertura:	3,08756
Ângulo Horizontal de Sombreamento	AHS	Ângulo formado entre dois planos verticais:	12,43007

Fonte: Descrições retiradas do RTQ-C e dados calculados pelo autor

Aplicando esses valores na equação 1, se obtém o índice de eficiência de envoltória de 491,647.

Dessa forma, foi possível, calcular também o i , ICM_{Max}, ICM_{Min}, preenchendo assim o quadro 4, obtendo o quadro 10 que dispõe dos limites para classificação de eficiência.

Quadro 9- Índices de ICM_{Max} e ICM_{min} calculados

Índice	Valor
ICMax	511,4297
ICMin	494,8568
i	4,143225

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 10- Limites para classificação de eficiência de envoltória

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite mínimo	-	499,01	503,15	507,30	511,44
Limite máximo	499,00	503,14	507,29	511,43	-

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, relacionando o valor obtido de índice de eficiência com o quadro, chega-se à conclusão de que para envoltória o estabelecimento tem classificação “A”.

Porém percebe-se que as transmitâncias da cobertura e paredes ultrapassam limite recomendado para a classificação “A”, o sugerido seria até 1,00 W/m²K, para ambientes condicionados artificialmente, e 2,00 W/m²K, para ambientes não condicionados. o que sugere um estudo quanto aos materiais utilizados, para que se possa melhorar esses fatores, já a absorvância térmica está dentro do limite de $\alpha \leq 0,5$.

Pode-se considerar então, que o estabelecimento estudado tem uma ótima eficiência de envoltória, porém há ainda pontos a serem melhorados quanto a transmitância térmica.

3.2. Eficiência energética de iluminação

Inicialmente, foi verificado quais das atividades dispostas no RTQ-C se melhor adequava a cada ambiente do açougue, com isso chegasse ao quadro 11, onde é possível ver qual o limite de DPil para cada uma das atividades do estabelecimento.

Quadro 11-Potência limite por ambiente

Ambiente	Ambiente/Atividade Correlata	DPil A	DPil B	DPil C	DPil D
Área de venda	Comércio - Área de Vendas	18.1	21.72	25.34	28.96
Sala de congelados	Depósitos	5	6	7	8
Banheiro masculino	Banheiros	5	6	7	8
Banheiro feminino	Banheiros	5	6	7	8
Sala de corte	Cozinhas	10.7	12.84	14.98	17.12
Sala da desossa	Cozinhas	10.7	12.84	14.98	17.12
Antecâmara	Circulação	7.1	8.52	9.94	11.36
Lavagem de utensílios/Cozinha	Cozinhas	10.7	12.84	14.98	17.12
Sala de temperos	Cozinhas	10.7	12.84	14.98	17.12

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, também foram coletados dados sobre as áreas iluminadas do estabelecimento, relacionados a área de iluminação, potência e tipo de lâmpadas, conforme quadro 12, onde é possível já verificar a eficiência energética de iluminação de cada um dos ambientes.

Quadro 12-Classificação de eficiência de cada ambiente

Ambiente	Lâmpadas	Potência (W)	Area (m²)	Dpil (W/m²)	Classificação individual
Área de venda	4 Luminárias Led 36W	144	28.40	5.07	A
Sala de congelados	2 Luminárias Led 36W	72	12.31	5.85	B
Banheiro masculino	3 Lâmpadas Led 18W	54	5.32	10.15	D
Banheiro feminino	3 Lâmpadas Led 18W	54	5.32	10.15	D
Sala de corte	2 Lâmpadas Led 14W	28	8.78	3.19	A
Sala da desossa	2 Luminárias Led 36W	72	15.90	4.53	A
Antecâmara	2 Luminárias Led 36W	72	19.30	3.73	A
Lavagem de utensílios/Cozinha	2 Luminárias Led 36W	72	8.74	8.24	A
Sala de temperos	3 Luminárias Led 36W	72	7.76	9.27	A
Total		640			

Fonte: Elaborado pelo autor

Com isso é possível verificar que a potência total instalada no estabelecimento é de 640 W, multiplicando as áreas pelos limites, têm-se os limites de cada ambiente, para cada classificação.

Somando os limites de todos os ambientes, têm-se os limites gerais do estabelecimento para cada classificação, chegando assim ao quadro 13.

Quadro 13- Potência limite por ambiente

Ambiente	Pot. Limite A	Pot. Limite B	Pot. Limite C	Pot. Limite D
Área de venda	514.07	616.88	719.70	822.51
Sala de congelados	61.56	73.87	86.18	98.50
Banheiro masculino	26.61	31.93	37.25	42.57
Banheiro feminino	26.61	31.93	37.25	42.57
Sala de corte	93.89	112.67	131.45	150.23
Sala da desossa	170.12	204.14	238.17	272.19
Antecâmara	137.02	164.42	191.82	219.23
Lavagem de utensílios/Cozinha	93.48	112.17	130.87	149.56
Sala de temperos	83.08	99.70	116.32	132.93
Total	1206.43	1447.72	1689.00	1930.29

Fonte: Elaborado pelo autor

Como a pontuação obtida de 640 W/m^2 é menor que limite da pontuação de limite “A”, que é de $1206,43 \text{ W/m}^2$, então no quesito iluminação, o açougue obtém a classificação “A”.

Dessa forma, pode-se entender que no quesito iluminação, a edificação também tem um desempenho geral considerado excelente, contudo ainda há ambientes em que pode ser melhorado; o depósito de embalagens obtém a classificação “B”, então acredita-se que com pequenas mudanças pode-se chegar a um índice melhor.

Outro ponto que precisa de melhoria são os banheiros que obtiveram a classificação “D”, a mais baixa para esse tipo de eficiência, sendo assim, mesmo quando se considera que os banheiros não são uma das áreas foco da empresa, ainda assim, pode ser interessante melhorar essa classificação, que entre outros fatores, pode trazer um bem-estar maior aos funcionários.

3.3. Eficiência energética de condicionamento de ar

Para a classificação de eficiência de condicionamento de ar, é necessário verificar o índice de eficiência que o aparelho possui perante a classificação do INMETRO, porém, alguns aparelhos não tinham uma classificação oficial do INMETRO, desse modo, foi necessário o cálculo do *seasonal coefficient of performance* (SCOP) e do *coefficient of performance* (COP), de acordo com o *ASHRAE Standard 90.1-2010*, de acordo com o recomendado pelo RTQ-C.

O COP é calculado pela razão entre a capacidade energética de um condicionador de ar e o consumo de energia do mesmo, enquanto o SCOP trata da razão da capacidade média sazonal pelo consumo.

Assim, para os aparelhos forçadores de ar que se enquadram na categoria VRF foram obtidos os seguintes dados através dos catálogos dos fabricantes.

Quadro 14-Dados dos forçadores

Variável	Forçador de ar 1	Forçador de ar 2
BTUs	12000	11000
Capacidade (W)	3516	3223
Capacidade (KW)	3,516	3,223
Capacidade média em Kcal	2517,54	1706,72
Capacidade média BTUS	9983,74	6768,28
Capacidade média em W	2925,23	1983,10
Energia Consumida (W)	1574	920
COP	2,23	3,50
SCOP	1,85	2,15

Fonte: Elaborado pelo autor com dados dos fabricantes

De acordo com o RTQ-C e Condicionadores de ar VRF com condensação a ar com menos de 19KW de potência devem ter no mínimo eficiência de 3.81 SCOP, para serem considerados nível “A” caso Contrário a Classificação deve ser “E”.

Assim, tem-se que ambos os forçadores de Ar obtiveram a classificação “E”. Já para aparelhos do tipo Split usa-se a *AHRI 340/360*, assim, do mesmo modo obteve-se os dados para o aparelho desse tipo:

Quadro 15-Dados do condicionador de ar não avaliado pelo INMETRO

Capacidade (BTU)	30000
Capacidade (W)	8790
Capacidade (KW)	8,79
Capacidade média em (Kcal)	1706,72
Energia Consumida (W)	2900
COP	3,03

Fonte: Elaborado pelo autor com dados dos fabricantes

Com um COP de 3,03, a classificação para esse aparelho de acordo com o RTQ-C é de “C”.

O outro aparelho existente no estabelecimento já tinha classificação do INMETRO com nota “A”. Essa configuração de condicionadores de ar do açougue está disposta no quadro 16.

Quadro 16- Aparelhos de condicionamento de ar do estabelecimento

Ambiente	Tipo	Potência (BTU/h)	Eficiência	Equivalente numérico
Área de venda	Split	30000	A	5
Sala de corte	Forçador	12000	E	1
Sala da desossa	Split	30000	C	3
Câmara fria	Forçador	11000	E	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Para se verificar o índice de eficiência de condicionamento de ar do estabelecimento é feita a média dos equivalentes numéricas, ponderadas pela potência que aquele aparelho representa para o estabelecimento.

Quadro 17- Média ponderada de eficiência dos aparelhos

Ambiente	Potência (BTU/h)	Coefficiente de ponderação	Equivalente numérico	Resultado ponderado
Área de venda	30000	36%	5	1,807228916
Sala de corte	12000	14%	1	0,144578313
Sala da desossa	30000	36%	3	1,084337349
Câmara fria	11000	13%	1	0,13253012
Total	83000	100%		3,168674699

Fonte: Elaborado pelo autor com dados dos fabricantes

Comparando o valor obtido no quadro 17 com o quadro 18 se chega ao índice de classificação de condicionamento de ar.

Quadro 18- Classificação de eficiência

Classificação	Limite Inferior	Limite Superior
A	4,5	5,0
B	3,5	4,4
C	2,5	3,4
D	1,5	2,4
E	1,4	

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, pode-se constatar que a classificação de eficiência energética de condicionamento de ar recebe a nota “C”.

Tem-se então a nota mais baixa até agora, ainda que abaixo da linha considerada ruim, abaixo da letra “C”, contudo esse índice ruim pode puxar o resultado para baixo.

O fato de 75% dos aparelhos de ar-condicionado do açougue não terem selo de classificação do Inmetro pode ter sido um fator determinado para o desempenho baixo. Ainda que o único aparelho certificado represente 36% de toda a capacidade de refrigeração do estabelecimento, isso ainda não foi suficiente para ajudar no desempenho, se não fosse por isso, provavelmente a nota seria ainda mais baixa.

Pode ser interessante para o proprietário revisar a escolha dos aparelhos, para que quando forem trocados, se dê prioridade para aqueles com índice de eficiência melhor.

3.4. Equivalente numérico de ambientes não condicionados e bonificações

Para análise do equivalente numérico de ambientes não condicionados, ou seja, os ambientes que não utilizam condicionamento de ar artificial, no caso, cozinhas, sala de temperos, antecâmara, banheiros foi utilizada como base a NR-17 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990). comparadas aos dados e informações coletadas nas visitas a empresa. Vale destacar que a área para futura ampliação não foi considerada nos cálculos, uma vez que, apesar de fazer parte do estabelecimento, ainda está fechada e inutilizada, assim, ainda não se sabe se será uma área condicionada ou não.

Considerando a norma, que determina que a temperatura entre 20° e 23°, velocidade do ar até 0,75m/s e umidade do ar de até 40%, considerou-se que o percentual de horas em conforto foi de aproximadamente 60% o que afere a pontuação “C”.

Já para as bonificações, que envolvem uma série de fatores adicionais como controle de consumo de água, utilização de fontes de energias sustentáveis, aquecimento de água quando necessário, entre outros fatores, como o estabelecimento não atendia a nenhum dos pontos para bonificação, foi obtido o valor de zero.

3.5. Índice de eficiência geral

Feito isso, têm-se todos os índices necessários para o cálculo final de eficiência, que estão dispostos no quadro 19, onde vale destacar que não foi considerado o ambiente para futura ampliação como área útil, uma vez que ele ainda não é utilizado pela empresa e que todos os ambientes de permanência prolongada são condicionados, assim, o ANC obteve o valor de zero.

Quadro 19- Variáveis para cálculo geral de eficiência

Variável	Descrição	Valor
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória	5
AC	Área útil dos ambientes condicionados	71,055
AU	Área útil	148,361
APT	Área útil dos ambientes de permanência transitória não condicionados	46,818
ANC	Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada	0
EqNumV	Equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilado naturalmente	3
EqNumDpi	Equivalente numérico do sistema de iluminação	5
EqNumCA	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;	3
b	Pontuação obtida pelas bonificações	0

Fonte: Elaborado pelo autor, com descrições do RTQ-C (PROCEL,2017)

Aplicando-se os valores do quadro a equação 2, chega-se ao índice de 3,9, e comparando ao quadro 20, chega-se ao índice de eficiência energética geral de “B”.

Quadro 20-Classificação de índice de eficiência geral

Classificação	Limite Inferior	Limite Superior
A	4,5	5,0
B	3,5	4,4
C	2,5	3,4
D	1,5	2,4
E	1,4	

Fonte: Elaborado pelo autor, com descrições do RTQ-C (PROCEL,2017)

Dessa forma, pode-se inferir que com alguns índices na pontuação máxima, o estabelecimento ainda consegue uma avaliação de eficiência energética considerada satisfatória, estando no segundo melhor nível de classificação.

Porém, é interessante destacar que há vários pontos de possíveis melhorias para que o empreendimento possa chegar a um índice de eficiência energética melhor, principalmente no âmbito do condicionamento de ar.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos dados, é perceptível que o estabelecimento tem uma classificação de eficiência boa, o que não significa que não tenha pontos evidentes para melhoria.

Inicialmente, já se percebe um grande gargalo na questão de condicionamento de ar, uma vez que este entre os três indicies principais foi o que puxou a nota do estabelecimento uma vez que este obteve uma nota C.

Neste ponto fica evidente uma necessidade de mudança, uma vez que diversos aparelhos utilizados pelo estabelecimento não possuem o selo de avaliação e verificação do INMETRO, o que já indicava que estes poderiam não ter um desempenho energético adequado, algo que foi afirmado pela pesquisa.

Dessa forma, acredita-se que um investimento nesse âmbito pode trazer diversos benefícios para o açougue, gerando uma economia de energia considerável, porém para a comprovação seria necessário aplicar as mudanças e acompanhar o comportamento do consumo energético.

Outro ponto interessante a ser melhorado seria na questão das bonificações, com investimento em formas de energias alternativas como a solar e realizando um controle de uso de água, entre outros fatores.

Já na envoltória e na iluminação, as questões estão com ótimos índices, porém é importante destacar que alguns ambientes iluminados foram considerados pouco eficientes. Dessa forma, é interessante ficar atento a estes pontos, para quando for necessária a troca dos equipamentos, já pensar em alguns que sejam mais adequados. Como o RTQ-C analisa o DPil, é interessante buscar equipamentos que possuam uma potência menor para esses ambientes.

Porém, deve-se atentar a questão que os parâmetros de iluminação do RTQ-C são bastante limitados, pois nele não se encontram parâmetros específicos para as atividades das salas de corte e desossa, que são atividades que trabalham com equipamentos de corte. Assim, iluminação exagerada ou em falta, pode colocar em risco a salubridade dos funcionários.

Finalmente, pode-se concluir que apesar de alguns problemas, o estabelecimento tem um bom índice de eficiência energética, com diversos pontos que podem ser melhorados de forma relativamente fácil e ajudá-lo a conseguir uma classificação melhor, obtendo assim não só uma economia financeira, mas também podendo ter um impacto para o meio ambiente, instigando outros estabelecimentos com características parecidas a realizarem práticas similares ou melhores.

REFERÊNCIAS

AHRI- AIR-CONDITIONING, HEATING, AND REFRIGERATION INSTITUTE
Standard 340/360 – 2007: Performance Rating of Commercial and industrial unitary airconditioning and heat pump equipment Faltam dados, o que é esse documento?

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-
CONDITIONING ENGINEERS.ASHRAE Standard 74-1988 - Method of Measuring
Solar Optical Properties of Materials. Faltam dados, o que é esse documento?

ASHRAE- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-
CONDITIONING ENGINEERS.ASHRAE Standard 90.1-2010: Energy Standard for
Buildings Except Low-RiseResidential Buildings. Atlanta, 2010 Faltam dados, o que
é esse documento?

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 17: Ergonomia**. Rio de
Janeiro,1990.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Oferta e Demanda de
Carnes**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado->

agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes>. Acesso em dia ago. 2020

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Carne em números..** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-em-numeros-2>>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA EPE. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE2030)**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. 2015 isponível em: <<http://www.epe.gov.br/PNE/Forms/Empreendimento.aspx>>. Acesso em 29 ago. 2019

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco energético nacional 2018**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em 09. Ago 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**: Tabela 6651 - Número de estabelecimentos agropecuários por associação, uso de energia elétrica, orientação técnica e obtenção de informação - resultados preliminares 2017. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6651#notas-tabela>>. Acesso em 01 nov. 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>. Acesso em 01 ago. 2020

IWARO, J; MWASHA, A., 2010. A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, Trindad, v. 38 p 7744-7755, set 2010

KRÜGER, E. L.; MORI, F. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.89-106, set. 2012.

LABANCA, N.; BERTOLDI, P. Beyond energy efficiency and individual behaviours: policy insights from social practice theories. **Energy Policy**, Ispra, v. 115, p.494-502, abr. 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 188 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, **Meat consumption..** Disponível em <<https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>> Acesso em dia ago. 2020

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, PROCEL **Manual para Aplicação do RTQ-C**. 2017. Disponível em <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/download/s/manualv02_1.pdf> Acesso em dia ago. 2019

PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES, PROJETEEE. **Componentes Construtivos**. Disponível em
<<http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos/>> Acesso em dia jan. 2021

SISTEMA DE INFORMAÇÕES ENERGÉTICAS, SIE. **Capacidade Instalada de Geração Elétrica. 2021**, Disponível em:
<<https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/reporte-dato42-jerarquizado.aspx?oc=30181&or=30182&ss=2&v=1>>

WONG, I. L.; KRÜGER, E.. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: Implications, challenges, barriers and opportunities. **Energy Policy**, [s.l.], v. 109, p.310-323, out. 2017.

CAPÍTULO 3: APLICAÇÃO DE LÓGICA FUZZY NA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTE CONSTRUÍDO NO BRASIL

RESUMO

A energia é um recurso que se tornou indispensável à vida contemporânea, pois está presente no cotidiano em todos os âmbitos. Contudo, esse importante recurso é limitado, e durante sua produção tem grande potencial de gerar problemas socioambientais. Sendo os ambientes construídos uns dos principais consumidores de energia, utilizar a eficiência energética para amenizar o consumo é algo indispensável. Para tanto, tem-se no Brasil o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que permite fazer a avaliação da eficiência energética em ambientes construídos. No entanto, o RTQ-C contempla apenas cinco níveis de classificação e não considera as incertezas associadas aos parâmetros de análise. Para ampliar essa avaliação, a lógica fuzzy é uma opção que proporciona a determinação de subníveis e mais abrangência para a classificação. Assim, o presente trabalho tem como objetivo propor um modelo baseado na lógica *fuzzy* para a avaliação da eficiência energética de ambientes construídos a partir dos parâmetros do RTQ-C. Um estudo de caso é usado para mostrar a aplicabilidade e a funcionalidade do modelo proposto. Utilizando metodologia disposta no manual do RTQ-C e na lógica *fuzzy* foi possível chegar a uma base de regras, que fornece uma perspectiva mais realista sobre a avaliação energética do ambiente considerado. Os resultados mostraram que a modelagem fuzzy é viável e mais abrangente, podendo ser utilizada em outros ambientes e pesquisas com características similares, bem como por gestores de empresas públicas e privadas que buscam avaliar, gerir e tomar decisões mais precisas quanto à eficiência energética de ambientes construídos sob sua responsabilidade, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Palavras-Chave: RTQ-C, Sistema de inferência *fuzzy*, Energia elétrica

ABSTRACT

Energy is a resource that has become indispensable to contemporary life, as it is present in everyday life in all areas. However, this important resource is limited, and during its production it has the potential to generate social and environmental problems. As buildings are one of the main energy consumers, using energy efficiency to reduce consumption is essential. To this end, there is in Brazil the Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Commercial, Service and Public Buildings (RTQ-C), developed by the National Electric Energy Conservation Program (PROCEL), which allows for the evaluation of energy efficiency in buildings. However, the RTQ-C includes only five classification levels and does not consider the uncertainties associated with the analysis parameters. To extend this assessment, fuzzy logic is an option that provides the determination of sub-levels and more scope for classification. Thus, the present work aims to propose a model based on fuzzy logic for the assessment of energy efficiency in buildings based on the RTQ-C parameters. A case study is used to show the applicability and functionality of the proposed model. Using the methodology set out in the RTQ-C manual and using the fuzzy logic, it was

possible to arrive at a basis of rules, which provides a more realistic perspective on the energy assessment of the considered building. The results showed that fuzzy modeling is viable and more comprehensive, being able to be used in other cases and researches with similar characteristics, as well as by managers of public and private companies that seek to evaluate, manage and make more accurate decisions regarding the energy efficiency buildings under its responsibility, bringing economic, social and environmental benefits.

Keywords: RTQ-C, Fuzzy inference system, Electric power

1. INTRODUÇÃO

Além do crescente volume populacional, o mundo está em pleno desenvolvimento tecnológico e industrial, refletindo no consumo per capita de energia elétrica, que vem aumentando principalmente em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Aliado a isso, as pessoas têm buscado mais conforto e bem-estar, e esses fatores combinados fazem com que o consumo de energia elétrica tenha projeções de permanecer em ascensão de forma exponencial nos próximos anos (IWARO e MWASHA, 2010).

No Brasil a demanda por energia também vem crescendo no decorrer dos anos. Entre os anos de 1995 e 2019 houve um aumento de 95% desse consumo e, especificamente no período de 2018 para 2019, o aumento foi de quase 1%, enquanto a oferta aumentou aproximadamente 2%. Apesar de existir uma oferta com crescimento maior, essa diferença é considerada muito pequena, dada a importância desse recurso (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

Outro ponto a se considerar é que a geração de energia pode gerar danos socioambientais graves. Nesse ponto, o Brasil se destaca por ter 83% de sua matriz energética baseada em recursos renováveis, principalmente na hidrelétrica, que consegue dar conta de 66% de toda energia gerada nos países, seguida da biomassa com 8.5% e da energia eólica com 7.6%. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE 2020). No entanto, o restante ainda pode causar sérios impactos tanto para a sociedade como para o meio ambiente. Ainda que em escala bem menor, tais problemas não podem nem devem ser desconsiderados (SILVEIRA, 2018).

No ano de 2018, os maiores consumidores de energia no Brasil foram as indústrias com 27.0%, as residências com 18.0%, o setor comercial com 12.3%, o setor público com 5.9%, o próprio setor energético com 4.3% e a agropecuária com 4.1% (EPE, 2020).

Nesse sentido, as empresas de diversos setores vêm começando a buscar práticas que lhes garantam um consumo energético menor, sem prejudicar seus resultados (MARQUES, FUINHAS E TOMÁS, 2019). Para tanto, as medidas empregadas devem variar em natureza, levando em consideração objetivos múltiplos e geralmente competitivos, como consumo de energia, custos financeiros, desempenho ambiental, etc. (DIAKAKI et al., 2010).

Uma forma de amenizar os problemas ressaltados é por meio da eficiência energética, ou seja, do uso eficiente da energia para se obter resultados. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia (ABESCO, 2019), a eficiência energética consiste na diferença entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Portanto, quanto menor for essa diferença, maior será o grau de eficiência, trazendo uma série de impactos positivos para a sociedade nos âmbitos econômico e ambiental, tais como, redução de gases de efeito estufa e economia de custos operacionais (RUPARATHNA, HEWAGE E SADIK, 2016).

A eficiência energética desempenha um papel importante no desenvolvimento sustentável. A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) contempla 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, sendo que um deles, o ODS 7, visa garantir “energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos” cuja meta 7.3 é dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética. Nesse sentido, a comunidade científica intensificou os estudos sobre essa temática (OPOKU, EDWIN E AGYARKO, 2019).

Um dos principais consumidores de energia com mais potencial para melhorias são os ambientes construídos, uma vez que grande parte deles tem um consumo energético ineficiente, pois foram construídos sem considerar a otimização do consumo, principalmente em relação ao conforto térmico e à iluminação (ALASANI et al. 2019; MARTINOPOULOS et al, 2018). Nesse sentido, muitas construções já estão sendo feitas desde o princípio buscando atender a essa demanda (CEBALLOS-FUENTEALBA, 2019).

Cerca de 15% de toda energia consumida no Brasil está relacionada aos ambientes construídos (EPE, 2020). Como forma de buscar um consumo energético mais eficiente, o país conta com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL, 2017), que

permite uma avaliação da eficiência energética de determinado ambiente construído por meio de análises feitas a partir das perspectivas de envoltória, condicionamento de ar e iluminação. O RTQ-C foi criado em 2009 visando criar etiquetas de classificação de eficiência energética (VELOSO, SOUZA E KOURY, 2015).

Metodologias como o RTQ-C do Brasil e a *Three Star Rating Building System* da China têm auxiliado países em desenvolvimento a melhorarem o desempenho energético de suas construções e conseguirem aprimorar a eficiência ao possibilitar uma análise e avaliação mais aprofundadas sobre questões energéticas (MULDOON-SMITH E GREENHALGH, 2019).

No entanto, o RTQ-C abrange apenas cinco níveis de classificação que vão de A (eficiência máxima) até E (eficiência mínima) e não considera as incertezas associadas aos parâmetros de análise. Para tornar a avaliação mais ampla e precisa, a lógica fuzzy surge como uma opção para a determinação de subníveis que tragam mais abrangência para essa classificação.

A lógica fuzzy, também chamada de lógica difusa, busca mimetizar o raciocínio humano por meio da criação de regras computacionais que permitem fazer uma avaliação detalhada, aplicável em diversos âmbitos e em diferentes áreas. Assim, pela concepção de algoritmos genéricos, obtidos a partir dessa lógica, são criados os sistemas de inferência fuzzy (FIS) (ZADEH, 1965).

Alguns trabalhos na literatura propõem o uso da lógica fuzzy no contexto da avaliação de eficiência energética em ambientes construídos, mostrando a viabilidade dessa abordagem e proporcionando resultados relevantes ao conhecimento (Chung, 2012; Kabak et al., 2014; Mpelogianni, Marnetta e Groumpos, 2015; Killian e Kosek, 2018; Hernández et al., 2018; Mpelogianni, Marnetta e Groumpos, 2018; dentre outros). Porém, não existem trabalhos que abordam ou proponham melhorias ao RTQ-C usando modelagens matemáticas.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo propor um modelo baseado na lógica fuzzy para a avaliação da eficiência energética em ambientes construídos a partir dos parâmetros do RTQ-C. Um estudo de caso realizado em uma empresa do setor varejista, localizada no estado de São Paulo, Brasil, é usado para mostrar a aplicabilidade e a funcionalidade do modelo proposto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Classificação da eficiência energética de um ambiente construído a partir do RTQ-C

O objeto de estudo é uma empresa do setor varejista de carnes, cujo edifício comercial está localizado em um município da região oeste do estado de São Paulo, Brasil. A empresa conta com quatro funcionários, sendo um responsável pelo atendimento aos clientes e os demais pela preparação dos cortes de carne. O campo de atuação da empresa é no próprio município e nos demais municípios da região.

Para a análise da eficiência energética da empresa foi utilizado o RTQ-C, versão 4 de abril de 2017 (PROCEL, 2017). Para tanto, foram necessárias ainda a planta baixa do edifício comercial e uma coleta de dados na própria empresa.

O RTQ-C analisa três fatores de eficiência em um edifício comercial: eficiência de envoltória (EqNumEnv), eficiência de iluminação (EqNumDpi) e eficiência de condicionamento de ar (EqNumCA). Cada um dos fatores apresenta um nível de eficiência que possui um equivalente numérico ou índice dado por: A = 5 (eficiência máxima); B = 4; C = 3; D = 2; ou E = 1 (eficiência mínima). Assim, os índices de eficiência de envoltória (EqNumEnv), de eficiência de iluminação (EqNumDpi) e de eficiência de condicionamento de ar (EqNumCA), ao serem aplicados em uma equação, geram o índice de eficiência energética geral (PT) do edifício comercial.

Segundo o manual RTQ-C (PROCEL, 2017, p. 38), a eficiência de envoltória se trata de um “conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio exterior, ou seja, que compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo”.

Para o cálculo da eficiência de envoltória, primeiramente é necessário verificar em qual zona bioclimática o edifício comercial está localizado. A partir da Figura 8 verificou-se que ele se encontra na Zona 6 (Z6).

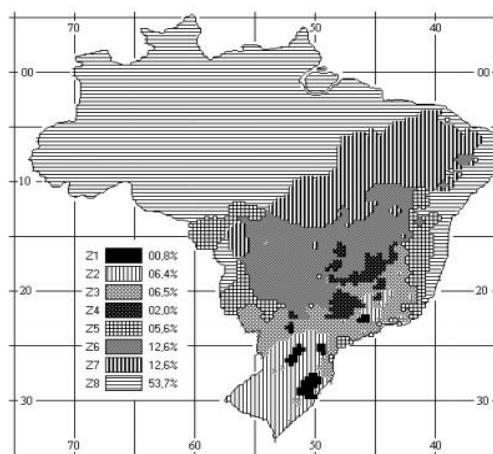
Como o edifício comercial possui uma área de projeção de menos de 500 m² e está localizado na Z6, a equação utilizada para cálculo da EqNumEnv, de acordo com o manual RTQ-C, é dada por:

$$\begin{aligned} \text{EqNumEnv} = & 454.47 \times \text{FA} - 1641.37 \times \text{FF} + 33.47 \times \text{PAFT} + 7.06 \times \text{Fator Solar} \\ & + 0.31 \times \text{AVS} \\ & - 0.29 \times \text{AHS} - 1.27 \times \text{PAFT} \times \text{AVS} + 0.33 \times \text{PAFT} \times \text{AHS} + 71 \end{aligned} \quad (3)$$

onde FA: Fator altura (Área de projeção da cobertura/Área total); FF: Fator altura (Área de envoltória/Volume total); PAFT: Percentual de abertura na fachada total (média do percentual de aberturas existentes); Fator Solar: Fator solar; AVS: Ângulo vertical de sombreamento; e AHS: Ângulo horizontal de sombreamento.

Assim, o valor obtido na equação 1 indicará um nível de EqNumEnv do edifício comercial (de A até E), que apresenta um equivalente numérico estabelecido no RTQ-C (índice de EqNumEnv - EqNumEnv).

Figura 8- Mapa das Zonas bioclimáticas brasileiras



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005)

Para o cálculo da eficiência de iluminação, é necessário pontuar cada foco de iluminação do edifício comercial, assim como a função atribuída a cada cômodo, pois o RTQ-C contempla a densidade de potência de iluminação limite (Dpil) mínima e máxima, em Watts/m², para cada tipo de trabalho executado, de forma a ser considerada eficiente em níveis de A até D. Desse modo, para se obter a eficiência de cada ambiente, deve-se verificar quantos Watts de luz é utilizado nesse ambiente, bem como a sua utilização em relação a sua área.

Com todos os ambientes catalogados, somam-se os limites mínimos e máximos de cada ambiente para cada nível, sendo a base para comparar o total de Watts consumido e para obter um nível de eficiência de envoltória do edifício comercial (de A até D), que apresenta um equivalente numérico estabelecido no RTQ-C (índice EqNumDpi).

Para o cálculo da eficiência de condicionamento de ar, primeiramente é necessário fazer um mapeamento de todos os aparelhos dessa categoria que existem no edifício. Em seguida, são coletados os dados de cada um deles referentes ao nível de eficiência energética já avaliado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Também são coletadas as potências dos aparelhos, em BTUs, e é calculada a média ponderada dos índices de eficiência baseada no percentual de consumo, em BTUs, que cada aparelho apresenta, sendo que cada nível de eficiência possui um correspondente numérico. Logo, será obtido um valor que indicará um nível de EqNumCA do edifício comercial (de A até E), que apresenta um equivalente numérico estabelecido no RTQ-C (índice de EqNumCA - EqNumCA).

A equação utilizada para cálculo do índice de eficiência energética geral (PT) do edifício comercial é dada pela equação 2 a seguir:

$$PT = 0.3 \times \left\{ \left(\text{EqNumEnv} \times \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times \text{EqNumV} \right) \right\} + 0.3 \times (\text{EqNumDpi}) + 0.4 \times \left\{ \left(\text{EqNumCA} \times \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times \text{EqNumV} \right) \right\} + b$$

(4)

onde EqNumEnv: equivalente numérico ou índice de EqNumEnv; EqNumDpi: equivalente numérico ou índice de LE; EqNumCA: equivalente numérico ou índice de EqNumCA; AC: área útil dos ambientes condicionados; AU: área útil; APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados; ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural pelo método de simulação; EqNumV: equivalente numérico ou índice de eficiência para ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente; e b: pontuação obtida pelas bonificações (envolve uma série de iniciativas, tais como, economia de água, utilização de fontes renováveis de energia, etc.), que varia de zero a 1.

Finalmente, para determinar a classificação da empresa, de acordo com o PT do edifício comercial, deve-se utilizar a classificação geral de eficiência energética do RQT-C do PROCEL (2017) descrita no quadro 21 a seguir.

Quadro 21- Classificação da eficiência energética do RTQ-C de acordo com o PT

Classificação da eficiência energética	Limite Inferior do PT	Limite Superior do PT
Nível A	≥ 4.5	≤ 5.0
Nível B	≥ 3.5	< 4.5
Nível C	≥ 2.5	< 3.5
Nível D	≥ 1.5	< 2.5
Nível E	≥ 0.0	< 1.5

Fonte: PROCEL, 2017

2.2. Sistema de inferência fuzzy

O sistema de inferência *fuzzy* (FIS) fornece uma maneira extremamente simples (por meio de uma modelagem matemática baseada no conhecimento intuitivo humano) de resolver problemas complexos e compostos por variáveis cuja informação contida é incerta, busca soluções precisas de uma maneira organizada e com máxima confiabilidade possível (PIEGAT, 2001).

Os algoritmos baseados na lógica *fuzzy* consideram a natureza “possibilística” (grau de participação ou de pertinência) das variáveis envolvidas, cuja a estrutura é composta por três operações: Fuzzificação (processador de entrada), que transforma os dados de entrada iniciais em variáveis linguísticas; Inferência fuzzy, que relaciona as possíveis variáveis entre si, por meio de uma base de regras pré-estabelecida; e a Defuzzificação (processador de saída), que traduz o resultado linguístico do processo de inferência *fuzzy* em um valor numérico (ZADEH, 1965).

Entre os mecanismos de inferência possíveis e de maior simplicidade computacional, tem-se o método empregado por Mamdani, o qual é utilizado neste trabalho. As respostas do controlador fuzzy são calculadas em função das variáveis de entrada, de acordo com o conjunto de regras na base de conhecimento. Para cada regra são avaliados os graus de pertinência entre essas variáveis e os conjuntos *fuzzy* correspondentes.

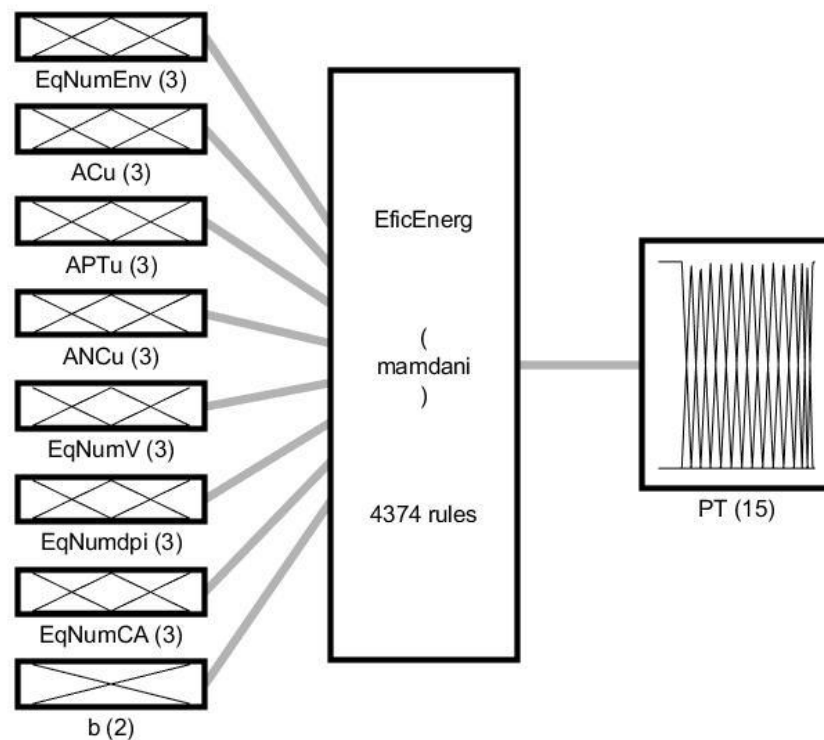
Já o método utilizado neste trabalho para transformar as informações qualitativas em quantitativas (defuzzificação) é o centro de gravidade ou centroide, que pode ser interpretado como uma média ponderada, onde $\alpha(x)$ funciona como o peso do valor de x .

Para o desenvolvimento do FIS para classificar a eficiência energética de um ambiente construído, foram definidos o processador de entrada, o conjunto de regras linguísticas, o método de inferência e o processador de saída. No entanto, para facilitar esse processo, os indicadores de área (AC, APT e ANC) foram transformados em indicadores percentuais (AC', APT' e ANC'), respectivamente, uma vez que na equação 2 esses índices aparecem divididos pela área útil AU. A equação 3 mostra a equação 2 reescrita em termos de indicadores percentuais, que é dada por:

$$PT = 0.3 \times \{(EqNumV \times AC') + (APT' \times 5 + ANC' \times EqNumV)\} + 0.30 \times (EqNumDpi) + 0.4 \times \{(EqNumCA \times AC') + (APT' \times 5 + ANC' \times EqNumV)\} + b \quad (5)$$

Assim, para classificar a eficiência energética de um ambiente construído, foi proposto um sistema baseado em regras *fuzzy* com a estrutura representada pela Figura 9 a seguir.

Figura 9-FIS para a classificação da eficiência energética (PT-fuzzy) de um ambiente construído



System EficEnerg: 8 inputs, 1 outputs, 4374 rules

As variáveis de entrada do FIS para a classificação da eficiência energética baseado em regras *fuzzy* foram selecionadas da equação de eficiência energética geral (equação 5).

A variável de saída é denominada índice de eficiência energética *fuzzy* (PT-*fuzzy*), e cada um dos 5 níveis de classificação de eficiência (A, B, C, D, E) do PT do RTQ-C foi dividido em 3 subgrupos (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3, E1, E2, E3), totalizando 15 categorias ou possibilidades de resposta, conforme Quadro 22. Assim, o PT-*fuzzy* vai gerar um valor que será classificado de A1 (eficiência máxima) até E3 (eficiência mínima).

As funções de pertinência definidas para as variáveis de entrada foram do tipo triangular. Assim, a partir da variação de cada uma delas estabelecida no RTQ-C, foram criados conjuntos *fuzzy*, tais que: para as variáveis relacionadas a áreas em percentuais (AC', APT' e ANC'), valores entre 0.0 (0%) e 1.0 (100%) com delimitadores definidos a partir de um desvio de 0.5 (média dos limites máximo e mínimo); para as variáveis relacionadas a índices de eficiência (EqNumEnv, EqNumCA e EqNumV), valores entre 1.0 e 5.0 com delimitadores definidos a partir de um desvio de 2.0 (média dos limites máximo e mínimo); e para a variável EqNumDpi, valores entre 2.0 e 5.0 com delimitadores definidos a partir de um desvio de 1.5 (média dos limites máximo e mínimo), conforme Quadro 23.

Quadro 22- Modelagem *fuzzy* para a classificação da eficiência energética de um ambiente construído

Entradas				Saída			
Variáveis	Range	Conjunto fuzzy		Variável	Range	Conjunto fuzzy	
		Número de níveis	Níveis de classificação			Número de níveis	Níveis de classificação
EqNumEnv	1 a 5	3	C1, C2, C3	PT- fuzzy	1 a 5	15	A1, A2, A3 B1, B2, B3 C1, C2, C3 D1, D2, D3 E1, E2, E3
EqNumDpi	2 a 5	3	C1, C2, C3				
EqNumCA	1 a 5	3	C1, C2, C3				
EqNumV	1 a 5	3	C1, C2, C3				
AC'	0 a 1	3	C1, C2, C3				
APT'	0 a 1	3	C1, C2, C3				
ANC'	0 a 1	3	C1, C2, C3				
b	0 ou 1	2	C1, C2				

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 23- Funções de pertinência para as variáveis de entrada do FIS

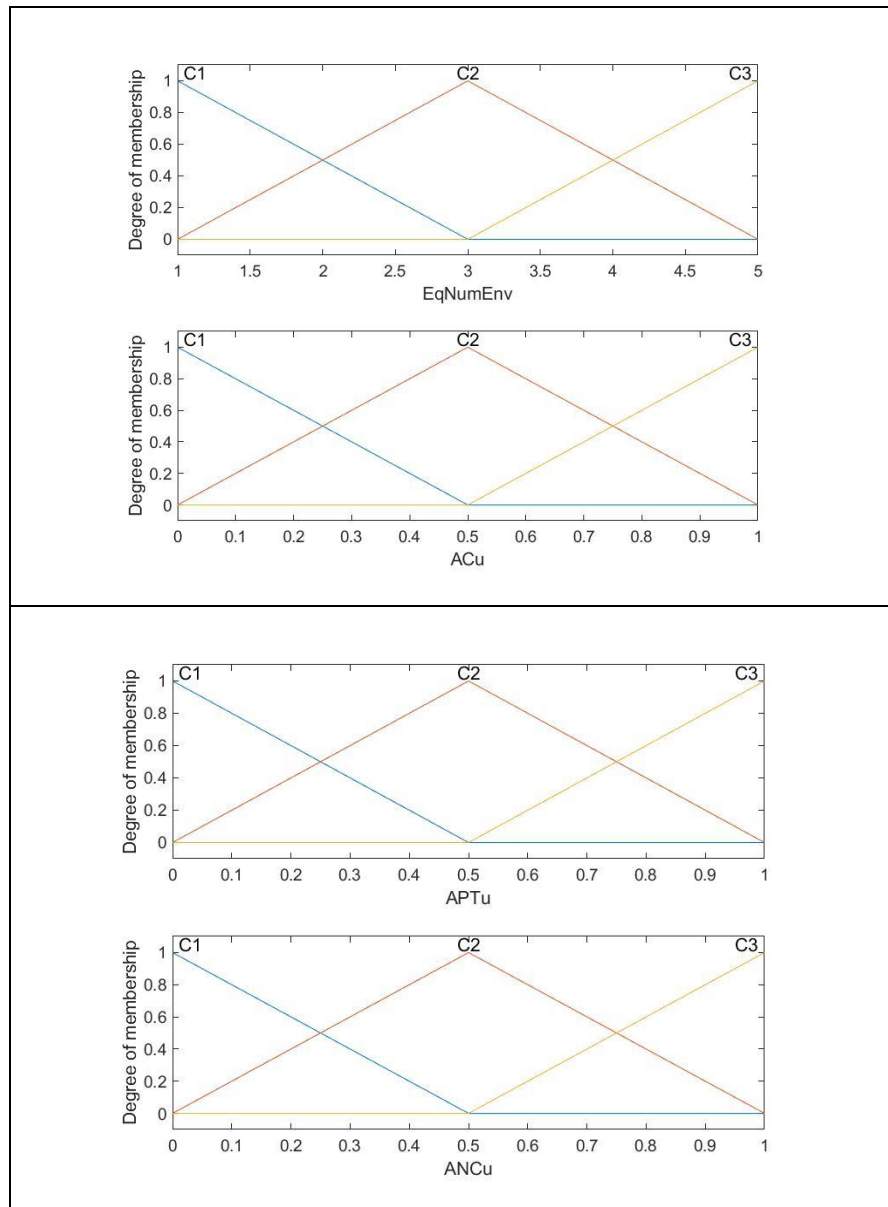
Variável de entrada	Range		Conjunto Fuzzy	Delimitadores			
	Min	Max		Tipo de função	1	2	3
EqNumEnv	1.0	5.0	C1	triangular	-1.0	1.0	3.0
			C2	triangular	1.0	3.0	5.0

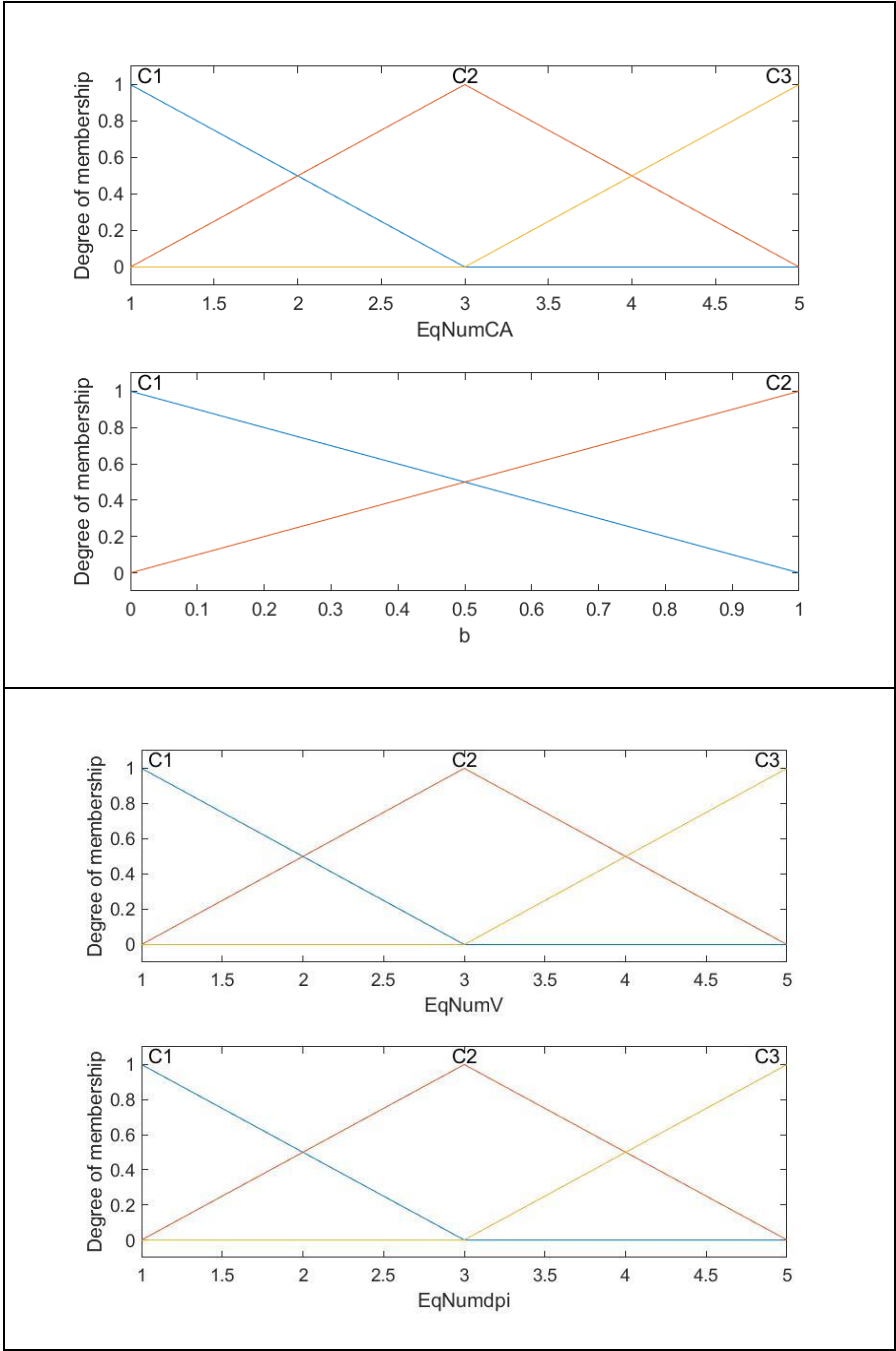
			C3	triangular	3.0	5.0	7.0
EqNumDpi	2.0	5.0	C1	triangular	0.5	2.0	3.5
			C2	triangular	2.0	3.5	5.0
			C3	triangular	3.5	5.0	6.5
EqNumCA	1.0	5.0	C1	triangular	-1.0	1.0	3.0
			C2	triangular	1.0	3.0	5.0
			C3	triangular	3.0	5.0	7.0
EqNumV	1.0	5.0	C1	triangular	-1.0	1.0	3.0
			C2	triangular	1.0	3.0	5.0
			C3	triangular	3.0	5.0	7.0
AC'	0.0	1.0	C1	triangular	-0.5	0.0	0.5
			C2	triangular	0.0	0.5	1.0
			C3	triangular	0.5	1.0	1.5
APT'	0.0	1.0	C1	triangular	-0.5	0.0	0.5
			C2	triangular	0.0	0.5	1.0
			C3	triangular	0.5	1.0	1.5
ANC'	0.0	1.0	C1	triangular	-0.5	0.0	0.5
			C2	triangular	0.0	0.5	1.0
			C3	triangular	0.5	1.0	1.5
b	0.0	1.0	C1	triangular	-1.0	0.0	1.0
			C2	triangular	0.0	1.0	2.0

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 10 mostra que as funções de pertinência definidas para os conjuntos fuzzy das variáveis de entrada são triangulares com os valores linguísticos indicados na Quadro 23.

Figura 10- Funções de pertinência para os conjuntos fuzzy das variáveis de entrada





Fonte: Elaborado pelo autor

Já para a variável de saída foram definidas funções de pertinência dos tipos triangular e trapezoidal. Assim, a partir da variação dos cinco níveis de classificação com os respectivos índices ($A = 5$; $B = 4$; $C = 3$; $D = 2$ e $E = 1$) estabelecidos no RTQ-C, foram criados conjuntos fuzzy, tais que, para cada nível foram criados três subníveis, onde se considerou a diferença entre os limites máximo e mínimo de cada subnível dividido por 3, com delimitadores definidos a partir da variação entre os valores máximo e mínimo de cada nível da classificação padrão.

Assim, como os limites do nível A são 4.5 e 5.0 (vide Quadro 21), então, a sua variação é 0.5 ($= 5.0 - 4.5$). Generalizando o cálculo para cada nível A, B, C, D e E, têm-se as variações 0.5, 1.0, 1.0, 1.0 e 0.9, respectivamente. Observa-se particularmente que os limites considerados para o nível E foram 0.6 e 1.5, uma vez que 0.6 era o menor limite mínimo possível de se obter. Tais variações associadas à cada categoria foram divididas por 3, surgindo assim as sub-variações de cada nível, conforme estabelecido na Quadro 24.

Quadro 24- Funções de pertinência para a variável de saída do FIS

Variável de saída	Range		Conjunto fuzzy	Range		Tipo de função	Delimitadores			
	Min	Max		Min	Max		1	2	3	4
PT-fuzzy	0.00	5.00	E3	0.60	0.90	trapezoidal	-0.30	0.00	0.75	1.05
			E2	0.90	1.20	triangular	0.75	1.05	1.35	-
			E1	1.20	1.50	triangular	1.05	1.35	1.67	-
			D3	1.50	1.83	triangular	1.35	1.67	2.00	-
			D2	1.83	2.16	triangular	1.67	2.00	2.33	-
			D1	2.16	2.50	triangular	2.00	2.33	2.67	-
			C3	2.50	2.83	triangular	2.33	2.67	3.00	-
			C2	2.83	3.16	triangular	2.67	3.00	3.33	-
			C1	3.16	3.50	triangular	3.00	3.33	3.67	-
			B3	3.50	3.83	triangular	3.33	3.67	4.00	-
			B2	3.83	4.16	triangular	3.67	4.00	4.33	-
			B1	4.16	4.50	triangular	4.00	4.33	4.59	-
			A3	4.50	4.67	triangular	4.33	4.59	4.76	-
			A2	4.67	4.84	triangular	4.59	4.76	4.92	-
			A1	4.84	5.00	trapezoidal	4.76	4.92	5.00	5.17

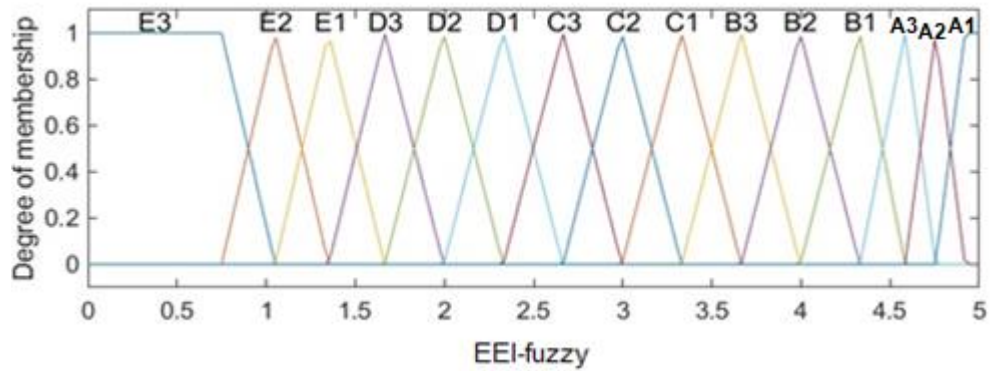
Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 11 mostra que as 15 funções de pertinência definidas para os conjuntos fuzzy da variável de saída PT-fuzzy são triangulares e trapezoidais com os valores linguísticos indicados na Quadro 24.

Para a obtenção da base de regras do sistema fuzzy foram consideradas 4374 (2×3^7) combinações diferentes, a partir de 7 variáveis (EqNumEnv, EqNumDpi, EqNumCA, EqNumV, AC', APT', ANC') com 3 conjuntos fuzzy e uma variável (b) com 2 conjuntos *fuzzy*, sendo tratadas de forma linguística com a estrutura “se-então”, de acordo com o método Mamdani. A base de conhecimento das regras aplicadas neste trabalho, baseada nos valores estabelecidos nos Quadros 23 e 24 e na equação 5, encontra-se no Quadro 25.

Este procedendo foi utilizado de forma similar por Cremasco et al. (2010), Gabriel Filho et al. (2011, 2015, 2016), Putti et al. (2014, 2017a, 2017b), Viais Neto et al. (2019a, 2019b), Martínez (2020) e Góes (2021).

Figura 11- Funções de pertinência para os conjuntos fuzzy da variável de saída



Quadro 25- Base de regras do sistema fuzzy

Regra	EqNumEn	EqNumD	EqNumC	EqNum	AC	APT	ANC	b	PT-fuzzy	Nível de eficiência
1	1	2	1	1	0	0	0	0	0.6	E3
2	1	2	3	1	0	0	0	0	0.6	E3
3	1	2	5	1	0	0	0	0	0.6	E3
4	1	3.5	1	1	0	0	0	0	1.05	E2
5	1	3.5	3	1	0	0	0	0	1.05	E2
6	1	3.5	5	1	0	0	0	0	1.05	E2
7	1	5	1	1	0	0	0	0	1.5	D3
8	1	5	3	1	0	0	0	0	1.5	D3
9	1	5	5	1	0	0	0	0	1.5	D3
10	1	2	1	3	0	0	0	0	0.6	E3
11	1	2	3	3	0	0	0	0	0.6	E3
12	1	2	5	3	0	0	0	0	0.6	E3
13	1	3.5	1	3	0	0	0	0	1.05	E2
14	1	3.5	3	3	0	0	0	0	1.05	E2
15	1	3.5	5	3	0	0	0	0	1.05	E2
16	1	5	1	3	0	0	0	0	1.5	D3
17	1	5	3	3	0	0	0	0	1.5	D3
18	1	5	5	3	0	0	0	0	1.5	D3
19	1	2	1	5	0	0	0	0	0.6	E3
20	1	2	3	5	0	0	0	0	0.6	E3
21	1	2	5	5	0	0	0	0	0.6	E3
22	1	3.5	1	5	0	0	0	0	1.05	E2
23	1	3.5	3	5	0	0	0	0	1.05	E2
24	1	3.5	5	5	0	0	0	0	1.05	E2
25	1	5	1	5	0	0	0	0	1.5	D3
26	1	5	3	5	0	0	0	0	1.5	D3

27	1	5	5	5	0	0	0	0	1.5	D3
28	1	2	1	1	0	0	0,5	0	0.95	E2
29	1	2	3	1	0	0	0,5	0	0.95	E2
30	1	2	5	1	0	0	0,5	0	0.95	E2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4355	5	5	3	1	1	1	1	1	9.4	A1
4356	5	5	5	1	1	1	1	1	10.2	A1
4357	5	2	1	3	1	1	1	1	9.1	A1
4358	5	2	3	3	1	1	1	1	9.9	A1
4359	5	2	5	3	1	1	1	1	10.7	A1
4360	5	3.5	1	3	1	1	1	1	9.55	A1
4361	5	3.5	3	3	1	1	1	1	10.4	A1
4362	5	3.5	5	3	1	1	1	1	11.2	A1
4363	5	5	1	3	1	1	1	1	10.0	A1
4364	5	5	3	3	1	1	1	1	10.8	A1
4365	5	5	5	3	1	1	1	1	11.6	A1
4366	5	2	1	5	1	1	1	1	10.5	A1
4367	5	2	3	5	1	1	1	1	11.3	A1
4368	5	2	5	5	1	1	1	1	12.1	A1
4369	5	3.5	1	5	1	1	1	1	11.0	A1
4370	5	3.5	3	5	1	1	1	1	11.8	A1
4371	5	3.5	5	5	1	1	1	1	12.6	A1
4372	5	5	1	5	1	1	1	1	11.4	A1
4373	5	5	3	5	1	1	1	1	12.2	A1
4374	5	5	5	5	1	1	1	1	13.0	A1

Fonte: elaborado pelo autor

Essas regras permitem determinar o índice de eficiência energética de um ambiente construído e o respectivo nível de eficiência. Assim, a primeira regra fuzzy (regra 1 da Quadro 25) é descrita como: Se (EqNumEnv é “1”), (EqNumDpi é “2”), (EqNumCA é “1”), (EqNumV é “1”), (AC’ é “0”), (APT’ é “0”), (ANC’ é “0”) e (b é “0”), então, (PT-fuzzy é “0.6”). Logo, o índice de eficiência energética é 0.6 e a eficiência energética é classificada como E3. Já a última regra fuzzy (regra 4,374 da Quadro 25) é descrita como: Se (EqNumEnv é “5”), (EqNumDpi é “5”), (EqNumCA é “5”), (EqNumV é “5”), (AC’ é “1”), (APT’ é “1”), (ANC’ é “1”) e (b é “1”), então, (PT-fuzzy é “13.0”). Portanto, nessas condições, o índice de eficiência energética é 13.0 e a eficiência energética é classificada como A1. A descrição e interpretação são análogas para as demais regras da Quadro 25.

Além disso, o estabelecimento das regras para o conjunto fuzzy se baseia na Quadro 24, de forma que a relação que determina a base de regras do nível de eficiência energética constitui a seguinte classificação:

- 1) Se $PT\text{-fuzzy} < 0.90$ então o nível de eficiência energética é E3.
- 2) Se $0.90 \leq PT\text{-fuzzy} < 1.20$ então o nível de eficiência energética é E2.
- 3) Se $1.20 \leq PT\text{-fuzzy} < 1.50$ então o nível de eficiência energética é E1.
- 4) Se $1.50 \leq PT\text{-fuzzy} < 1.83$, então, o nível de eficiência energética é D3.
- 5) Se $1.83 \leq PT\text{-fuzzy} < 2.16$, então, o nível de eficiência energética é D2.
- 6) Se $2.16 \leq PT\text{-fuzzy} < 2.50$, então, o nível de eficiência energética é D1.
- 7) Se $2.50 \leq PT\text{-fuzzy} < 2.83$, então, o nível de eficiência energética é C3.
- 8) Se $2.83 \leq PT\text{-fuzzy} < 3.16$, então, o nível de eficiência energética é C2.
- 9) Se $3.16 \leq PT\text{-fuzzy} < 3.50$, então, o nível de eficiência energética é C1.
- 10) Se $3.50 \leq PT\text{-fuzzy} < 3.83$, então, o nível de eficiência energética é B3.
- 11) Se $3.83 \leq PT\text{-fuzzy} < 4.16$, então, o nível de eficiência energética é B2.
- 12) Se $4.16 \leq PT\text{-fuzzy} < 4.50$, então, o nível de eficiência energética é B1.
- 13) Se $4.50 \leq PT\text{-fuzzy} < 4.67$, então, o nível de eficiência energética é A3.
- 14) Se $4.67 \leq PT\text{-fuzzy} < 4.84$, então, o nível de eficiência energética é A2.
- 15) Se $PT\text{-fuzzy} \geq 4.84$, então, o nível de eficiência energética é A1.

A modelagem matemática proposta foi implementada utilizando a ferramenta Fuzzy Logic Toolbox do *software* MATLAB® 7.0, Copyright 1984-2004 The MathWorks Inc. Assim, o sistema computacional baseado em regras *fuzzy* foi representado por meio de gráficos de superfície e de mapas de contorno das variáveis analisadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Classificação geral da eficiência energética de um ambiente construído usando FIS

Por meio do procedimento exposto na seção 2.2, foi possível fazer uma simulação geral dos pontos de pertinência. As Figuras 5 a 32 mostram a Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre as variáveis de entrada (duas a duas) e a variável de saída (PT-fuzzy), e mapas de contorno do PT-fuzzy em relação às variáveis de entrada.

As superfícies e mapas de contorno das variáveis analisadas proporcionam informações relevantes à compreensão e avaliação da eficiência energética de um ambiente construído a partir do sistema fuzzy proposto.

Figura 12- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre a EqNumEnv e EqNumDpi (variáveis de entrada), e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

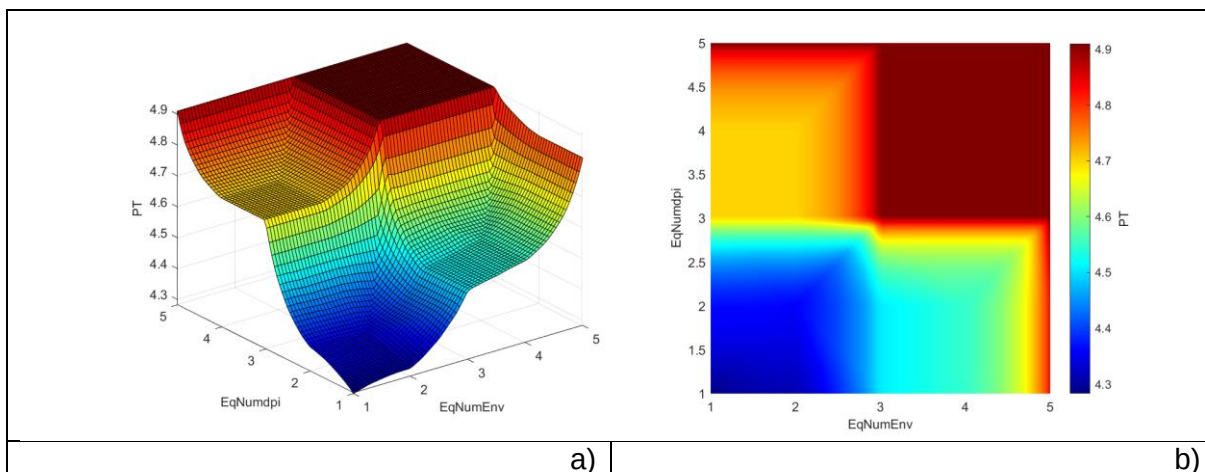


Figura 13- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre a EqNumEnv e EqNumCA variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

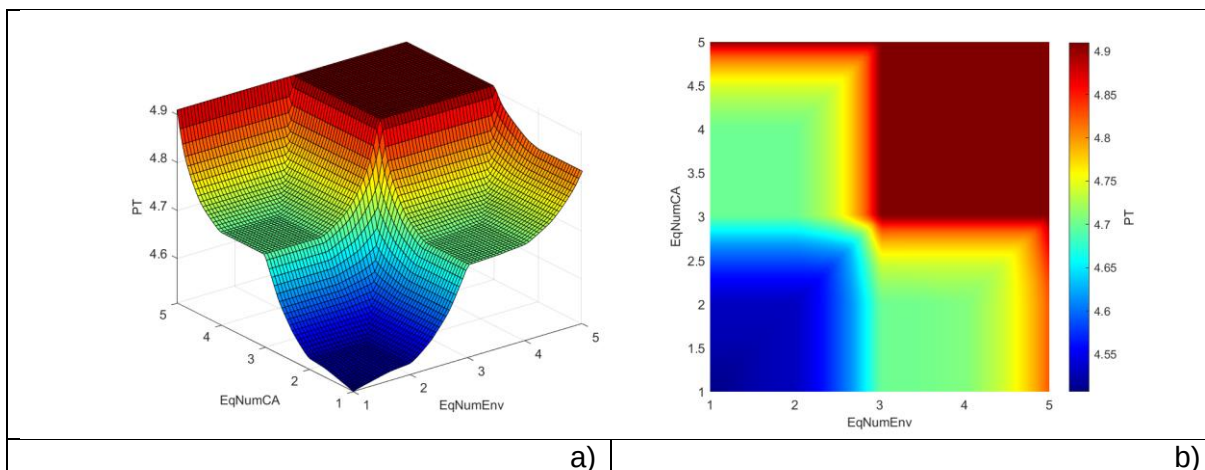


Figura 14- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e EqNumV variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

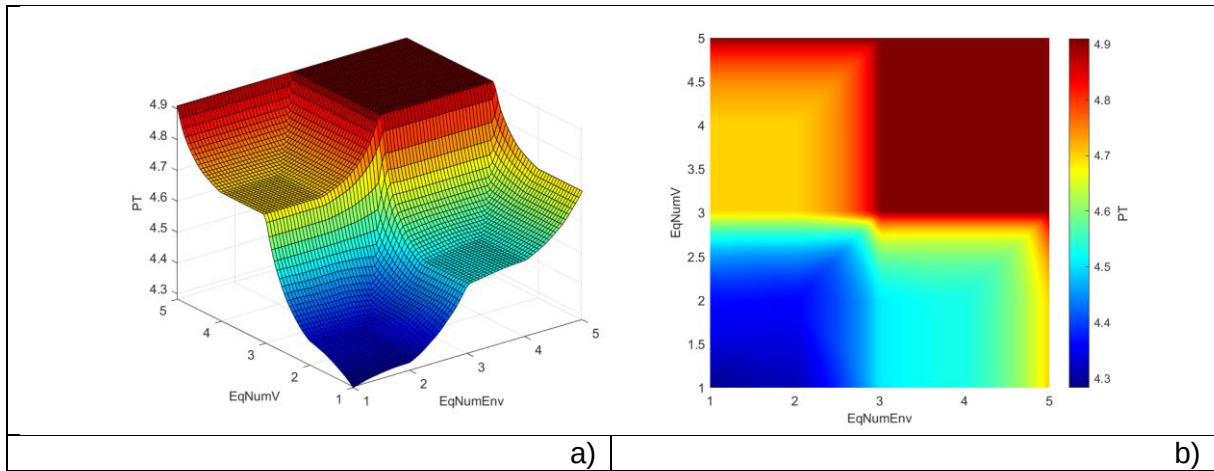


Figura 15- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

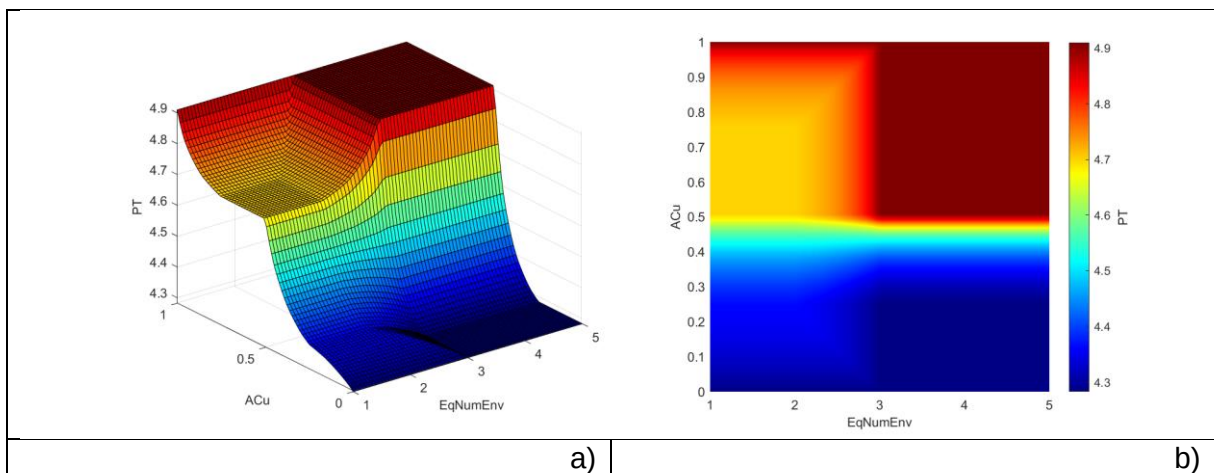


Figura 16- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

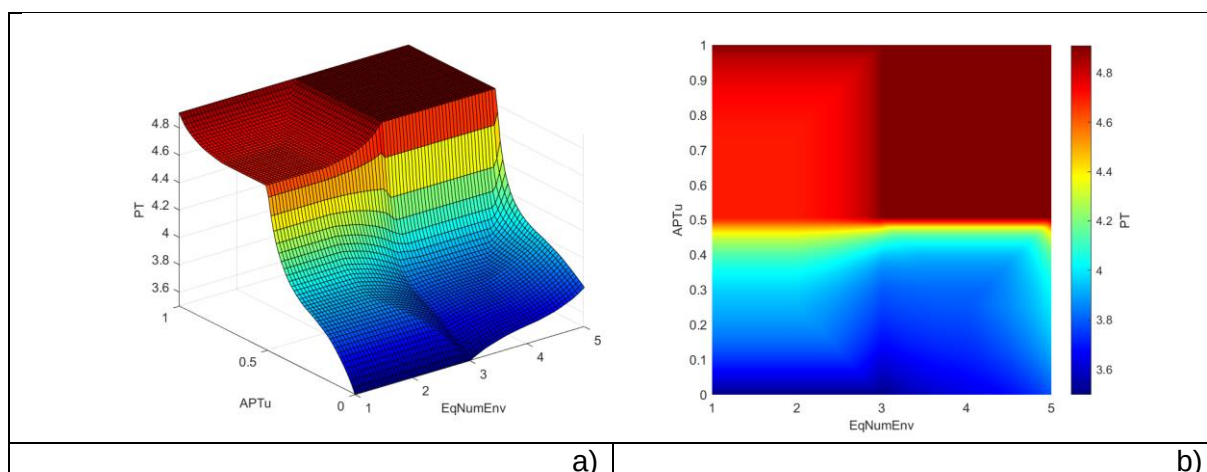
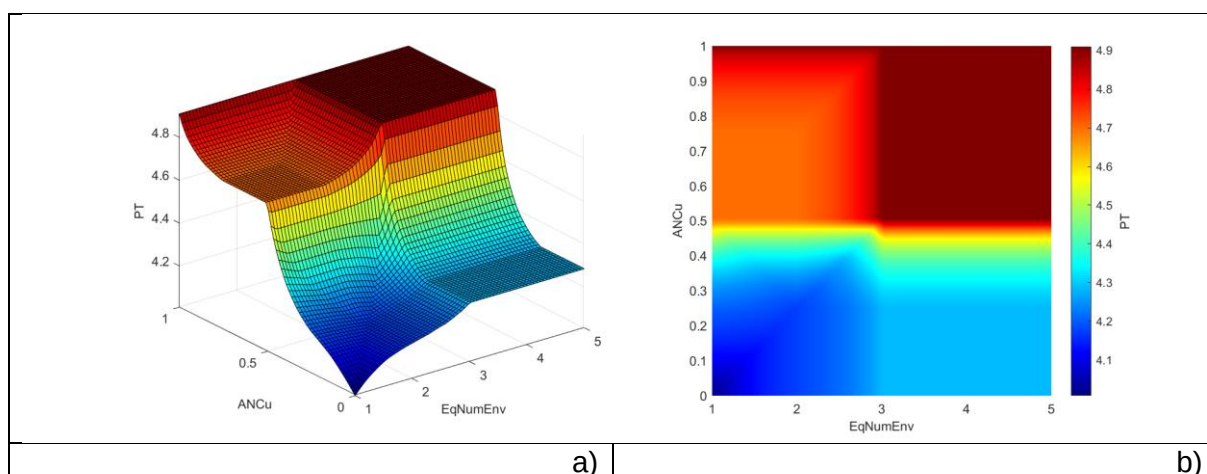


Figura 17- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada



As Figuras 15, 16 e 17 mostram que a variação do índice de eficiência de envoltória (EqNumEnv) não reflete em aumento significativo do PT-fuzzy de um ambiente construído, a não ser que esteja associado a valores elevados de percentuais de áreas úteis (AC', APT', ANC').

Por outro lado, a variação do índice de eficiência de iluminação (EqNumDpi) reflete em aumento significativo do PT-fuzzy de um ambiente construído quando associado a valores elevados das outras variáveis, em especial do percentual de área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados (APT') (Figura 15).

A eficiência de iluminação é o componente responsável por aproximadamente 15% da demanda total de energia de um ambiente construído, e um sistema de controle de iluminação adequado pode reduzir essa demanda substancialmente (RUPARATHNA, HEWAGE e SADIK, 2016). Para tanto, Haq et al. (2014) consideram que a determinação do sistema de controle de iluminação deve levar em conta sobretudo o padrão de comportamento dos ocupantes, propriedades geométricas do ambiente, entrada de luz natural e tipo de trabalho realizado (HAQ ET AL., 2014).

Figura 18- Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumEnv e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

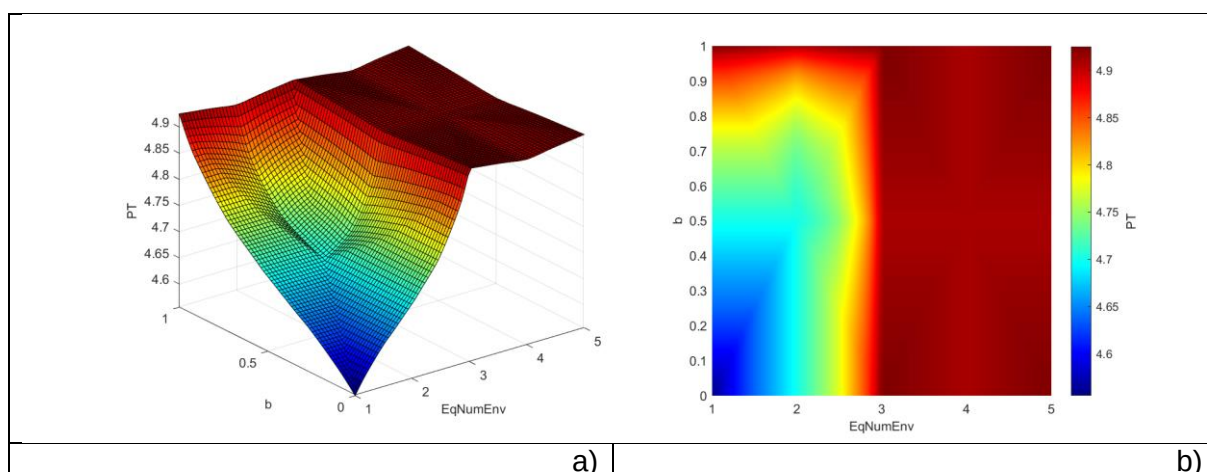


Figura 19- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e EqNumCA variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

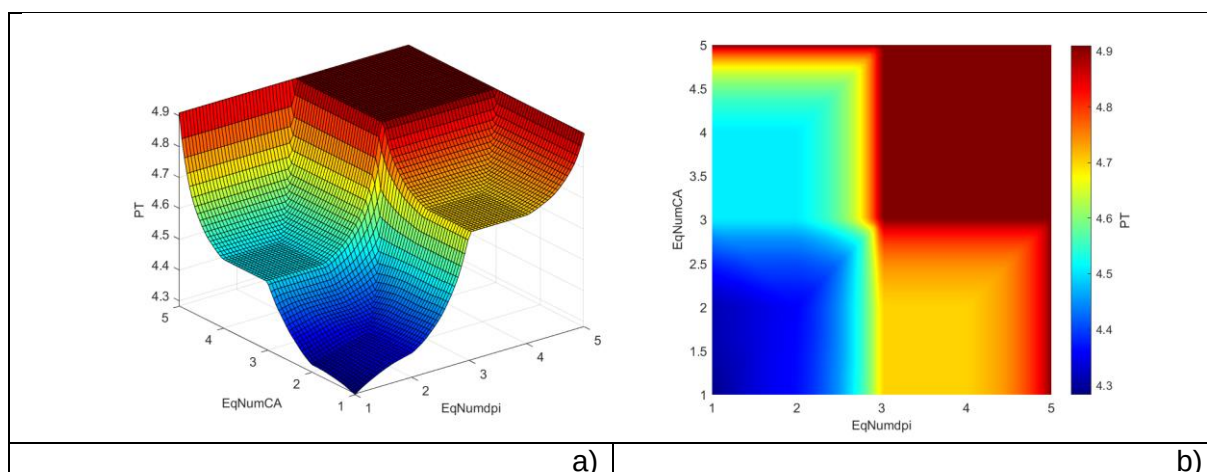


Figura 20- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e EqNumV variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

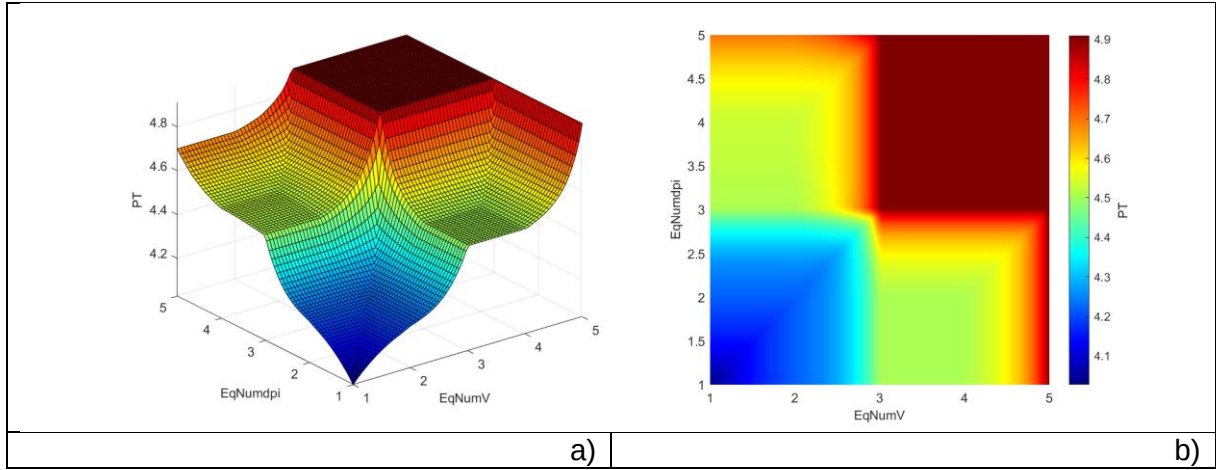


Figura 21- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

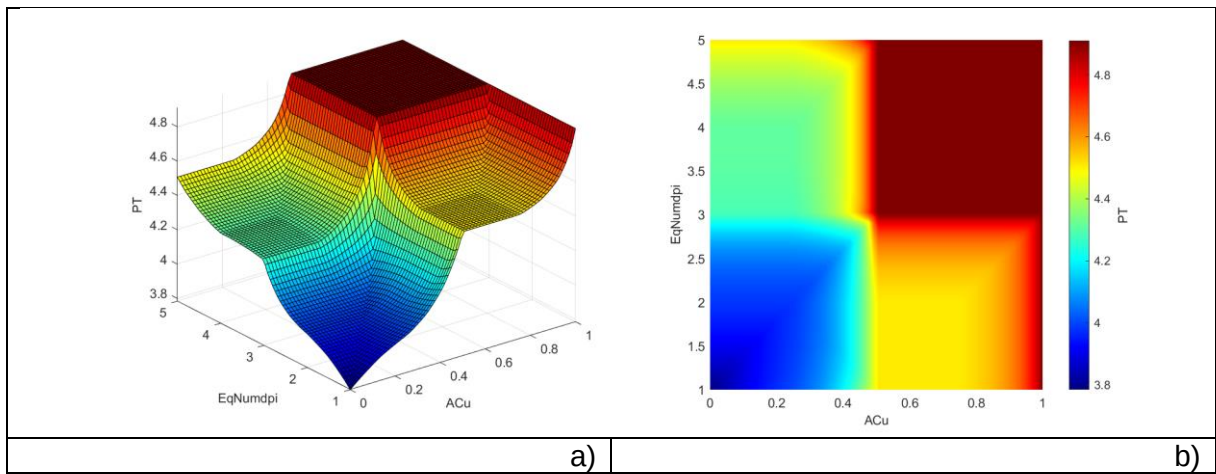


Figura 22- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

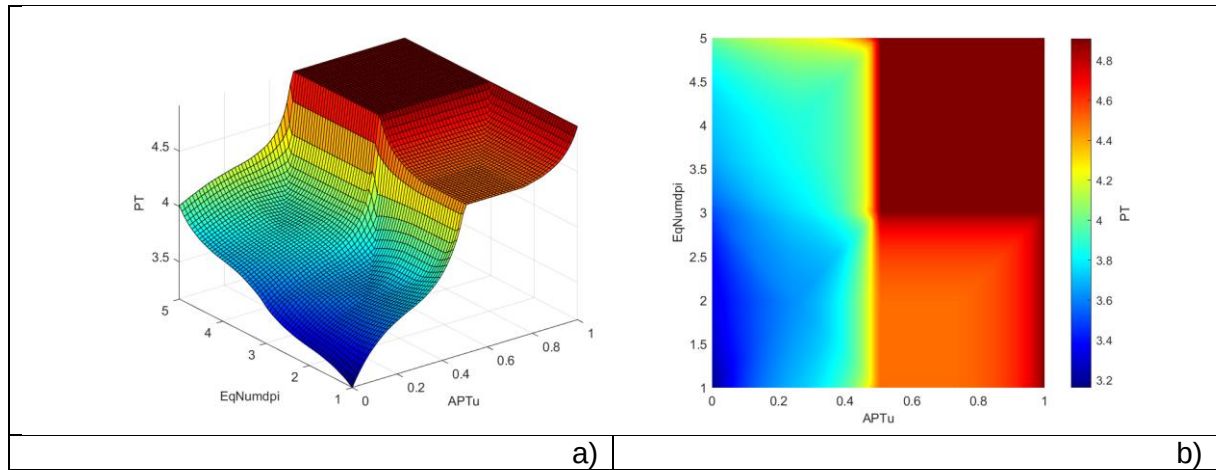


Figura 23- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

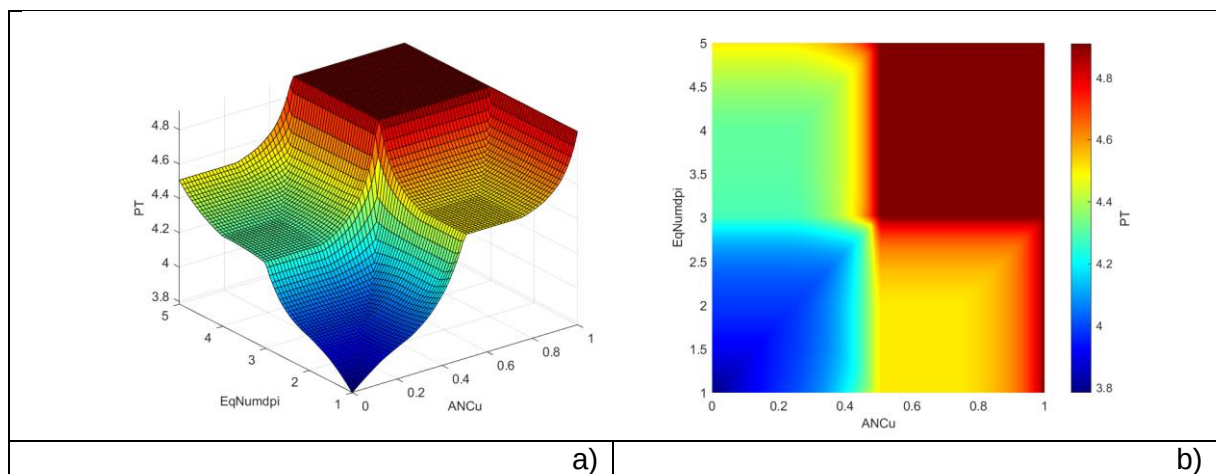


Figura 24- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumDpi e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

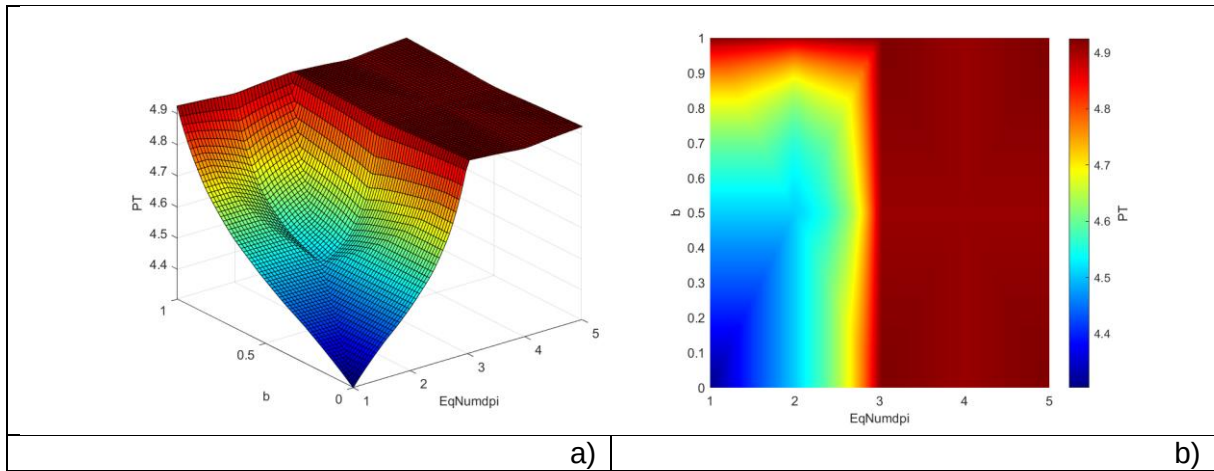


Figura 25- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e EqNumV variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

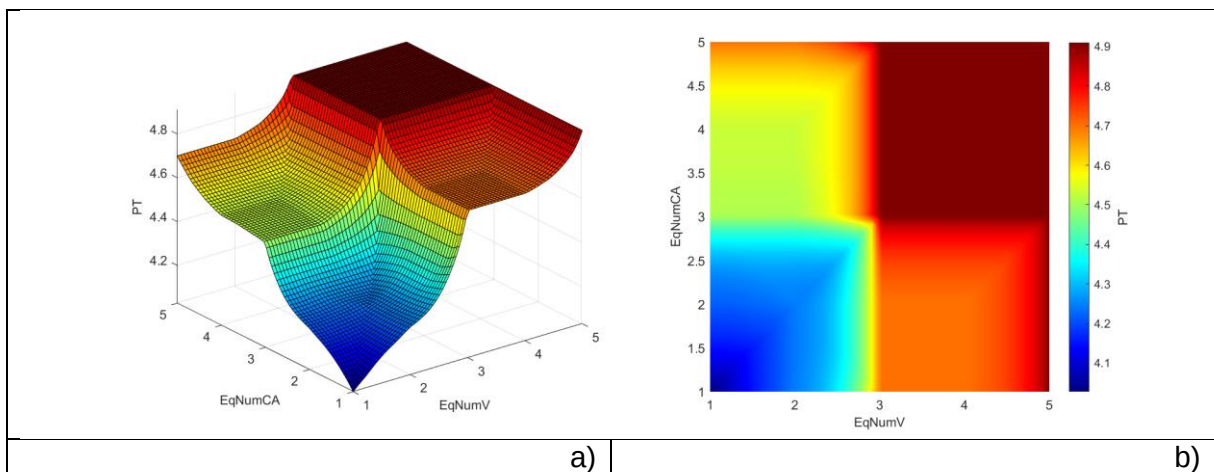


Figura 26- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

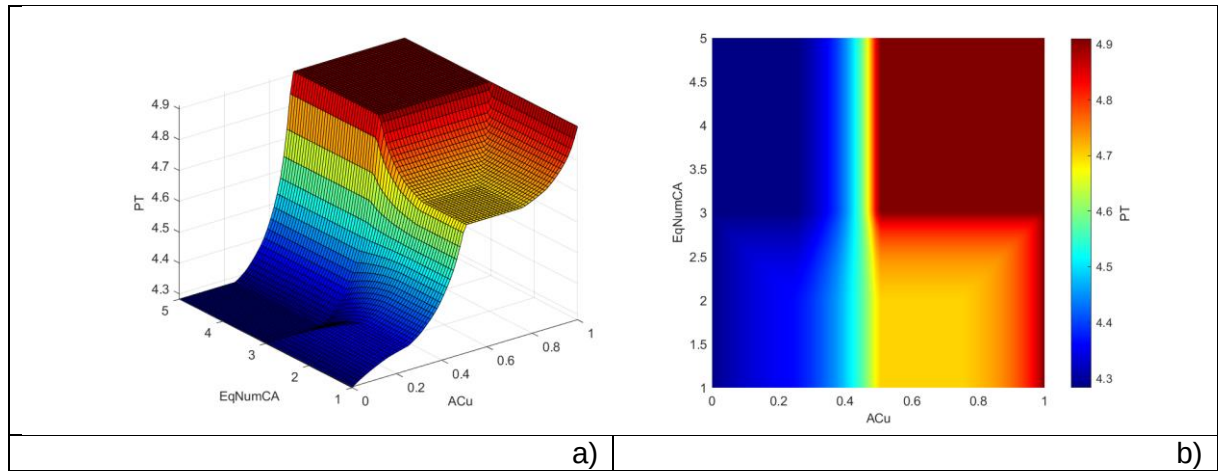


Figura 27- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

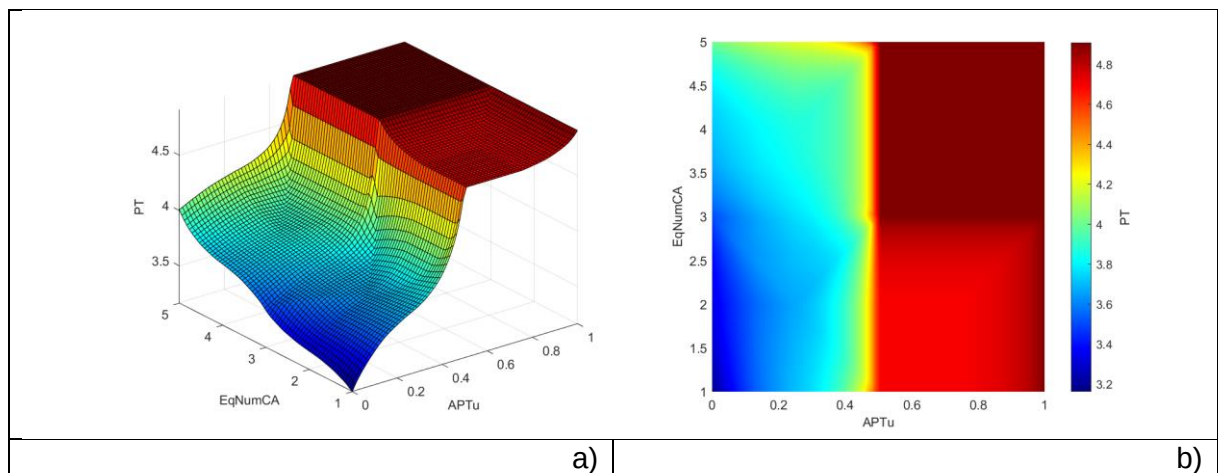
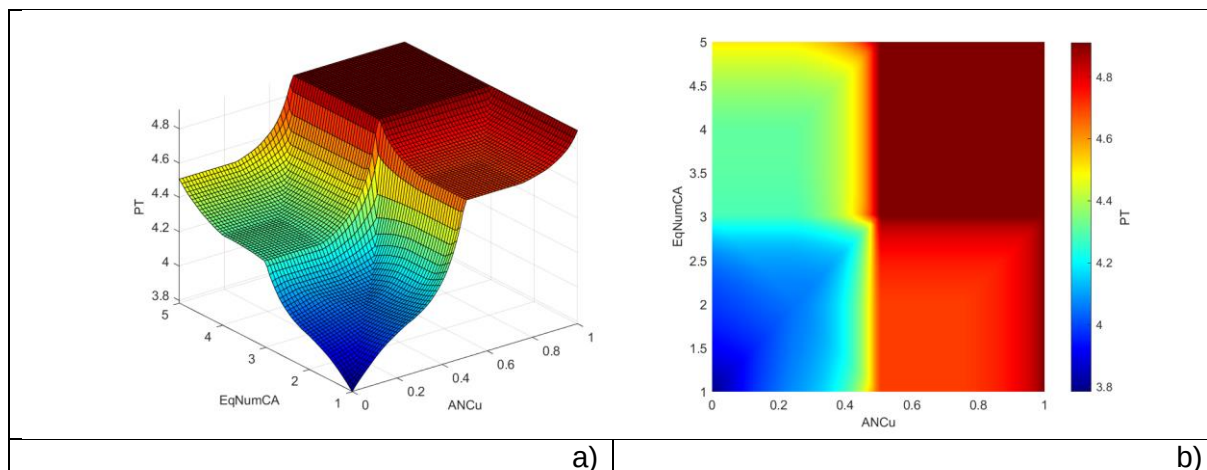


Figura 28- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada



Já a variação do índice de eficiência de condicionamento de ar (EqNumCA) tem um aumento significativo do PT-fuzzy quando associado a valores elevados das outras variáveis, mas principalmente daquelas relacionadas a percentuais de áreas úteis (AC', APT', ANC'), conforme Figuras 26, 27 e 28.

A eficiência de condicionamento de ar é o componente de maior consumo de energia em um ambiente construído. Lin e Hong (2013) relatam que os principais fatores que podem afetar a eficiência energética desse componente dependem do clima e do tipo de construção, tais como, ajuste da temperatura interna, infiltração de ar, tipo de janela, proporção janela-parede e cargas internas.

Figura 29- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumCA e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

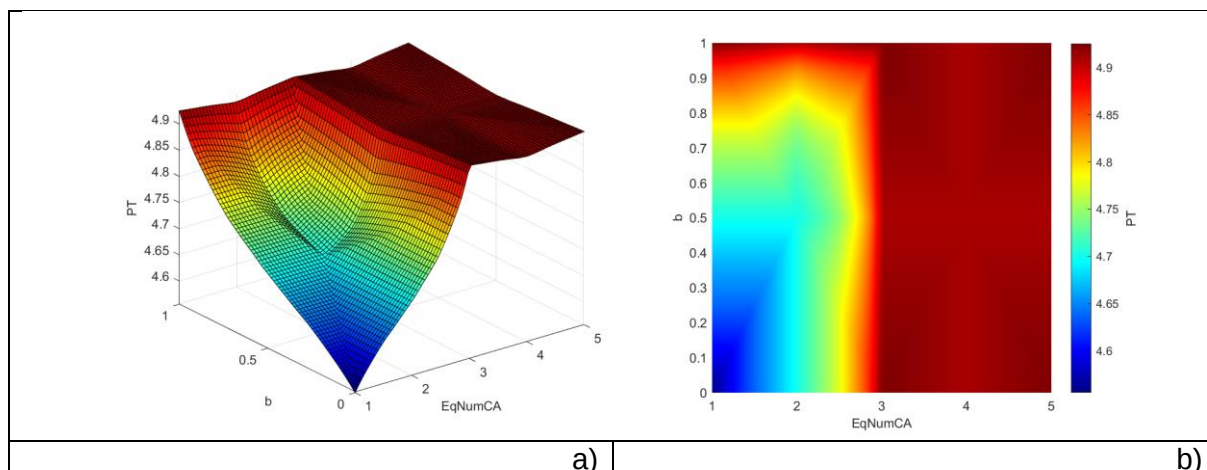


Figura 30- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e AC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

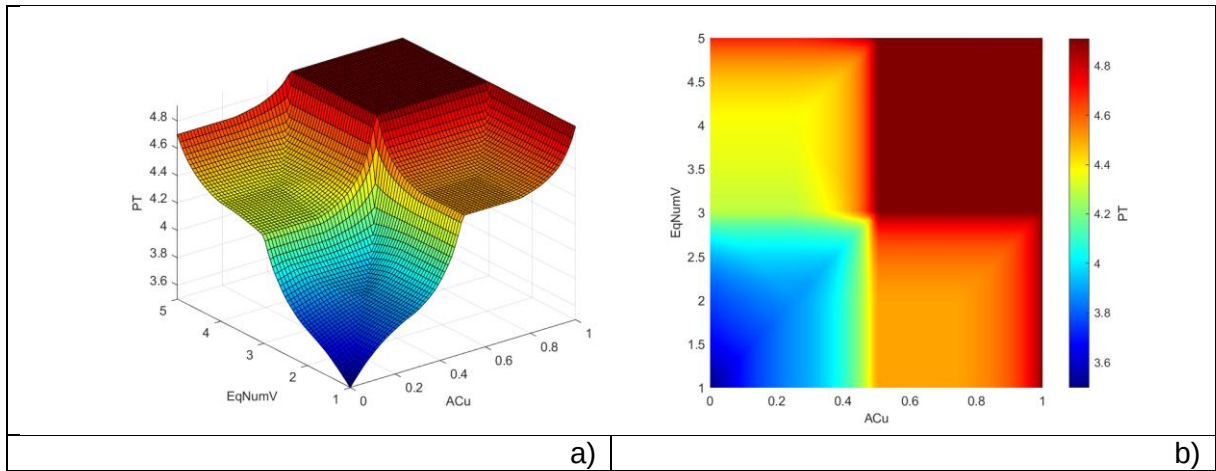


Figura 31- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

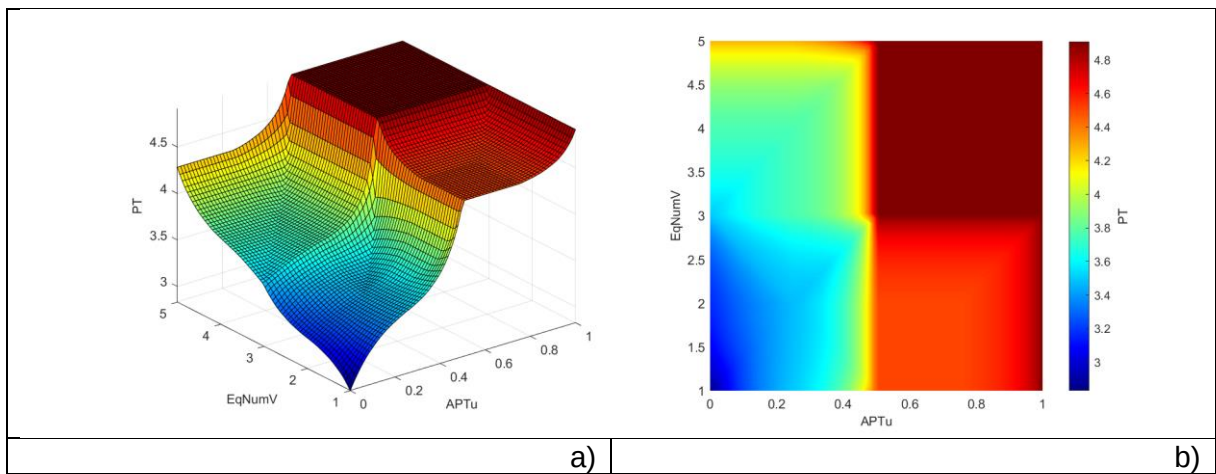


Figura 32- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

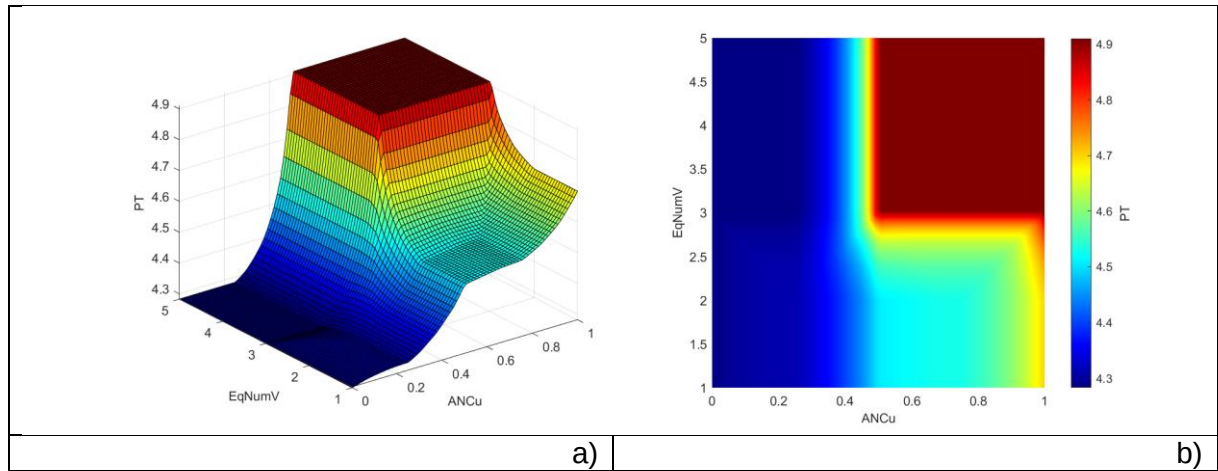


Figura 33- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre EqNumV e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

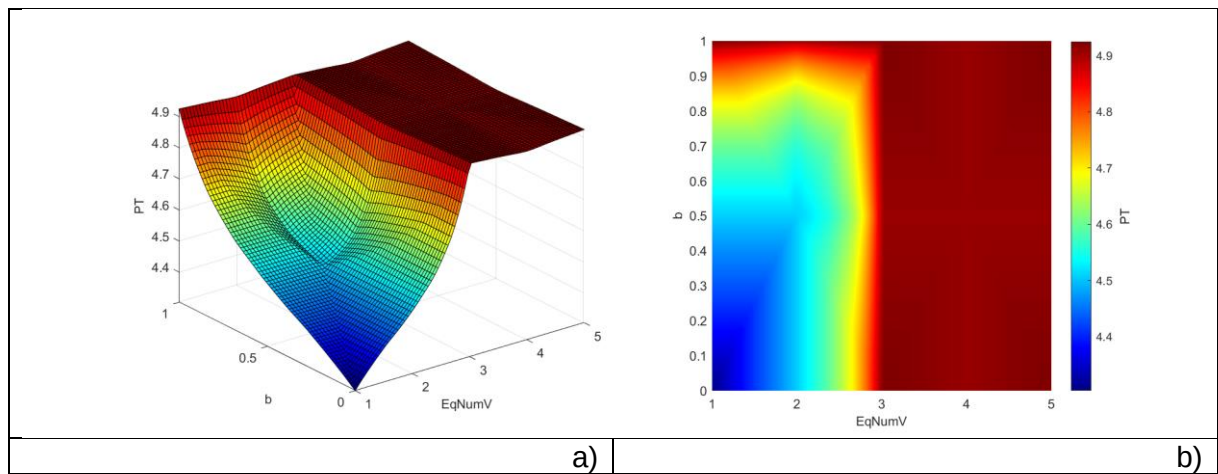


Figura 34- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre AC' e APT' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

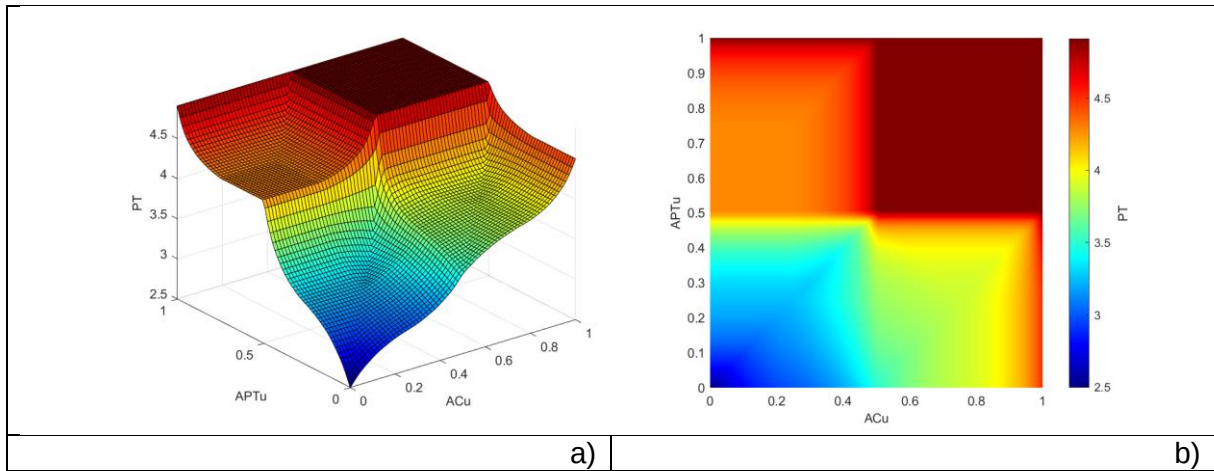


Figura 35- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre a AC' e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

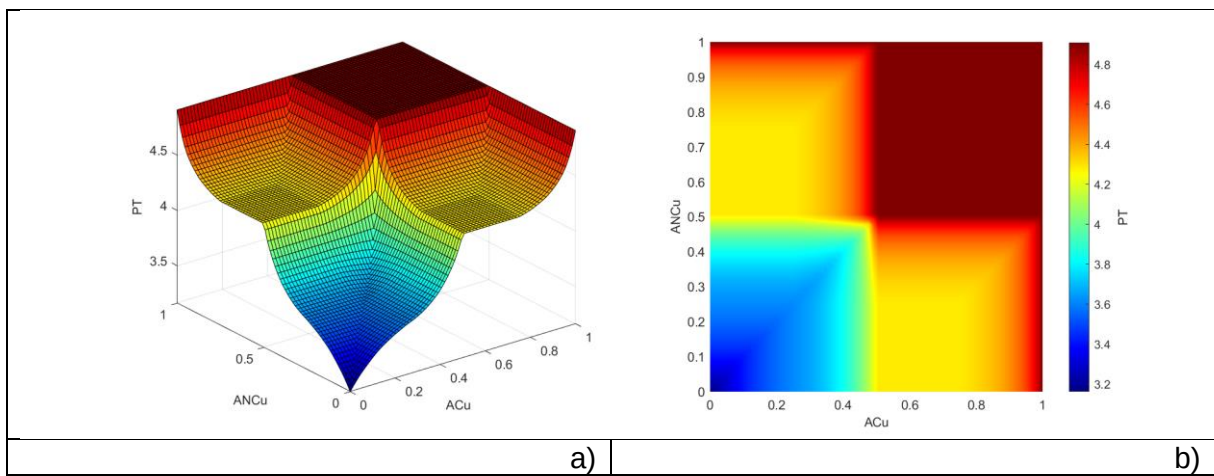


Figura 36- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre AC' e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

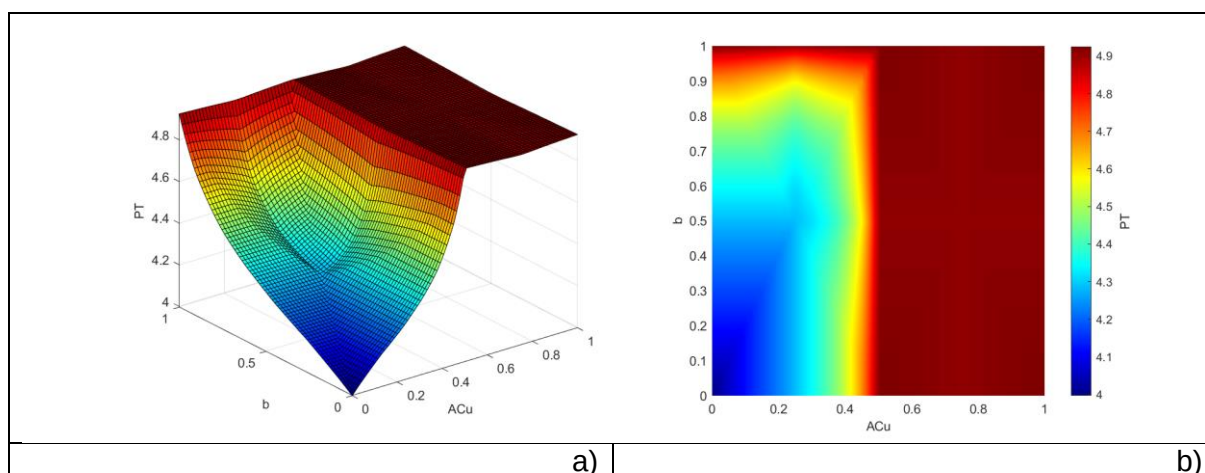
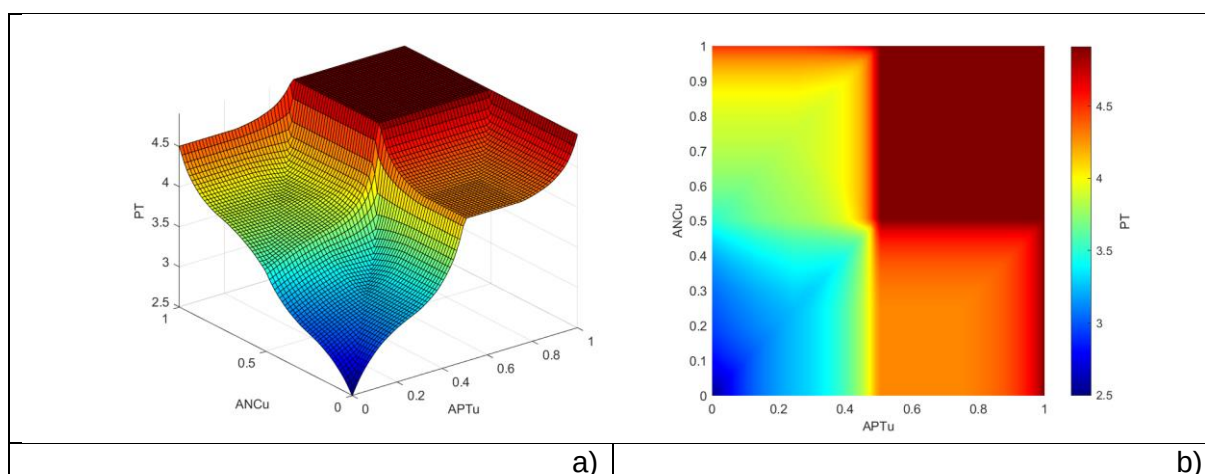


Figura 37- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre APT' e ANC' variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada



Também é possível observar que as variáveis referentes a percentuais de áreas úteis (AC', APT', ANC'), quando relacionadas umas com as outras, tendem a apresentar maior PT-fuzzy (Figuras 34, 35 e 37), mostrando que o desempenho energético de um ambiente construído pode ser melhorado quando as áreas úteis desse ambiente passam por um aprimoramento.

Figura 38- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre APT' e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada

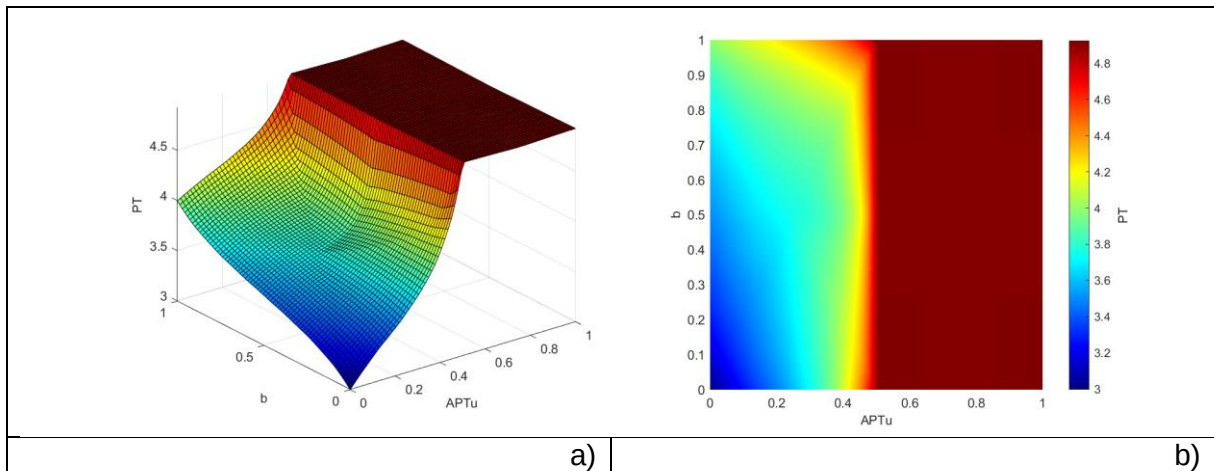
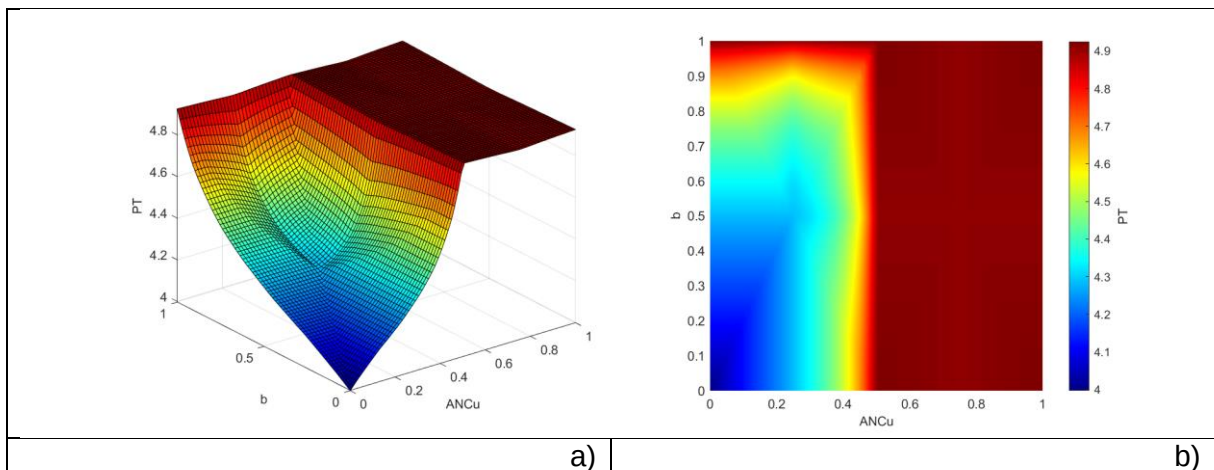


Figura 39- a) Superfície 3D Fuzzy do relacionamento entre ANC' e b variáveis de entrada, e a variável de saída (PT-Fuzzy); b) Mapa da superfície PT-fuzzy de relacionamento das variáveis de entrada



Além disso, quando as variáveis estão associadas à pontuação obtida por bonificações (b), o PT-fuzzy se mantém elevado, mesmo que essa pontuação não seja significativa (Figuras 18, 24, 29, 33, 36, 38 e 39). Esse comportamento mostra a importância de a empresa buscar formas de obter ou manter tais bonificações para que alguma eficiência energética seja minimamente garantida.

3.2. Classificação da eficiência energética da empresa do setor varejista de carnes (estudo de caso) usando o RTQ-C e o FIS

De acordo com o procedimento explanado na seção 2.1, foram obtidos os valores para cada um dos parâmetros considerados na equação 4, os quais se encontram no quadro 26 a seguir.

Quadro 26-Resultados de eficiência energética do edifício comercial a partir do RTQ-C

Variável	Índice	Variável	Índice
EqNumEnv	5 (Nível A)	APT	46.818
EqNumDpi	5 (Nível A)	ANC	0
EqNumCA	3 (Nível C)	EqNumV	3 (Nível C)
AC	71.055	b	0
AU	148.361	PT	3.890

Fonte: elaborado pelo autor

Assim, por meio da equação 4, verificou-se que o PT do edifício comercial analisado é igual a 3.890. Então, pela classificação geral de eficiência energética do RQT-C (Quadro 21), a empresa foi classificada com eficiência energética de nível B, podendo ser considerada uma eficiência entre média e máxima.

Já pelo modelo fuzzy proposto, onde foram aplicados os valores apresentados no quadro 26, verificou-se que o edifício comercial teve um PT-fuzzy = 3.898 e a empresa foi classificada com eficiência energética de nível B2, podendo ser considerada uma eficiência média dentro da classificação B. Ou seja, ela tem potencial para se tornar B1 (ficando próxima ao estrato de classificação A, de níveis máximos), mas também pode declinar para B3 (ficando próxima ao estrato de classificação C, de níveis intermediários).

Os dados do quadro 26 associados à análise gráfica das variáveis que compõem o PT-fuzzy mostram que uma possibilidade mais prática de aprimoramento pode ser alcançada por meio da eficiência de condicionamento de ar, que foi classificada com nível

Nesse sentido, se realizarmos situações simuladas, mostrando a variação da eficiência energética *fuzzy* para diferentes valores para o índice de eficiência de condicionamento de ar, considerando constantes as demais variáveis, percebe-se que o EqnumCA em seu nível máximo (possivelmente a substituição dos antigos aparelhos de ar-condicionado) refletirá na manutenção do nível B2 de eficiência

energética. Por outro lado, se o mesmo índice estiver no nível mínimo (degradação adicional dos aparelhos de ar-condicionado existentes), a empresa passará para o nível C1.

A melhoria da eficiência do ar-condicionado também pode refletir um aumento no EqNumV e consequentemente da eficiência *fuzzy*. Além disso, se a melhoria da eficiência do ar-condicionado for feita em conjunto com o aumento da área útil de ambientes não condicionados de permanência prolongada, poderia ter um impacto positivo e significativo na eficiência energética da empresa, conforme indicado na Figura 28.

Algumas medidas para aumentar o índice de eficiência energética de condicionamento de ar em ambientes construídos são sugeridas na literatura, tais como, melhoria das condições de construção existentes (substituição de janelas e vedação com ventilação adequada), microgeração por meio de fontes de energia renováveis, instalação de sistemas de ar-condicionado de expansão direta acionados por frequência variável, dentre outras. A seleção e operação adequadas para esse fim podem fornecer economia de energia de até 25%, mantendo uma condição interna aceitável (RUPARATHNA, HEWAGE E SADIK, 2016).

Aliado a isso, se a melhoria da eficiência de condicionamento de ar for feita juntamente com o aumento das áreas úteis, pode-se ter um impacto positivo e significativo na eficiência energética geral da empresa.

Também é importante ressaltar, que as bonificações, que envolvem projetos de economia de água, utilização fontes de energia sustentáveis como energia solar, sistemas de cogeração de energia e maior utilização de iluminação natural, podem trazer um impacto positivo no índice de eficiência energética, ainda que possam ter um custo de implantação elevado, mas que pode ser considerado um investimento se levar em conta a economia de gastos com energia elétrica a longo prazo.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs um modelo baseado na lógica *fuzzy* para a avaliação da eficiência energética de ambientes construídos a partir dos parâmetros do RTQ-C do PROCEL (2017), uma vez que este compreende apenas cinco níveis e não considera as incertezas associadas aos parâmetros de análise. Para ampliar essa

avaliação, utilizou-se a lógica fuzzy que possibilitou a determinação de subníveis que trouxeram mais abrangência para a classificação.

Um estudo de caso em uma empresa do setor varejista foi usado para mostrar a aplicabilidade e a funcionalidade da modelagem matemática proposta, que forneceu uma perspectiva mais realista sobre o desempenho energético do ambiente considerado.

Os resultados mostraram que a modelagem fuzzy é viável e mais abarcante, podendo ser utilizada ou expandida a outros ambientes e pesquisas com características similares, uma vez que o RTQ-C contempla diversos tipos de ambientes construídos.

Além disso, a metodologia proposta tem potencial para auxiliar gestores de empresas públicas e privadas a avaliarem, gerirem e tomarem decisões mais precisas quanto a eficiência energética de ambientes construídos sob sua responsabilidade, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Futuramente, pode-se produzir um software ou aplicativo que possa ajudar os proprietários privados e administradores públicos na realização dessa avaliação, uma vez que a base de regras já está desenvolvida, auxiliando assim no dimensionamento e classificação de eficiência energética de forma mais prática e precisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA – ABESCO. **O que é eficiência energética**. 2019 Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

ALASANI, A.; BAKHTIAR, A.; AKBARZADEH, M. H. Energy-efficiency technologies in a building envelope: life cycle e adaptation assessment. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 21, p. 55-63, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.09.014>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais**. Florianópolis, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CEBALLOS-FUENTEALBA, I.; ALVAREZ-MIRANDA, E; TORRES-FUCHSLOCHER, C.; CAMPO-HITSCHFIELD, M. L.; DÍAZ-GUERRERO, J. A simulation and optimization methodology for choosing energy efficiency measures in non-residential buildings. **Applied Energy**, [s.l.], v.256, p.113953-113962, dez. 2019.

CHUNG, W. Using the fuzzy linear regression method to benchmark the energy efficiency of commercial buildings. **Applied Energy**, [S.L.], v. 95, p. 45-49, jul. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.01.061>.

CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores fuzzy para a avaliação energética de empresas de avicultura de postura. **Energia na Agricultura**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 21, 30 mar. 2010. EIA Energy in Agriculture. <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2010v25n1p21-39>

DIAKAKI, C.; GRIGOROUDIS, E.; KABELIS, N.; KOLOKOTSA, D.; KALAITZAKIS, K.; STAVRAKAKIS, G. A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings. **Energy**, [S.L.], v. 35, n. 12, p. 5483-5496, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.012>. Disponível em: Acesso em:

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2019**. 2020. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 21 jan. 2021

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo Nacional De Energia Elétrica Na Rede Por Classe: 1995 – 2018**. 2019 Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-189/Consumo%20anual%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20por%20classe%20\(nacional\)%20-%201995-2018%20COLADO.xls](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-189/Consumo%20anual%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20por%20classe%20(nacional)%20-%201995-2018%20COLADO.xls)> Acesso em: 21 jan. 2021

GABRIEL FILHO, L.R.A, CREMASCO, C.P., PUTTI, F.F., CHACUR MGM. Application of fuzzy logic for the evaluation of livestock slaughtering. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 813-825, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162011000400019>.

GABRIEL FILHO, L.R.A., PIGATTO, G.A.S, LOURENZANI, A.E.B.S Fuzzy rule-based system for evaluation of uncertainty transaction in cassava chain. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 350-367, abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v35n2p350-367/2015>

GABRIEL FILHO, L.R.A, PUTTI F.F., CREMASCO C.P., BORDIN D., CHACUR MGM, GABRIEL, L.R. Software to assess beef cattle body mass through the fuzzy body mass index. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 179-193, fev. 2016.

FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n1p179-193/2016>.

GÓES, B.C., GOES, R.J., CREMASCO, C.P., GABRIEL FILHO L.R.A. Fuzzy modeling of vegetable straw cover crop productivity at different nitrogen doses.

Modeling Earth Systems e Environment, 2021 . DOI:

<http://doi.org/10.1007/s40808-021-01125-4>.

HAQ, M. A. U.; H, Mohammad Y.; ABDULLAH, H.; RAHMAN, H. A.; ABDULLAH, M. P.; HUSSIN, F.; SAID, D. M. A review on lighting control technologies in commercial buildings, their performance and affecting factors. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [S.L.], v. 33, p. 268-279, maio 2014.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.090>

HERNÁNDEZ, J. L.; SANZ, R.; CORREDERA, A.; PALOMAR, R.; LACAVE, I.. A Fuzzy-Based Building Energy Management System for Energy Efficiency. **Buildings**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 14, 25 jan. 2018. MDPI AG.

<http://dx.doi.org/10.3390/buildings8020014>.

KABAK, M; KÖSE, E.; KÖRDLMAZ, O.; BURMAOĞLU, S.. A fuzzy multi-criteria decision making approach to assess building energy performance. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 72, p. 382-389, abr. 2014.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.059>.

KILLIAN, M.; KOZEK, M. Implementation of cooperative Fuzzy model predictive control for an energy-efficient office building. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 158, p. 1404-1416, jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.021>.

LIN, Hung-Wen; HONG, Tianzhen. On variations of space-heating energy use in office buildings. **Applied Energy**, [S.L.], v. 111, p. 515-528, nov. 2013.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.040> .:

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A.; TOMÁS, C. Energy efficiency e sustainable growth in industrial sectors in European Union countries: a nonlinear ardl approach. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 239, p. 118045, dez. 2019.

MARTÍNEZ, M.P., CREMASCO, C.P., GABRIEL FILHO, L.R.A, BRAGA JUNIOR, S.S., BEDNASKI, A.V., QUEVEDO-SILVA, F., CORREA, C.M., SILVA. D., PADGETT, Fuzzy inference system to study the behavior of the green consumer facing the perception of greenwashing. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 242, p. 116064, jan. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.060>.

MARTINOPOULOS, G.; PAPAKOSTAS, K. T.; PAPADOPOULOS, A. M. A comparative review of heating systems in EU countries, based on efficiency e fuel cost. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 90, p. 687-699, jul. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.060>.

MPELOGIANNI, V.; GROUMPOS, P; P.. Building Energy Management System Modelling via State Fuzzy Cognitive Maps and Learning Algorithms. **Ifac-Papersonline**, [S.L.], v. 52, n. 25, p. 513-518, 2019.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.596>.

MPELOGIANNI, V.; MARNETTA, P.; GROUMPOS, P. P. Fuzzy Cognitive Maps in the Service of Energy Efficiency. *Ifac-Papersonline*, [S.L.], v. 48, p. 1-6, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.12.047>.

MULDOON-SMITH, K.; GREENHALGH, P. Suspect foundations: developing an understanding of climate-related stressed assets in a global real estate sector. **Energy Research & Social Science**, [S.L.], v. 54, p. 60-67, ago. 2019. Disponível em: Acesso em:

OPOKU, R.; EDWIN, I. A.; AGYARKO, Kofi A.. Energy efficiency and cost saving opportunities in public and commercial buildings in developing countries – The case of air-conditioners in Ghana. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 230, p. 937-944, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.067>.

PIEGAT, Andrzej. **Fuzzy Modeling and Control**. Nova Iorque: Springer Science & Business Media, 2001.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA-PROCEL. **Manual para Aplicação do RTQ-C. 2017**. Disponível em <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/download/s/manualv02_1.pdf> Acesso em dia ago. 2019

PUTTI, F.F., GABRIEL FILHO, L.R.A., CREMASCO, C.P., BONINI NETO, A., BONINI, C.S.B., REIS, A.R. A Fuzzy mathematical model to estimate the effects of global warming on the vitality of *Laelia purpurata* orchids. **Mathematical Biosciences**, [S.L.], v. 288, p. 124-129, jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mbs.2017.03.005>.

PUTTI, F.F., GABRIEL FILHO, L.R.A., SILVA, A.O., LUDWIG, R., CREMASCO, C.P. Fuzzy logic to evaluate vitality of *Catasetum fimbriatum* species (Orchidaceae). **Irriga**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 405, 17 out. 2014. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2014v19n3p405>.

PUTTI, F.F., KUMMER, A.C.B., GRASSI FILHO, H., GABRIEL FILHO, L.R.A., CREMASCO, C.P. Fuzzy modeling on wheat productivity under different doses of sludge and sewage effluent. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 37, n. 6, p. 1103-1115, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n6p1103-1115/2017>.

RUPARATHNA, R.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. Improving the energy efficiency of the existing building stock: a critical review of commercial and institutional buildings. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 53, p. 1032-1045, jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.084>.

SILVEIRA, P. G. Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira. **Opinião Jurídica**, [S.L.], v. 17, n. 33, p. 123-148, 2018. Universidad de Medellin. <http://dx.doi.org/10.22395/ojum.v17n33a5>.

VELOSO, A. C. O.; SOUZA, R. V. G.; KOURY, R. N. N. Evaluation of Electric Power Consumption of Non-Residential Buildings in a City of Belo Horizonte - Correlation with Design Decisions in A Study Case of A Hybrid Building. **Energy Procedia**, [S.L.], v. 78, p. 747-752, nov. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.086>.

VIAIS NETO, D.S., CREMASCO, C.P., BORDIN, D., PUTTI, F.F., SILVA JUNIOR, J.F., GABRIEL FILHO, L.R.A. Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part i: description of the method. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 294-304, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n3p294-304/2019>.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Informat Control**, p.338-353, 1965.

CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

Através dessa pesquisa, entendeu-se que existem muito espaço e necessidade de realização de estudos de eficiência energética em ambientes construídos, principalmente quando se trata do agronegócio brasileiro.

Apesar da ênfase dessa pesquisa ser a energia elétrica fica claro que esta não é a única que necessita de atenção, outras também precisam de mais estudo como os combustíveis por exemplo.

Também fica evidente, que a eficiência energética é capaz de trazer uma série de benefícios, não só na esfera econômica, mas também na social e ambiental, porém para que isso ocorra é necessário que as pesquisas não fiquem apenas no papel, mas que sejam colocadas em prática.

Assim, ao analisar o açougue varejista, é notável que de acordo com os parâmetros do RTQ-C, o estabelecimento possui uma boa classificação de eficiência energética, com o nível B, o que por outro lado, não descarta a necessidade do mesmo de se aprimorar, principalmente quando se trata de condicionamento de ar, o que juntamente com a eficiência de iluminação é bem mais simples de se aprimorar do que uma eficiência de envoltória.

Além disso, dar atenção as bonificações pode ser um ponto que pode garantir que a empresa consiga um ótimo nível, ainda mais considerando que quando calculado com o auxílio de lógica *fuzzy*, se chega ao B2, que pode se considerar que tem um bom potencial para se tornar um A, mas também de se tornar um C, ou seja, é uma posição boa, com chance de melhoria, porém não confortável.

Futuramente, pretende-se passar os resultados dessa pesquisa ao dono do estabelecimento, para que ele as aplique, caso acredite que seja viável.

Dessa forma, também pode se concluir que a logica fuzzy é capaz sim, de trazer grandes benefícios para questões de eficiência energética em ambientes construídos, não só nos setores do agronegócio, mas em diversos outros setores que envolvem produtos e serviços, uma vez que o RTQ-C, traz uma abrangência bem grande, apesar de precisar de uma ênfase maior em alguns âmbitos.