



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
NÚCLEO DE REFERÊNCIA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS DO TRÓPICO
ECOTONAL DO NORDESTE (TROPEN)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE (MDMA)

CRISTIANA DE SOUSA LEITE

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SALAS DE AULA DE
INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Teresina

2018

CRISTIANA DE SOUSA LEITE

**ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SALAS DE AULA DE
INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/ TROPEN), como requisito para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento do Tópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Dra. Giovana Mira de Espindola

Coorientadores: Dr. Denis Barros de Carvalho

Dr. Marcos Antonio Tavares Lira

Teresina

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

L533i Leite, Cristiana de Sousa.
Índice de eficiência energética para salas de aula de
Instituições de Ensino Superior / Cristiana de Sousa Leite. –
2018.
109 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio
Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.
“Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Giovana Mira de Espindola”.

1. Gestão ambiental. 2. Gestão energética. 3. Uso do
ambiente. 4. Universidade. I. Título.

CDD 574.5

CRISTIANA DE SOUSA LEITE

**ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SALAS DE AULA DE
INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/ TROPEN), como requisito para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento do Tópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Dra. Giovana Mira de Espindola

Coorientadores: Dr. Denis Barros de Carvalho

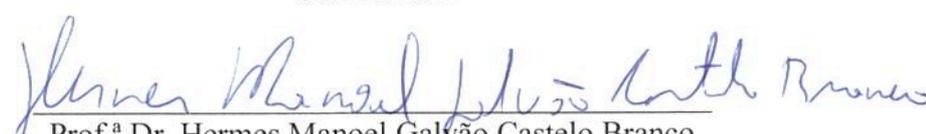
Dr. Marcos Antonio Tavares Lira

Aprovada em: 01/02/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Giovana Mira de Espindola
Universidade Federal do Piauí – UFPI
Orientadora



Prof.^a Dr. Hermes Manoel Galvão Castelo Branco
Universidade Estadual do Piauí - UESPI
Membro Externo



Prof. Dra. Elaine Aparecida da Silva
Universidade Federal do Piauí – UFPI
Membro Interno

*Dedico este trabalho a meus
avós, meus grandes exemplos
de força e luta.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as oportunidades e bênçãos, sem as quais eu não teria chegado onde eu estou hoje.

Ao meu marido, Osvaldo Augusto, pelo amor, incentivo, apoio e horas dedicadas para que eu me sentisse forte e segura para ter sucesso nessa e em todas as missões da minha vida.

Aos meus pais, Isaias e Wilma, e aos meus irmãos, Augusto, Poliana e Liziana, por serem minha base e meu porto seguro, e por serem compreensão, paciência, amor e atenção em todos os momentos.

À minha família Sousa Leite Vasconcelos de Oliveira Lopes da Silva, por sorrirem nas minhas vitórias e estarem ao meu lado nas dificuldades.

Aos meus amigos da turma MDMA 2016-2018, pelos ensinamentos e momentos partilhados, que eles possam ser repetidos muitas vezes.

Aos professores do PRODEMA, por dedicarem seu tempo e paciência para nos fazer olhar o mundo de maneira diferente e nos preparar para fazê-lo melhor.

Em especial, aos professores Giovana Mira, Denis Barros e Marcos Lira, que se dedicaram para que eu pudesse agregar o máximo de valor a esta pesquisa, concedendo-me parte do seu conhecimento e tempo, mesmo diante de tantos compromissos.

Ao amigo Willer Luciano, por ajudar a melhorar este trabalho com sua paciência e conselhos.

À Coordenação de Manutenção Patrimonial da UFPI, setor em que trabalho, pelo apoio prestado e pelos exemplos na busca de melhoria da capacitação.

À UFPI, pelo apoio e fornecimentos de dados, sem os quais esta pesquisa não seria possível.

Enfim, a todos que acompanharam a realização desta dissertação e que contribuíram, mesmo que indiretamente, para que este sonho fosse concretizado.

*“A teoria sem a prática vira 'verbalismo',
assim como a prática sem teoria, vira ativismo.
No entanto, quando se une a prática com a teoria tem-se a
práxis, a ação criadora e modificadora da realidade”*

Paulo Freire

RESUMO

A sustentabilidade deve ser buscada por todas as organizações, principalmente pelas Instituições de Ensino Superior (IES), em razão de seu grande alcance e influência sobre a sociedade e o mercado de trabalho. Uma delas é a Universidade Federal do Piauí (UFPI), onde se verificou que as ações voltadas ao desenvolvimento sustentável ainda são tímidas na área de gestão, embora já estejam presentes no ensino, pesquisa e extensão. Entre os pontos de melhoria, estão os voltados ao consumo de energia, avaliável pelos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (RTQ-C), ferramenta já consolidada e que foca na melhoria da infraestrutura das edificações mas sem considerar o uso dos ambientes. Este trabalho tem, assim, como objetivo geral desenvolver um índice que considere o uso do ambiente na avaliação da eficiência energética de salas de aula de IES, utilizando a UFPI como objeto de estudo. Para tanto, levantou-se as legislações vigentes que exigem a aplicação de eficiência energética em instituições de ensino; elaborou-se a Taxa de Utilização das Salas de Aula (TUSA), ferramenta que compara o tempo de uso com o de disponibilidade das salas, e desenvolveu-se o Indicador de Uso do Ambiente (IUA), que avalia a ocupação das salas a partir da quantidade de usuários. A partir da relação deste último com a eficiência energética dos sistemas de iluminação e climatização das salas, criou-se o Índice de Consumo Médio Relativo de Energia (ICMRE), o qual permite que as IES classifiquem as eficiências energética e de ocupação de suas salas. Além disso, definiu-se uma amostra probabilística das salas de aula da UFPI com 95% de precisão e estratificada por Centro de Ensino, na qual foram coletados dados que permitiram validar os indicadores e índice criados por sala, Centro e para a IES como um todo. Identificou-se baixos índices de eficiência com o ICMRE, com grande influência do IUA, refletindo a necessidade de serem executadas ações que visem a melhoria do índice de eficiência energética da IES. Sugeriu-se então, intervenções nas salas de aula utilizando como base as que apresentaram o melhor e o pior ICMRE, as quais permitiriam uma redução estimada de até 17% na energia consumida nas salas e de 718,86 kg na emissão de dióxido de carbono resultante da geração e consumo de eletricidade, além de uma redução de até 60% no consumo *per capita*. Propôs-se, então, que estes indicadores e índice sejam inseridos nos Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS) e no Sistema Acadêmico das IES, para que possam ser acompanhados pela comunidade acadêmica, visando melhorar os índices de sustentabilidade das instituições e minimizar os impactos socioambientais resultantes do uso da energia.

Palavras-Chave: Gestão energética, Gestão ambiental, RTQ-C, Uso do ambiente, Universidade

ABSTRACT

Sustainability should be sought by all organizations, especially by Higher Education Institutions (HEIs), because of their great reach and influence in society and the labor market. One of them is the Federal University of Piauí (UFPI), where it was verified that actions aimed at sustainable development are still timid in the area of management, although they are already present in teaching, research and extension. Among the points of improvement are the energy consumption targets, which can be evaluated by the Technical Quality Requirements for the Energy Efficiency Level of Commercial, Service and Public Buildings (RTQ-C), an already consolidated tool that focuses on the improvement of infrastructure of buildings but without considering the use of environments. Thus, this work has as general objective to develop an index that considers the use of space in the evaluation of the energy efficiency of IES classrooms, using the UFPI as object of study. In order to do so, the current legislations that require the application of energy efficiency in educational institutions; the Classroom Utilization Rate (TUSA) was elaborated, a tool that allowed comparing the time of use with the availability of classrooms and the Space Use Indicator (IUA) was developed, which evaluates the occupation of classrooms based on the number of users. Based on the latter's relationship with the energy efficiency of the rooms' lighting and air conditioning systems, the Relative Average Energy Consumption Index (ICMRE) was created, which allows the HEIs to classify the energy and occupancy efficiencies of their rooms. In addition, a probabilistic sample of the UFPI classrooms was defined with 95% accuracy and stratified by the Teaching Center, in which data were collected to validate the indicators and index created by the classroom, the Center and the HEI as a whole. Low efficiency indexes were identified with the ICMRE, with great influence of the IUA, reflecting the need to carry out actions aimed at improving the energy efficiency index of HEI. Interventions in the classrooms were based on those that presented the best and the worst ICMRE, which would allow an estimated reduction of up to 17% in the energy consumed in the rooms and 718.86 kg in the emission of carbon dioxide resulting from the generation and consumption of electricity, in addition to a reduction of up to 60% in per capita consumption. It was then proposed that these indicators and index be inserted in the Sustainable Logistics Management Plans (PLS) and in the Academic System of HEIs, so that they can be accompanied by the academic community, aiming at improving the sustainability indexes of institutions and minimizing the socio-environmental impacts resulting from the use of energy.

Keywords: Energy management, Environmental management, RTQ-C, Space use, University

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Programa e legislações que tratam de sustentabilidade em IESF	20
Figura 2: Instituições de Ensino Superior Federais existentes no Brasil em 2017.....	22
Figura 3: Programa e Legislações que tratam de eficiência energética em Instituições Federais	24
Figura 4: População brasileira estimada.....	28
Figura 5: Comparação da quantidade de IESF e de PLS por estado	30
Figura 6: Boas práticas para gestão energética sugeridas pela IN nº 10/2012 e encontradas nos PLS publicados	31
Figura 7: Pré-requisitos do sistema de iluminação eficiente	38
Figura 8: Limite máximo aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido em salas de aula – Método das atividades do edifício	40
Figura 9: Critérios adotados pelo INMETRO para classificação dos condicionadores de ar tipo <i>split</i> piso-teto	42
Figura 10: Quantidade de vagas por curso do CMPP em 2016.2.....	60
Figura 11: Quantidade média semestral de disciplinas ministradas em cada sala de aula da UFPI	63
Figura 12: TUSA's médias da UFPI.....	64
Figura 13: Etiquetagem dos sistemas de iluminação das salas de aula da UFPI.....	65
Figura 14: Etiquetagem dos sistemas de iluminação das salas de aula da UFPI por Centro de Ensino	66
Figura 15: Etiquetagem dos sistemas de refrigeração das salas de aula da UFPI.....	67
Figura 16: Etiquetagem dos sistemas de climatização das salas de aula da UFPI por Centro de Ensino	68
Figura 17: Etiquetagem Parcial das salas de aula da UFPI – Sistemas de Iluminação e Climatização	68
Figura 18: Etiquetagem Parcial das salas de aula da UFPI por Centro de Ensino	69
Figura 19: Indicador de Ocupação 1 – Média de alunos matriculados por período na UFPI ..	71
Figura 20: Indicador de Ocupação 2 – Variação na quantidade de alunos matriculados por sala de aula - UFPI.....	72
Figura 21: Classificação das salas de aula com base no Indicador de Uso do Ambiente – UFPI	74
Figura 22: Classificação das salas de aula com base no uso do ambiente – UFPI.....	75
Figura 23: Avaliação Intercentro dos Equivalentes Numéricos da UFPI.....	76
Figura 24: Avaliação Geral dos Equivalentes Numéricos da UFPI	77
Figura 25: Classificação das salas de aula da UFPI com base no ICMRE.....	78
Figura 26: Comparação entre a ENCE Parcial e o ICMRE das salas de aula da UFPI.....	79
Figura 27: Classificação das salas de aula com base no ICMRE por Centro – UFPI	79
Figura 28: Avaliação Intercentro ICMRE e da ENCE Parcial da UFPI.....	80
Figura 29: Avaliação das salas com pior e melhor ICMRE	82
Figura 30: Sistema de Iluminação da Sala 5A do CCN	83
Figura 31: Sistema de Iluminação da Sala 428 do CCE.....	83

Figura 32: Posição da tela de projeção nas salas	84
Figura 33: Etiqueta de lâmpada LED adquirida pela UFPI.....	85
Figura 34: ENCE dos <i>splits</i> da sala 5A	87
Figura 35: Quantidade de alunos por disciplina nas salas de aula.....	92
Figura 36: Capacidade das salas de aula	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação das Instituições de Ensino Superior no Brasil.....	21
Quadro 2: Indicadores sugeridos na IN 10/2012 para o eixo Energia Elétrica	33
Quadro 3: Combinações de métodos de avaliação para obtenção da ENCE Geral.....	36
Quadro 4: Tese e Dissertações do PRODEMA-Piauí que tratam sobre sustentabilidade na UFPI	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Instituições de Ensino Superior Federais existentes no Brasil em 2017	27
Tabela 2: Planos de Gestão de Logística Sustentável em IESF catalogados junto à CISAP ...	29
Tabela 3: Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência	35
Tabela 4: Classificação Geral da Edificação	37
Tabela 5: Critérios de controle para os Níveis de Eficiência da iluminação em Universidades	39
Tabela 6: Distribuição da Amostra por Centro de Ensino.....	51
Tabela 7: Infraestrutura física resumida da UFPI.....	58
Tabela 8: Salas de aula da UFPI.....	59
Tabela 9: Variáveis de uso do ambiente analisadas nas salas de aula da UFPI	70
Tabela 10: Salas de aula da UFPI com inconformidades nos indicadores de ocupação	73
Tabela 11: Classificação do IUA com seu Equivalente Numérico	74
Tabela 12: Dados das salas com pior e melhor ICMRE.....	81
Tabela 13: Redução estimada com sistema de iluminação proposto	86
Tabela 14: Redução estimada com sistema de condicionamento de ar proposto.....	87
Tabela 15: Comparação de consumos <i>per capita</i>	89

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A3P	Agenda Ambiental da Administração Pública
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área útil dos ambientes condicionados
ANC	Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada
APT	Área útil dos ambientes de permanência transitória
AU	Área útil
BCCB	Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castelo Branco
BEN	Balço Energético Nacional
CAFS	Campus Amílcar Ferreira Sobral
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CCE	Centro de Ciências da Educação
CCE-CCHL	Engate entre CCE e CCHL
CCHL	Centro de Ciências Humanas e Letras
CCN	Ciências da Natureza
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CEAD	Centro de Educação à Distância
CEE	Coefficiente de Eficiência Energética
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CEPEL	Centro de Pesquisa Energética
CEPLS	Comissão de Elaboração de Plano de Logística Sustentável
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CI-I	Centro Integrado I
CI-II	Centro Integrado II
CI-III	Centro Integrado III
CISAP	Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública
CMPP	<i>Campus</i> Ministro Petrônio Portela
CMRV	Campus Ministro Reis Velloso
COP	Coefficiente de Performance
CPCE	<i>Campus</i> Prof ^a Cinobelina Elvas

CSHNB	<i>Campus</i> Senador Helvídio Nunes de Barros
CT	Centro de Tecnologia
CTT	Colégio Técnico de Teresina
DDMA	Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente
DPI	Densidade de Potência Instalada
EaD	Educação à Distância
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EqNum	Equivalente Numérico
EqNumCA	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar
EqNumDPI	Equivalente numérico do sistema de iluminação
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória
EqNumOc	Equivalente Numérico de Ocupação
EqNumV	Equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente
e-Sic	Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão
FUFPI	Fundação Universidade Federal do Piauí
HU	Hospital Universitário
HVU	Hospital Veterinário Universitário
I (Sm)	Valor normalizado do indicador de ocupação da sala
I1 (Sm)	Indicador normalizado da média de alunos matriculados nas disciplinas em cada período
I2 (Sm)	Indicador normalizado da maior variação na quantidade de alunos matriculados por sala em um mesmo período.
ICMRE	Índice de Consumo Médio Relativo de Energia
IES	Instituições de Ensino Superior
IESF	Instituições de Ensino Superior Federais
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IFSuldeMinas	Instituto Federal de Educação do Sul de Minas Gerais
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial
IRA	Índice de Risco Ambiental

IUA	Indicador de Uso do Ambiente
kWh	Quilowatt-hora
MDMA	Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MPOG	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
P3E	Programa para a Eficiência Energética em Edifícios
PARFOR	Plano Nacional de Formação do Professor da Educação Básica
PBE/INMETRO	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCI	Programa de Capacitação Interna
PDI	Plano de Desenvolvimento Institucional
PLS	Plano de Gestão de Logística Sustentável
POC	Percentual de horas Ocupadas em Conforto
PREUNI	Prefeitura Universitária
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Procel - EPP	Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos
PRODEMA	Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
PROPLAN-UFPI	Pró-Reitoria de Planejamento da UFPI
PT	Pontuação total alcançada pelo edifício
QCD	Quantidade com dados
QT	Quantidade Total
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas
S3E	Simulador de Eficiência Energética em Edifícios
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas
Sm	Sala de aula da amostra

TROPEN	Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste
TUSA	Taxa de Utilização das Salas de Aula
UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz
UESPI	Universidade Estadual do Piauí
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourado
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRR	Universidade Federal de Roraima
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UN DESD	Década da Educação das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USC	Universidade do Sagrado Coração
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	EXIGÊNCIA LEGAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS	19
2.1	Planos de Logística Sustentável em Instituições de Ensino Superior.....	26
3	REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS (RTQ-C).....	35
3.1	Sistemas de Iluminação pelo RTQ-C.....	38
3.2	Sistemas de Condicionamento de ar pelo RTQ-C	41
4	METODOLOGIA.....	45
4.1	Desenvolvimento do Índice	45
4.2	Definição da amostra	48
5	OBJETO DE ESTUDO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ.....	53
5.1	A Instituição e a abordagem da sustentabilidade em seus documentos oficiais..	53
5.2	Sustentabilidade no ensino e pesquisa da UFPI.....	55
5.3	Estrutura Física	58
6	DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SALAS DE AULA DE IES	63
6.1	Avaliação das salas de aula da UFPI	63
6.2	Índice de Consumo Médio Relativo de Energia – ICMRE	77
6.3	Avaliação das salas que registraram os valores extremos de ICMRE	80
6.4	Sugestão de melhorias a serem aplicadas nas IES com base no ICMRE	90
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICE A: Classificação dos Planos de Ação de Energia Elétrica quanto ao cumprimento da IN 10/2012-MPOG	105
	ANEXO I – Dados do Plano de Gestão de Logística Sustentável proposto para a UFPI.....	107

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável pode ser entendido como um modo de ser e de viver que concilie as atitudes humanas com as limitações da natureza e com as necessidades das gerações atuais e futuras, sendo um conjunto de processos e ações que devem ser pensados em uma perspectiva global, mas executados também a níveis nacionais, regionais e locais, permitindo que todo o planeta possa crescer igualmente sem que uma parte evolua à custa do prejuízo de outras (BOFF, 2017). Assim, este desenvolvimento remete ao melhor uso do meio ambiente, com o foco principal no bem-estar humano a curto e longo prazo, o qual só é possível com o acesso aos recursos naturais. Por isso, deve-se fazer a gestão adequada da natureza e do que ela fornece para que as necessidades e liberdades humanas sejam garantidas para todas as gerações, começando pela atual e em todos os países.

Para guiar essa gestão, em 2015, foi definida a Agenda 2030, um plano de ação composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas a serem buscadas nos 15 anos subsequentes. Embora o compromisso tenha sido firmado pelos governos dos países, para que o desenvolvimento almejado seja alcançado, todos devem engajar-se, sejam autoridades ou instituições, de setor privado ou público, sociedade civil ou comunidade científica e acadêmica (UN, 2015). Assim, é necessário sensibilizar a população quanto à importância do desenvolvimento sustentável e uma ferramenta importante para isso é a educação, uma vez que a formação educacional é um dos fatores que mais influem para a valorização da sustentabilidade pelas pessoas, mais do que a condição socioeconômica (DE SILVA e POWNALL, 2014; CARVALHO *et al.*, 2017).

A educação ambiental é o instrumento principal para desenvolver uma nova consciência, baseada em dimensões éticas e que deixe clara a responsabilidade do homem com a preservação do ambiente (SILVA e CENCI, 2015). Mas ela só será consistente se levar em conta o meio onde será aplicada, o público-alvo e suas necessidades sociais, econômicas e ecológicas, adequando-se às diferentes realidades e relacionando-se intrinsecamente com a cultura local (REIS *et al.*, 2012; SILVA e CENCI, 2015).

Nesse contexto, as instituições de ensino tem um importante papel, pois devem formar cidadãos multiplicadores e engajados no desenvolvimento sustentável de forma democrática, socializando conhecimentos entre toda a comunidade, buscando promover atitudes e valores para o desenvolvimento de uma dinâmica socioambiental que relacione as necessidades globais e locais (REIS *et al.*, 2012). Assim, as instituições precisam integrar a cultura local à educação, alertando a comunidade sobre a realidade que as envolve na busca

de identificar as necessidades e as soluções para saná-las, bem como sendo exemplo de sustentabilidade ambiental para toda a comunidade.

Mesmo sendo importante em todas as etapas da educação, nas Instituições de Ensino Superior (IES) esses exemplos devem ser ainda mais notáveis, uma vez que são locais de qualificação dos cidadãos que irão atuar nas mais diversas áreas do mercado de trabalho, onde devem implementar inovações que visem o desenvolvimento sustentável, sendo necessário mais do que a pura competência técnica. Ademais, em 2016, mais de oito milhões de matrículas foram registradas nos cursos de graduação em instituições de ensino superior no Brasil (INEP, 2017), o que indica a extensão do potencial de alcance das IES.

Neiva *et al.* (2015), entretanto, constataram que, mesmo sendo poucos ainda os estudos que relacionam universidades e sustentabilidade, há uma fragilidade ou ausência de políticas de incentivo ao desenvolvimento sustentável, além de uma baixa adesão por parte dos tomadores de decisão e resistência por parte dos professores e acadêmicos, talvez por não entenderem a importância do assunto ou a sua responsabilidade em mudar isso. Além de inserir a sustentabilidade ambiental nos planos das disciplinas como um tema transversal, uma das medidas para o desenvolvimento sustentável em IES é avaliar o consumo de insumos (tais como energia, água, materiais, transportes, etc.), os quais, quando verificada a necessidade, devem ter seus padrões modificados. Isto condiz com o modelo de gestão gerencialista (modelo pós-burocrático de organização baseado em valores de eficiência, eficácia e competitividade), apontado por Melo *et al.* (2012) como ideal para as universidades.

Ao avaliar as atividades e insumos de IES multicampi, Senna *et al.* (2014) levantaram seus aspectos e impactos ambientais, verificando que a falta de manutenção do sistema elétrico da instituição é a sua principal causa potencial de impactos ambientais. Embora não tenham avaliado as salas de aula, em todos os espaços estudados (salas de professores, banheiros, salas de estudo, biblioteca, etc.) levantou-se vários aspectos e os que apresentaram maior Índice de Risco Ambiental (IRA) foram os relativos à energia.

A energia é um insumo indispensável à infraestrutura de qualquer modelo de desenvolvimento atual, sendo necessária para execução de atividades de trabalho ou lazer, inclusive nas IES. Entretanto, para que seja consumida, gera impactos desde a sua geração até seu uso, contribuindo, por exemplo, com o aquecimento global. A produção de eletricidade e calor são responsáveis por 24% das emissões de gases de efeito estufa, os transportes respondem por 14% e outras energias por 11% (IPCC, 2015); somados, correspondem a 49% das emissões, o que torna a energia o principal fator para as mudanças climáticas.

Por isso, o acesso a ela de modo sustentável, confiável, moderno e economicamente viável a todos é essencial e possível através do aumento da participação de energias renováveis na matriz energética mundial e da melhoria dos índices de eficiência energética (UN, 2015). Enquanto a primeira dessas medidas visa mitigar os impactos de geração e transmissão da energia, a eficiência energética tem como objetivo diminuir o seu uso sem impactar na qualidade do serviço ou produto fornecido.

No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE/INMETRO) tem contribuído com a eficiência na utilização de energia no país, sobretudo com a etiquetagem de equipamentos elétricos a partir da publicação da Lei de Eficiência Energética em 2001 (CEPEL, 2015). Desde 2009, essa certificação também pode ser atribuída a edificações comerciais, de serviço e públicas no Brasil, sendo compulsória desde junho de 2014 a imóveis construídos ou adaptados com recursos públicos federais para exercício de atividade administrativa ou para a prestação de serviços públicos. Silva *et al.* (2015) destacam que, até abril de 2015, existiam apenas 84 Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCE) de Projeto e 41 ENCE de Execução no Brasil. Este número é relativamente baixo se comparado com número de edificações comerciais, públicas e de serviços que foram construídas ou reformadas entre 2009 e 2015.

Para a etiquetagem das edificações, são utilizados os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), publicados inicialmente em 2009 pelo Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), especificando a classificação do nível de eficiência que pode ser geral (toda a edificação) ou parcial (uma parcela da edificação), conforme as metodologias descritas, dividida em três sistemas individuais: Envoltória (planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, como as paredes, tetos e pisos), Sistema de Iluminação e Sistema de Condicionamento de Ar (aquecimento, resfriamento ou ventilação) (INMETRO, 2010). Deste modo, o atendimento aos critérios de eficiência energética deve ser considerado tanto na construção de novas edificações quanto em suas ampliações ou reformas.

Mesmo com a baixa eficácia do PBE/INMETRO na certificação de edificações, os parâmetros estabelecidos pelo programa são apontados como referência para a avaliação dos seus índices de eficiência energética. Entretanto, esses Requisitos Técnicos de Qualidade consideram apenas aspectos de infraestrutura, sem avaliar se o dimensionamento do ambiente está adequado à quantidade de usuários. Este é um aspecto importante, uma vez que os ambientes são projetados para uma quantidade de ocupantes, sendo dimensionada uma

infraestrutura compatível. Mas se o número de pessoas que usa o local for inferior ao previsto, a quantidade de energia consumida não é maior do que a necessária?

Assim, o problema científico dessa pesquisa é: o atendimento ao RTQ-C é suficiente para avaliar a eficiência energética nas salas de aula das IES? A hipótese é que esta eficiência será melhor avaliada se também forem considerados indicadores relativos ao uso do ambiente. Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um índice que considere o uso do ambiente na avaliação da eficiência energética de salas de aula de IES, utilizando a Universidade Federal do Piauí (UFPI) como objeto de estudo. Como objetivos específicos, tem-se:

1. Caracterizar a gestão ambiental e energética da UFPI definida em documentos oficiais;
2. Avaliar os índices de eficiência energética das salas de aula do objeto de estudo a partir do RTQ-C;
3. Calcular o consumo energético relativo das salas de aula desta universidade, desenvolvendo um índice para a eficiência energética em salas de aula de IES que considere os fatores de uso do ambiente; e
4. Sugerir ações para melhor aproveitamento da energia nas instalações existentes e futuras da Instituição.

Para tanto, este trabalho traz em seu Capítulo 2 o levantamento das legislações que tratam sobre a eficiência energética em IES públicas federais no Brasil, permitindo uma visualização de como este tema vem sendo cobrado destes órgãos, com foco nos Planos de Gestão de Logística Sustentável, ferramentas obrigatórias a estas instituições. Já no Capítulo 3, é apresentado o RTQ-C, normativo utilizado para etiquetagem das edificações e cujo enriquecimento é objetivo desta pesquisa.

No Capítulo 4 é descrita a metodologia utilizada para a pesquisa dividida no desenvolvimento do índice e a definição da amostra, enquanto o Capítulo 5 retrata a Universidade Federal do Piauí, objeto de estudo escolhido, salientando-se sua estrutura e como a sustentabilidade ambiental é abordada na IES. O Capítulo 6, por sua vez, apresenta o desenvolvimento do índice de eficiência energética, os resultados alcançados e as sugestões de melhorias propostas com a inserção do produto da pesquisa. Por fim, no Capítulo 7, são elencadas as considerações finais resultantes da dissertação, destacando a importância do índice e indicadores criados a partir desta pesquisa e que podem contribuir significativamente com a gestão da eficiência energética em Instituições de Ensino Superior.

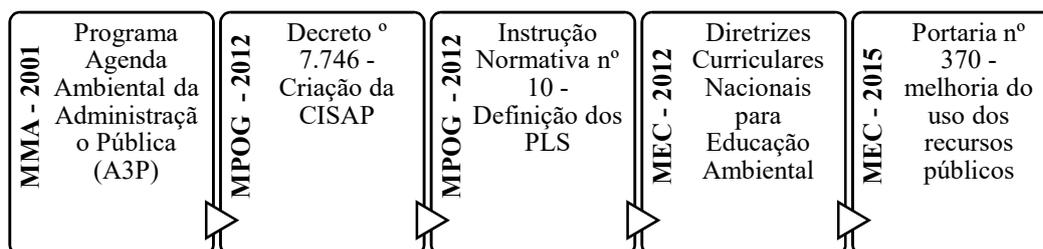
2 EXIGÊNCIA LEGAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR BRASILEIRAS

Na Agenda 21, primeiro protocolo de ação em prol da sustentabilidade a nível internacional, resultado da Conferência das Nações Unidas Rio-92, foram estabelecidos princípios orientando que todas as organizações devem possuir um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de forma a garantir um desempenho ambiental aceitável. Entende-se SGA como sendo um processo contínuo e parte do sistema de gestão das organizações, utilizado para desenvolver e implantar sua política ambiental, de forma a garantir resultados aceitáveis da gestão sobre seus aspectos ambientais (ADISI *et al.* 2013). Nesta Conferência, foi publicada também a série de Normas ISO 14000, com o objetivo de orientar as empresas em geral a elaborarem seus Sistemas de Gestão Ambiental para minimizar os impactos que causam no meio ambiente.

O último protocolo para sustentabilidade publicado pela ONU, já em 2015, é a Agenda 2030, onde a importância da sustentabilidade nas instituições é abordada principalmente no 12º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável - “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” -, que determina que as empresas sejam incentivadas a inserir o tema em suas práticas e informar as ações em seus relatórios, bem como que sejam promovidas as compras públicas sustentáveis (UN, 2015).

Em consonância, a adoção de práticas sustentáveis tem sido cada vez mais solicitada das instituições públicas, inclusive pelo Governo Federal, através de legislações como as exemplificadas na Figura 1, que devem ser adotadas pelas Instituições de Ensino Superior Federais (IESF). A primeira delas é o Programa Agenda Ambiental na Administração Pública, conhecido como A3P, criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2001, com o objetivo de, nas instituições da administração pública, rever os padrões de produção e consumo, adotar novos referenciais de sustentabilidade ambiental e sensibilizar os servidores quanto a essa questão, estimulando a reflexão e mudança de atitudes para incorporar práticas de gestão socioambiental em suas atividades do dia-a-dia (MMA, 2009).

Figura 1: Programa e legislações que tratam de sustentabilidade em IESF



Fonte: Elaborada pela autora

Já em 2012, foi publicado o Decreto nº 7.746, de 05 de junho de 2012, que estabelece "critérios, práticas e diretrizes gerais para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável por meio das contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes" (BRASIL, 2012). Deste modo, o desenvolvimento sustentável passou a ser um dos princípios exigidos nas licitações da administração pública federal, devendo ser definida no instrumento convocatório.

Este decreto determina a criação da Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP), responsável pela proposição de critérios, práticas e ações de logística sustentável nas instituições abrangidas pelo documento, as quais devem ainda elaborar e implementar os Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS). Estes são ferramentas que devem orientar para uma melhor gestão dos bens, materiais e serviços da instituição, através do estabelecimento de metas, responsabilidades, métodos e avaliação do plano, bem como da divulgação, conscientização e capacitação dos servidores (BRASIL, 2012).

Para a criação dos PLS, foram definidas regras publicadas na Instrução Normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012 (terceira legislação da Figura 1), como a composição mínima do Plano e a definição dos sete temas obrigatórios a serem abordados nas práticas de sustentabilidade ambiental e de racionalização do uso de materiais e serviços. Os sete temas são: materiais de consumo, energia elétrica, água e esgoto, coleta seletiva, qualidade de vida no ambiente de trabalho, compras e contratações sustentáveis e deslocamento de pessoal, englobando assim diversas áreas da organização e exigindo a participação de todos os servidores (MPOG, 2012). Para tanto, a Instrução sugere algumas boas práticas que podem ser adotadas, bem como indicadores para acompanhamento dos resultados.

Considerando que as IESF são vinculadas à administração pública, os PLS também passaram a ser obrigatórios para elas. Cabe destacar que a Agenda 2030 tem também

como meta o fortalecimento das capacidades científicas e tecnológicas visando melhorar os padrões de produção e consumo, assim como o desenvolvimento e implementação de ferramentas de controle dos impactos do desenvolvimento sustentável para o turismo sustentável (UN, 2015). Esses são objetivos que precisam de interseção da educação para serem implementados, principalmente nas áreas de pesquisa desenvolvidas pelas instituições de ensino superior. No Brasil, as IES são classificadas conforme descrito no Quadro 1.

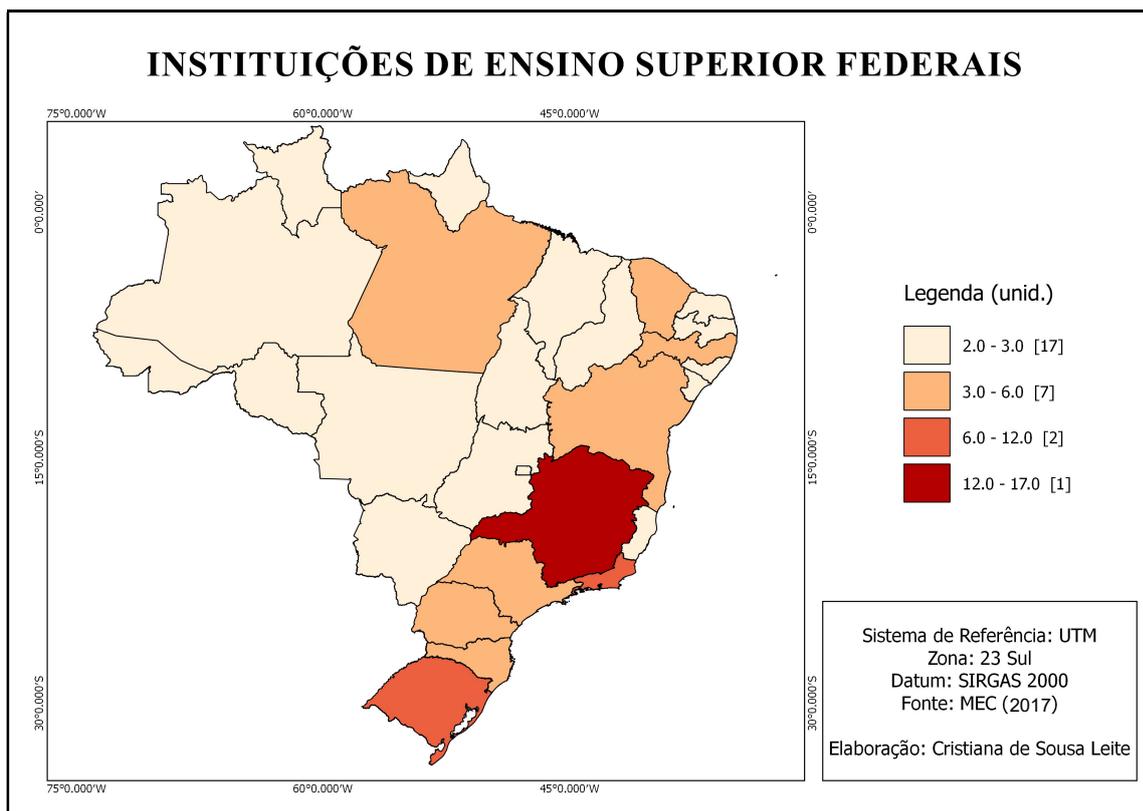
Quadro 1: Classificação das Instituições de Ensino Superior no Brasil

TIPO	ENSINO	CORPO DOCENTE	AUTONOMIA
Centro universitário	Pluricurriculares, abrangem uma ou mais áreas do conhecimento, que se caracteriza pela excelência do ensino oferecido	$\geq 1/3$ de professores com titulação acadêmica de mestrado ou doutorado e $\geq 1/5$ de professores em regime de tempo integral.	Podem criar, organizar e extinguir, em sua sede, cursos e programas de educação superior.
Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET)	Pluricurriculares, especializados na oferta de educação tecnológica (prioritariamente) nos diferentes níveis e modalidades de ensino.	Não especificado	Podem criar, ampliar e remanejar vagas, organizar e extinguir cursos técnicos de nível médio em sua sede.
Faculdade	Atua em um número reduzido de áreas do saber, no qual são especializadas	Devem ter titulação de, no mínimo, pós-graduação lato sensu.	Não possuem autonomia para criar programas de ensino e cursos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia	Instituição de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e multicampi, especializada na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino, com base na conjugação de conhecimentos técnicos e tecnológicos às suas práticas pedagógicas.	Não especificado	Nos limites de sua área de atuação territorial, pode criar e extinguir cursos, bem como registrar diplomas dos cursos que oferece, mediante autorização do seu Conselho Superior. Exercem o papel de instituições acreditadoras e certificadoras de competências profissionais
Universidade	Deve oferecer, obrigatoriamente, atividades de ensino, de pesquisa e de extensão (serviços ou atendimentos à comunidade) em várias áreas do saber.	$\geq 1/3$ de professores com titulação acadêmica de mestrado ou doutorado e $\geq 1/3$ de professores em regime de tempo integral.	Nos limites de sua área de atuação territorial, pode criar e extinguir cursos, bem como registrar diplomas dos cursos que oferece, mediante autorização do seu Conselho Superior. Exercem o papel de instituições acreditadoras e certificadoras de competências profissionais

Fonte: Adaptado de MEC (2014)

De acordo com o Ministério da Educação e Cultura (MEC) (2017), há, atualmente, no Brasil 109 IESF, sendo dois Centros Federais de Educação Tecnológica, seis Faculdades, 38 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e 63 Universidades, distribuídas geograficamente como apresentado na Figura 2. Os dois últimos tipos, existentes em maior quantidade, possuem autonomias semelhantes, mas objetivos de ensino diferentes. Enquanto os Institutos são focados na formação profissional e tecnológica, as Universidades visam o ensino de graduação e pós-graduação através do tripé ensino, pesquisa e extensão. Percebe-se que a maior parte dos estados possui de duas a três IESF, sendo geralmente uma universidade e um instituto. Além disso, há uma concentração das instituições nas regiões Sul e Sudeste, com uma carência maior na região Centro-Oeste, onde nenhum estado possui mais de três IESF.

Figura 2: Instituições de Ensino Superior Federais existentes no Brasil em 2017



Fonte: Elaborada pela autora com dados do Sistema e-MEC (MEC, 2017)

Com as Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental (MEC, 2012), também citadas na Figura 1 e conforme exposto anteriormente, este Ministério orienta que o conhecimento a ser passado pelas IES deve ser inclusive através do exemplo prático dentro das próprias instituições (independente do tipo), com a aplicação da sustentabilidade

em sua gestão. O MEC também resolveu, através da Portaria nº 370 de 16 de abril de 2015 (última legislação citada na Figura 1), que os órgãos e entidades sob sua administração direta e autarquias, empresas públicas e fundações vinculadas a ele deverão integrar esforços para desenvolver ações que visem a melhoria da eficiência no uso racional dos recursos públicos. Estas ações devem objetivar, entre outras coisas, gerenciar melhor os gastos públicos, eliminando desperdícios e melhorando continuamente a gestão dos processos (MEC, 2015). Com esta Portaria, percebe-se o interesse cada vez maior dos órgãos públicos federais no incentivo e prática da sustentabilidade no seu âmbito de atuação, o que estimula a realização dessas ações perante toda a sociedade.

Neiva *et al.* (2015) destacam que as universidades precisam agregar ao currículo de seus cursos a importância dos assuntos relacionados ao meio ambiente, valorizando a união de disciplinas em prol do tema, lembrando que a conscientização de acadêmicos e profissionais é importante por eles serem a base da produção intelectual que irá desenvolver tecnologias para o desenvolvimento, inclusive, sustentável. Ademais, as IES são responsáveis por transformar e integrar as cidades sustentáveis e o desenvolvimento urbano sustentável, ao passo que o conhecimento construído em seu interior é capaz de expandir-se e multiplicar-se para além de seus limites físicos (NEIVA *et al.*, 2015).

Para tanto, as IES precisam inserir em sua rotina práticas sustentáveis, entre as quais se pode destacar as voltadas à eletricidade. Assim como nos demais órgãos do setor público, as IES devem avaliar os processos licitatórios relativos à energia elétrica (obrigatórios para a contratação de obras e serviços de engenharia), analisando a adoção de critérios de sustentabilidade em seus editais e capacitando os profissionais envolvidos nesse processo, conforme orientam Sousa *et al.* (2015). Estas práticas são necessárias porque, como afirma Ó Gallachóir (2007), a operação proficiente do edifício é de extrema importância para a sua eficiência energética, mas é na fase inicial do ciclo de vida que se define o potencial de economia de energia.

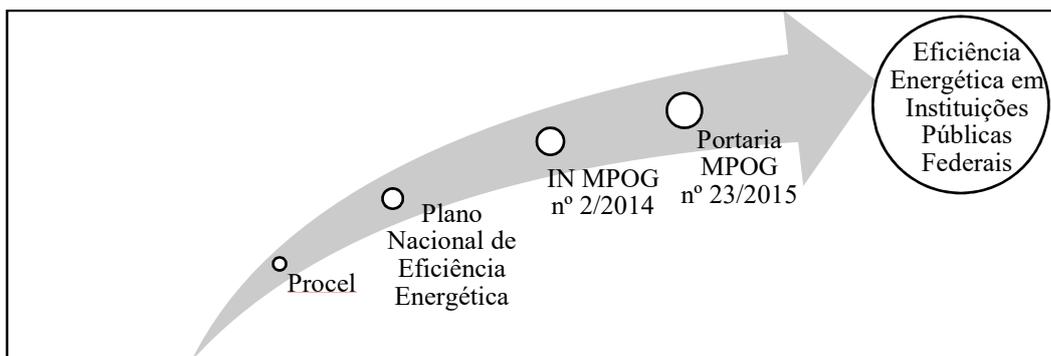
O Balanço Energético Nacional (BEN) publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2017, afirma que as edificações residenciais, comerciais e públicas juntas consumiram cerca de 42,8% da energia produzida no país em 2016 (EPE, 2017). Considerando Lamberts *et al.* (2014), os prédios públicos em geral consomem 48% de sua energia nos sistemas de climatização e 24% nos sistemas de iluminação, sendo o restante da energia consumido através do uso de bombas d'água, elevadores e tomadas de uso geral. Estima-se que as edificações existentes possam ter seu consumo de energia reduzido em 30%

e que, se forem adotadas práticas de eficiência energética a partir dos projetos arquitetônicos, essa economia poderia ser elevada a 50% (LAMBERTS *et al.*, 2014).

A eficiência energética em prédios públicos tem sido tema de programas governamentais e legislações em vários países. Como exemplo, há o Reino Unido com o *Energy Efficiency Accreditation Scheme* (Programa de Certificação em Eficiência Energética), que reconhece a diminuição do uso de energia em organizações; a França com a *Direction Generale de l'Energie et des Matieres Premieres* (Diretoria Geral de Energia e Matérias Primas), responsável por definir as políticas energéticas e elaborar os regulamentos correspondentes; a Alemanha com *Deustsche Energie Agentur* (Agência Alemã de Energia), focada nas questões de eficiência energética, como o Programa “Certificado de Desempenho Energético”; os Estados Unidos, com o *Energy Services Performance Contracts* (Contratos de Desempenho dos Serviços Energéticos), programa que foca na redução do uso de energia nos prédios públicos; e em Portugal, cujo Programa para a Eficiência Energética em Edifícios (P3E) objetiva melhorar a eficiência energética em edificações portuguesas (MME, 2011).

No Brasil, para orientar a adoção da eficiência energética nas instituições públicas federais, foram lançados os programas e normativos apresentados na Figura 3. O primeiro deles é o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), que desde 1985 promove a utilização eficiente deste insumo e busca minimizar seu desperdício através de ações voltadas ao aumento da eficiência de bens e serviços, desenvolvimento de hábitos e propagação de informações referentes ao consumo eficiente da eletricidade com subprogramas voltados a cada setor, tais como equipamentos (Selo Procel), edificações (Procel Edifica) e iluminação pública (Reluz), por exemplo (PROCEL, 2017a). Este programa é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobras (ELETROBRAS, 2016).

Figura 3: Programa e Legislações que tratam de eficiência energética em Instituições Federais



Fonte: Elaborada pela autora

Além disso, o Ministério de Minas e Energia (MME) (2011) publicou o Plano Nacional de Eficiência Energética (Figura 3), que procura orientar as ações para melhorar o uso da energia no país. Com diretrizes para a aplicação nos setores industrial, empresarial, de transporte, educacional, de edificações e iluminação públicas, saneamento e aquecimento de água. O Plano procura estimular as parcerias entre as iniciativas público e privada, bem como com organismos internacionais, para a melhoria dos índices de eficiência energética em todas as áreas. No caso das edificações, destaca o Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos (Procel – EPP), vinculado ao Procel, que procura diminuir os gastos com energia elétrica em edificações públicas, além de melhorar as condições de trabalho e capacitar administradores e servidores destas instituições; e o Projeto Eficiência e Sustentabilidade na Esplanada dos Ministérios, que procura inserir a sustentabilidade e eficiência nos prédios desses organismos, buscando transformá-los em exemplos de sustentabilidade (MME, 2011).

A Figura 3 também mostra a Instrução Normativa nº 2 (MPOG, 2014), de junho de 2014, que orienta às instituições vinculadas à administração pública federal que na aquisição ou locação de equipamentos consumidores de energia, bem como na construção ou reforma de suas edificações, seja exigida a etiqueta A de eficiência energética concedida pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO (PBE/INMETRO). Esta IN é referenciada pela Portaria nº 23/2015 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) (2015) (Figura 3), a qual estabelece boas práticas de gestão e uso de eletricidade e água nestas mesmas instituições e destaca a importância do monitoramento do uso destes insumos através de indicadores que devem constar em seus Planos de Logística Sustentável.

Estes Planos são ferramentas voltadas à sustentabilidade ambiental obrigatórias às instituições públicas federais, sendo que as legislações anteriormente publicadas tinham caráter apenas sugestivo. Mesmo obrigatórios, estes Planos podem ser entendidos como regras tipo *soft law*, que, de acordo com Ferreira (2016), são normas mais flexíveis, sem caráter jurídico, uma vez que criam obrigações que podem ser adotadas paulatinamente, de acordo com a conveniência de cada local, mas que não possuem mecanismos de controle e pressão para que seus fins sejam atingidos. Estes documentos, destacados no tópico seguinte, devem ser elaborados pelas próprias instituições, adequando-se às suas realidades para que possam servir de base para sua gestão ambiental.

2.1 Planos de Logística Sustentável em Instituições de Ensino Superior

Os Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS) são ferramentas de planejamento que visam auxiliar as instituições públicas a inserir a sustentabilidade nas suas atividades, sejam elas de administração ou aquisição de bens e serviços. De acordo com a IN SLTI-MPOG nº 10/2012, cada instituição prevista na Norma deveria ter elaborado e publicado seus PLS no prazo de 180 dias contados a partir da publicação da Instrução (MPOG, 2012), prazo findado em 14 de maio de 2013.

Para as Instituições de Ensino Superior Federais não era diferente. Sendo elas instituições vinculadas à Administração Pública, deveriam atender às exigências da Instrução Normativa e elaborar seus Planos de Logística conforme definido no documento. Destaca-se, ainda, que sua responsabilidade como Espaço Educador Sustentável (MEC, 2012) reforça a necessidade de implantação dos planos conforme o orientado na IN e a aplicação com ações que sirvam de exemplo para toda a comunidade.

Conforme demonstrado na Tabela 1, o Brasil possui 109 Instituições Federais cadastradas junto ao MEC, sendo que 17 estados brasileiros possuem menos de três IES federais em seu território e apenas três estados possuem mais do que seis delas (MEC, 2017). O Estado brasileiro com mais Instituições é Minas Gerais, com 17 IES, sendo 11 Universidades, cinco Institutos Federais e um Centro Federal de Educação Tecnológica. Em seguida, está o Rio de Janeiro com 12 IES, único Estado com os quatro tipos de Instituições, sendo quatro Universidades, dois Institutos Federais, cinco Faculdades e um Centro Federal. Em 12 dos 26 Estados brasileiros e no Distrito Federal há duas IES Federais instaladas, sendo uma Universidade e um Instituto Federal.

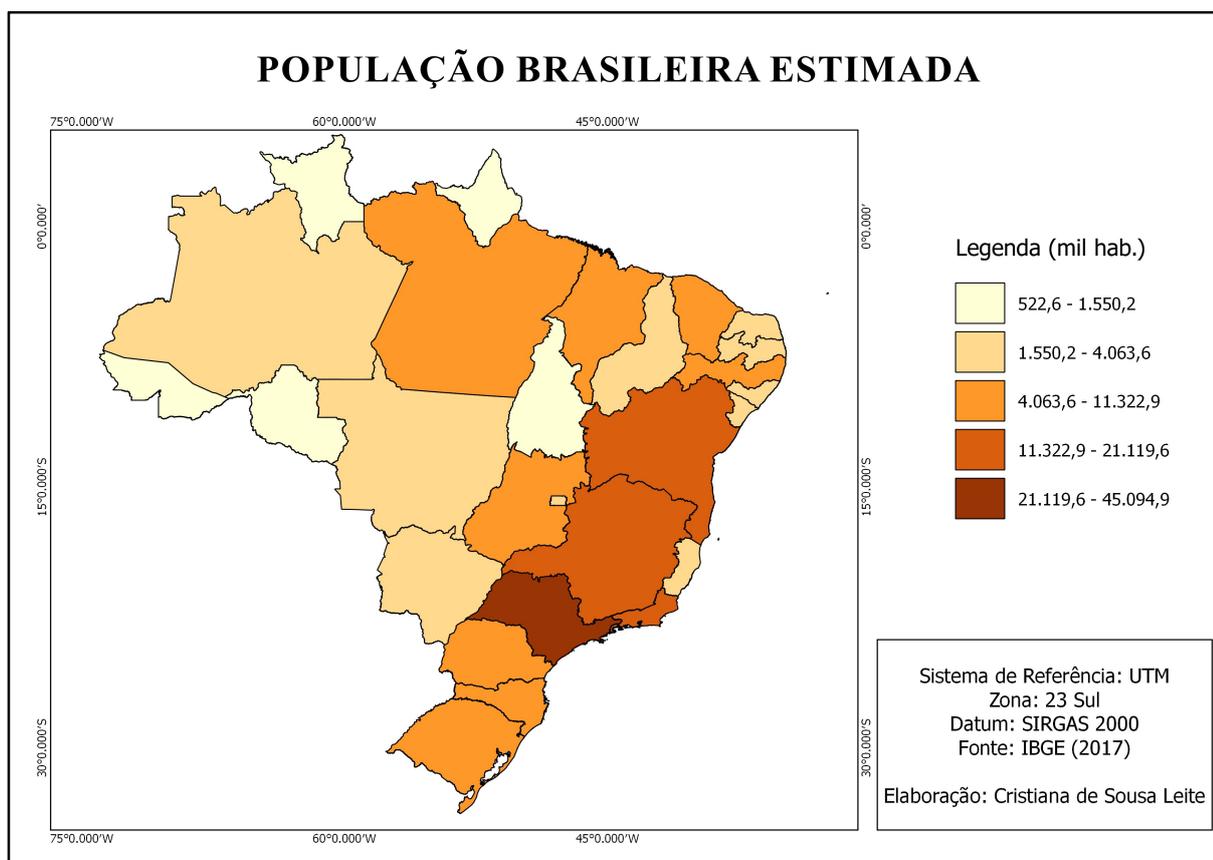
Espera-se que os estados com maior população tenham também a maior quantidade de IESF para atender sua demanda educacional. Mas quando se compara essa distribuição com a quantidade de habitantes (Figura 4), percebe-se que o estado mais populoso, São Paulo, possui apenas cinco instituições, enquanto Minas Gerais, com a maior quantidade de instituições avaliadas, possui uma quantidade mediana de pessoas (MEC, 2017; IBGE, 2017).

Tabela 1: Instituições de Ensino Superior Federais existentes no Brasil em 2017

REGIÃO / Estado	Centro Federal de Educação Tecnológica	Faculdade	Instituto Federal de Educ., Ciência e Tecnologia	Universidade	Total Geral
CENTRO-OESTE			5	5	10
Distrito Federal			1	1	2
Goiás			2	1	3
Mato Grosso do Sul			1	2	3
Mato Grosso			1	1	2
NORDESTE			11	18	29
Alagoas			1	1	2
Bahia			2	4	6
Ceará			1	3	4
Maranhão			1	1	2
Paraíba			1	2	3
Pernambuco			2	3	5
Piauí			1	1	2
Rio Grande do Norte			1	2	3
Sergipe			1	1	2
NORTE			7	10	17
Acre			1	1	2
Amazonas			1	1	2
Amapá			1	1	2
Pará			1	4	5
Rondônia			1	1	2
Roraima			1	1	2
Tocantins			1	1	2
SUDESTE	2	6	9	19	36
Espírito Santo			1	1	2
Minas Gerais	1		5	11	17
Rio de Janeiro	1	5	2	4	12
São Paulo		1	1	3	5
SUL			6	11	17
Paraná			1	3	4
Rio Grande do Sul			3	6	9
Santa Catarina			2	2	4
TOTAL GERAL	2	6	38	63	109

Fonte: Elaborada pela autora com dados do Sistema e-MEC (MEC, 2017)

Figura 4: População brasileira estimada



Fonte: Elaborada pela autora com dados de IBGE (2017)

Todas as IES Federais, assim como os demais órgãos citados na IN SLTI-MPOG nº 10/2012, devem catalogar seus PLS junto à CISAP e esta, por sua vez, disponibiliza os Planos no site de Contratações Públicas Sustentáveis do Ministério do Planejamento (MPOG, 2017). Até novembro/2017, apenas 25 IES, o equivalente a 23,36% das Instituições brasileiras, possuíam seus PLS publicados no site da CISAP, sendo sete Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia e 18 Universidades Federais, correspondendo respectivamente a 18,42% e 28,57% de cada tipo de IES apresentada, como demonstrado na Tabela 2.

Ainda há poucos estudos que relacionam as IESF com os PLS, avaliando-os qualitativa ou quantitativamente. Um deles é o de Sousa *et al* (2014), que afirmam que, em 2014, apenas 25,45% das universidades federais brasileiras credenciadas ao MEC haviam catalogado seus PLS junto à CISAP. Sousa (2016), por sua vez, pesquisou os PLS publicados por Universidades da região Nordeste, encontrando resultados semelhantes (apenas 33,3% das 18 IESF). Esse percentual é um pouco maior que os 27,8% apresentados na Tabela 2, uma vez que esta autora estendeu sua pesquisa aos sites das próprias instituições e questionou, através

do Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-Sic), as IES nordestinas, ampliando sua fonte de pesquisa para além do sítio eletrônico da CISAP.

Tabela 2: Planos de Gestão de Logística Sustentável em IESF catalogados junto à CISAP

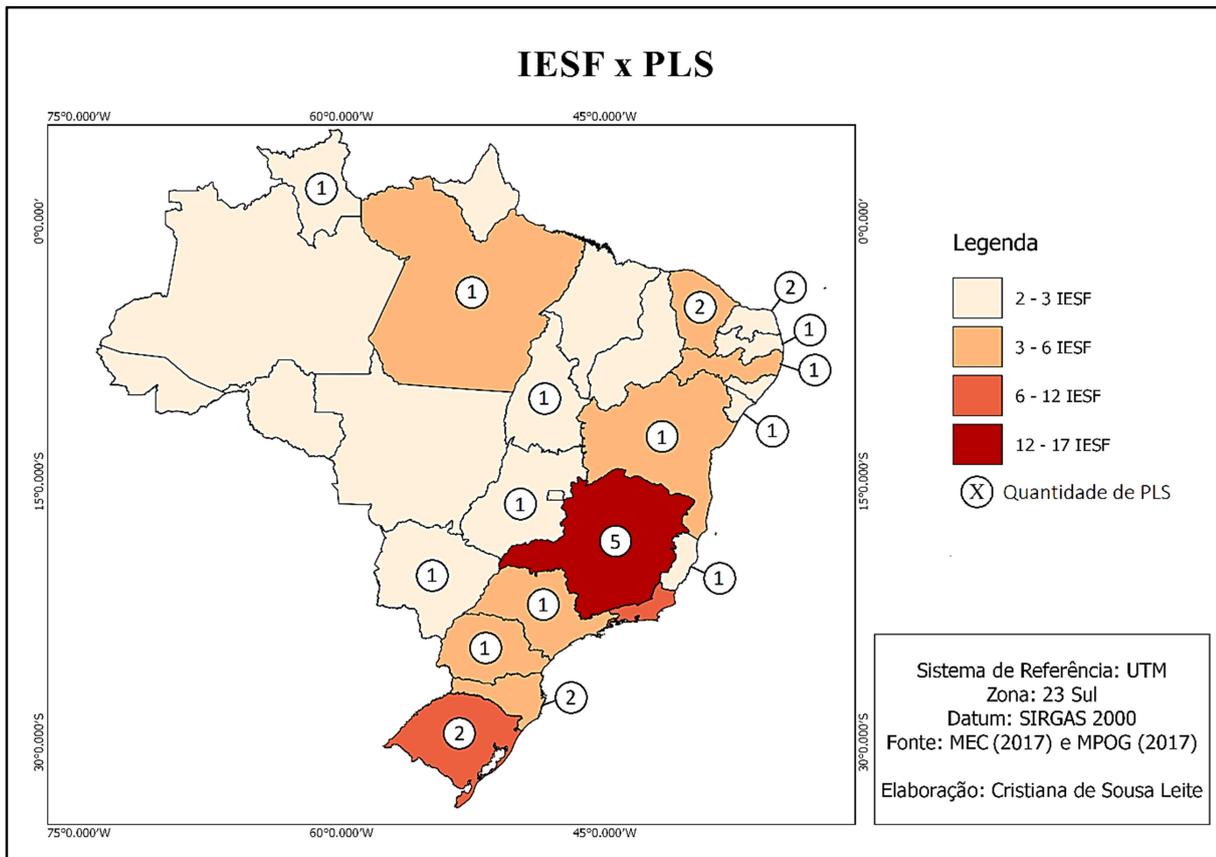
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR (IES)	REGIÃO					TOTAL DE PLS
	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	
Centro Federal de Educação Tecnológica				(0%)		(0%)
Faculdade				(0%)		(0%)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia	(0%)	3 (27,3%)	(0%)	3 (33,3%)	1 (16,7%)	7 (18,42%)
Universidade	3 (60%)	5 (27,8%)	2 (20%)	4 (21,1%)	4 (36,4%)	18 (28,57%)
TOTAL DE PLS	3 (30%)	8 (27,6%)	2 (11,8%)	7 (34%)	5 (29,4%)	25 (23,4%)

Fonte: Elaborada pela autora com dados de MPOG (2017)

Como visto, quatro das cinco regiões tem cerca de 30% de suas IESF com PLS, enquanto na região Norte esse percentual cai para 11,8%. Assim, a realidade constatada para o Nordeste por Sousa (2016) é comum à maior parte do país. Ao focarmos nas Universidades, apenas a região Centro-Oeste tem a maioria de suas instituições com PLS, ao registrar um índice de 60% de publicações junto à CISAP. Considerando que o prazo para elaboração terminou em maio/2013, a quantidade de PLS em todo o país ainda está muito aquém do desejável.

Analisando a nível estadual, verifica-se que apenas 17 estados possuem IES Federais com planos de logística, uma vez que Acre, Alagoas, Amazonas, Amapá, Distrito Federal, Maranhão, Mato Grosso, Piauí, Rio de Janeiro e Rondônia não apresentaram nenhum PLS registrado entre os catalogados na CISAP, conforme exposto na Figura 5. Em consonância com a quantidade de IESF instaladas, Minas Gerais lidera como Estado com maior número de Planos publicados, sendo três de Universidades (27,27% das lá instaladas) e dois de Institutos Federais (40,00% dos existentes no Estado), totalizando cinco instituições das 11 IESF mineiras, o equivalente a 45,45% das IES no estado e 20% dos planos publicados no país.

Figura 5: Comparação da quantidade de IESF e de PLS por estado



Fonte: Elaborada pela autora com dados de MEC (2017) e MPOG (2017)

Estes Planos de Logística devem conter uma estrutura mínima composta por:

- I – atualização do inventário de bens e materiais do órgão ou entidade e identificação de similares de menor impacto ambiental para substituição;
- II – práticas de sustentabilidade e de racionalização do uso de materiais e serviços;
- III – responsabilidades, metodologia de implementação e avaliação do plano; e
- IV – ações de divulgação, conscientização e capacitação.” (BRASIL, 2012, p.3)

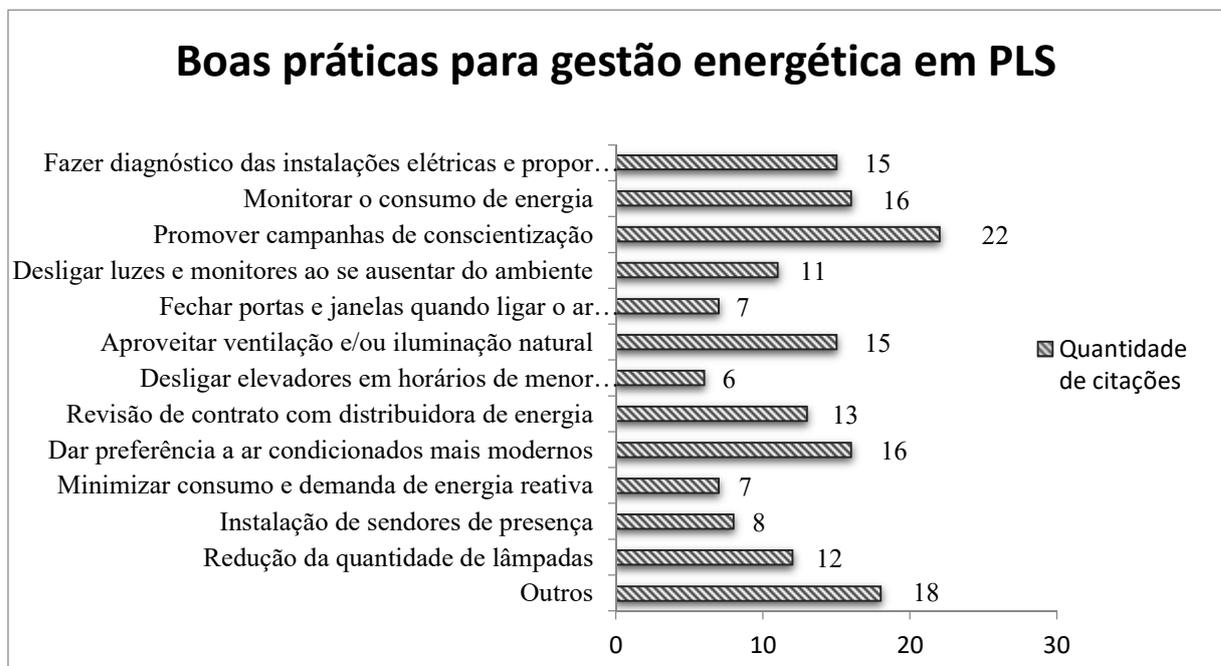
Diante dos objetivos desse trabalho, analisou-se o segundo tópico que, conforme falado anteriormente, deve abranger pelo menos sete eixos temáticos: material de consumo; energia elétrica; água e esgoto; coleta seletiva; qualidade de vida no ambiente de trabalho; compras e contratações sustentáveis; e deslocamento de pessoal (BRASIL, 2012). Para cada um destes temas, devem ser criados Planos de Ação que listem as práticas a serem realizadas em cada âmbito, podendo seguir como base as ações listadas no Anexo II da Norma. Focando na temática energia elétrica, a Instrução sugere doze “boas práticas para a racionalização do consumo” (BRASIL, 2012).

Cabe destacar que estas ações têm caráter sugestivo, já que cada órgão possui características próprias às quais devem ser adaptadas as suas práticas visando melhorar seu desempenho ambiental. Já a estrutura dos Planos de Ação deve ser seguida pela instituição,

independentemente de sua atividade-fim, permitindo uma definição dos meios, prazos e metas para a inserção da sustentabilidade nas suas rotinas.

Verificou-se que todos os 25 PLS pesquisados possuem Plano de Ação voltado à gestão da energia elétrica na Instituição, aspecto ambiental escolhido como foco deste trabalho, com uma média de seis ações listadas, variando de uma a treze ações por Plano estudado. Entre os PLS avaliados, 44% deles listam pelo menos seis das doze práticas sugeridas na IN como ações a serem implementadas na IES e 72% deles apresentando ainda outras práticas a serem executadas em prol da gestão energética sustentável. A “promoção de campanhas de conscientização” foi a prática mais citada nos planos de ação voltados à eletricidade, em 84% deles, como pode ser visto na Figura 6. Em seguida, estão a “preferência, quando da substituição, a aparelhos de ar-condicionado mais modernos e eficientes” e o “Monitoramento do Consumo de energia”, referenciados cada um em 64% dos PLS, e pelas práticas de “Fazer diagnóstico da situação das instalações elétricas e propor as alterações necessárias para redução do consumo” e “Aproveitar as condições naturais do ambiente de trabalho – ventilação, iluminação natural”, mencionados em 60% dos Planos cada um.

Figura 6: Boas práticas para gestão energética sugeridas pela IN nº 10/2012 e encontradas nos PLS publicados



Fonte: Elaborada pela autora com dados de MPOG (2017)

Convém lembrar que a IN não define quantidade mínima de ações a serem executadas, nem mesmo obriga que as que foram sugeridas em seu Anexo II sejam as escolhidas para compor os Planos. Em 18 PLS (72% dos analisados), 12 deles de Universidades, foram citadas práticas de sustentabilidade diferentes das sugeridas pela IN nº 10/2012, como avaliação das manutenções dos aparelhos elétricos, automação da iluminação de áreas externas com o uso de fotocélulas ou temporizadores, instituição da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE/UFPI), divulgação dos horários de aula e atividades em cada sala para melhor planejamento do uso do ar-condicionado, viabilidade de implantação de geração própria, entre outros.

Entretanto, a Instrução deixa claro em seu artigo 9º que, para cada tema, devem ser criados Planos de Ação estruturados em seis tópicos

- “ I - objetivo do Plano de Ação;
- II - detalhamento de implementação das ações;
- III - unidades e áreas envolvidas pela implementação de cada ação e respectivos responsáveis;
- IV - metas a serem alcançadas para cada ação;
- V - cronograma de implantação das ações; e
- VI - previsão de recursos financeiros, humanos, instrumentais, entre outros, necessários para a implementação das ações.” (BRASIL, 2012, p.4)

Considerando-se esta obrigatoriedade e tendo como base o modelo apresentado por Arantes *et al.* (2014), verificou-se os Planos de Ação de Energia Elétrica contidos nos PLS pesquisados e chegou-se ao resultado exposto no Apêndice A. Como pode ser visto, apenas o Plano de Ação da Universidade Federal de Roraima (UFRR) atende plenamente todos os tópicos exigidos pela IN, enquanto outras quatro instituições atendem pelo menos parcialmente a estrutura definida na Instrução. Já o PLS da Universidade do Sagrado Coração (USC) não atende nenhum dos tópicos definidos para os Planos de Ação.

Outro ponto determinado na Instrução Normativa é que os resultados alcançados com a execução dos Planos sejam aferidos semestralmente a partir de indicadores também sugeridos na IN e publicados a cada seis meses no site dos respectivos órgãos ou entidades e a cada ano em relatório de acompanhamento do PLS, o qual deve ainda ser enviado eletronicamente à Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP) (BRASIL, 2012). Esses indicadores já devem constar no próprio PLS da Instituição, mas Carvalho (2016) identificou que os Planos nem sempre os trazem de forma clara para permitir o controle e avaliação periódicos.

Para energia elétrica, por exemplo, a IN sugere sete indicadores, todos com apuração mensal e cinco deles com apuração anual concomitante, como apresentado no Quadro 2. Percebe-se que dois deles baseiam-se no consumo de energia em kWh, outros três

no gasto com eletricidade em reais e os dois restantes comparam a demanda registrada com a contratada, sendo medido em percentual.

Quadro 2: Indicadores sugeridos na IN 10/2012 para o eixo Energia Elétrica

II - ENERGIA ELÉTRICA		
Nome do Indicador	Descrição	Apuração
Consumo de energia elétrica	Quantidade de kWh consumidos	Mensal e anual
Consumo de energia elétrica per capita	Quantidade de kWh consumidos / total de servidores	Mensal e anual
Gasto com energia	Valor da fatura em reais (R\$)	Mensal e anual
Gasto com energia per capita	Valor da fatura em reais (R\$) / pessoal total	Mensal e anual
Adequação do contrato de demanda (fora de ponta)	Demanda registrada fora de ponta / Demanda contratada fora de ponta (%)	Mensal
Adequação do contrato de demanda (ponta)	Demanda registrada ponta / Demanda contratada ponta (%)	Mensal
Gasto com energia pela área	R\$ / área total	Mensal e anual

Fonte: BRASIL (2012)

Ademais, o segundo e o quarto indicador fazem avaliação *per capita*, comparando o consumo e o gasto com energia com a quantidade de usuários do ambiente. Nas instituições de ensino superior federais, essa comparação de forma geral pode ser facilitada em função do registro do número de matrículas, mas na realidade não refletem o dinamismo da ocupação dos ambientes, sobretudo salas de aula e laboratórios. Na Universidade Federal do Piauí (UFPI), por exemplo, onde em uma mesma sala são ministradas disciplinas diferentes com quantidades de alunos diversas, a aplicação direta desses indicadores *per capita* torna-se inadequada, sendo necessária utilização de outra forma de medição que considere a natureza da atividade exercida no local e que permita comparar o consumo de insumos previsto para o local e o realmente utilizado. Carvalho (2016) destaca que os indicadores devem ser adequados ao contexto de cada organização, a fim de representar adequadamente os seus processos e minimizar as leituras errôneas.

O uso de indicadores é indispensável ao gerenciamento dos eixos dos Planos, uma vez que não é possível gerenciar o que não é medido. Entretanto, como pode ser visto no Apêndice A, 20 dos 25 PLS encontrados foram criados em 2013, três em 2014, um em 2015 e um não foi informada a data. Após essas publicações, anualmente as Instituições deveriam enviar seus relatórios de acompanhamento, mas apenas quatro delas (o equivalente a 16% das IES) o fizeram, sendo elas: Instituto Federal de Educação do Sul de Minas Gerais

(IFSuldeMinas), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), cujos PLS foram criados em 2013 e Universidade Federal da Grande Dourado (UFGD), cujo plano data de 2014.

Verificou-se, ainda, que a IN 10/2012 do MPOG, mesmo sendo obrigatória, não determina sanções para as instituições que não a cumprem parcial ou integralmente. Deste modo, as 82 instituições de ensino superior federais, correspondentes a 76,6% das existentes, que até o momento não publicaram seu Plano de Gestão de Logística Sustentável ou mesmo as IES que elaboraram mas que não deram continuidade aos seus PLS devem sofrer cobrança formal da execução da IN ou sanções, administrativas ou não, pela ausência dos Planos e de seus relatórios de acompanhamento. Afinal, mesmo diante da flexibilidade percebida nestes Planos e seu desprovimento de caráter coercitivo, devem haver mecanismos de controle e pressão para que seus objetivos sejam atingidos (FERREIRA, 2016).

Ademais, devem ser criados programas de capacitação dos servidores públicos que levem à mudança de comportamento através de uma reflexão crítica sobre os impactos ambientais de suas atividades (SOUSA *et al.*, 2014). Assim, as universidades terão melhores condições de implantar seus PLS, elevar seus índices ambientais e transformar suas realidades, servindo ainda como exemplo a toda a comunidade.

3 REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS (RTQ-C)

Quando se trata de edificações públicas federais (construídas ou adaptadas com recursos públicos federais para prestação de serviços públicos ou realização de atividades administrativas), sejam elas novas ou que recebam *retrofit* (processo de modernização de um equipamento, processo ou serviço), desde 2014, é obrigatório que sejam adequadas para receber classificação A na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (MPOG 2014). Esta etiqueta é emitida pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro (PBE/INMETRO) com informações sobre o desempenho de máquinas e equipamentos que consomem energia e, desde 2009, também para edificações (CEPEL, 2015), nas quais devem ser atendidos os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), cuja última versão válida é a da Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010 (INMETRO, 2010), ou os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, apresentados pela Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012 (INMETRO, 2012), ambos elaborados pelo INMETRO.

O RTQ-C, destacado nesse trabalho em função do seu objeto de estudo, é um regulamento que define quais medidas devem ser adotadas nas edificações comerciais, de serviços e públicas, bem como os métodos para classificação desses prédios, com objetivo de permitir a etiquetagem do seu nível de eficiência energética (INMETRO, 2010). A sua classificação é dividida em três sistemas – envoltória, iluminação e condicionamento de ar –, que são avaliados individualmente em níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) para E (menos eficiente), aos quais correspondem um número de pontos que retratam a eficiência do sistema, também chamados de equivalentes numéricos, conforme exposto na Tabela 3 (INMETRO, 2010).

Tabela 3: Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: INMETRO (2010)

As etiquetas podem ser emitidas de modo Parcial, referente a apenas um ou dois sistemas, ou Geral, com avaliação dos três sistemas. Além disso, os sistemas de iluminação e condicionamento de ar podem ser avaliados na edificação completa ou apenas de uma parte (pavimento(s) ou conjunto de ambientes); ao contrário da envoltória, que só é avaliada para toda a edificação, mesmo que a ENCE desejada seja a parcial (INMETRO, 2010). A obtenção da ENCE Geral, para uma parte do edifício ou todo ele, é possível através de uma das combinações das avaliações parciais apresentadas em cada uma das linhas do Quadro 3:

Quadro 3: Combinações de métodos de avaliação para obtenção da ENCE Geral

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

Fonte: INMETRO (2010)

Cabe destacar que o método de simulação é a avaliação termo-energética do edifício com auxílio de *software*, enquanto o prescritivo baseia-se em análises de regressão (INMETRO, 2010). O RTQ-C não aponta qual *software* deve ser usado para simulação, mas determina as suas características mínimas e o que deve conter os arquivos climáticos que utilizará para a avaliação. Já existem *softwares* para a etiquetagem de edificação baseados na regulamentação do INMETRO, como é o caso do S3E (Simulador de Eficiência Energética em edifícios), desenvolvido por Lopes *et al.* (2014), semelhante à *Energy Plus Example File Generator*, ferramenta existente nos Estados Unidos.

Ademais, a classificação geral do edifício é feita a partir da soma ponderada das avaliações parciais dos sistemas através da Equação 1, onde é atribuído peso de 30% para a envoltória, de 30% para os sistemas de iluminação e de 40% para o sistema de condicionamento de ar (INMETRO, 2010). A pontuação total alcançada pelo edifício (PT) define a classificação geral da edificação seguindo os parâmetros definidos na Tabela 4. Percebe-se que além destes sistemas, o RTQ-C exige a avaliação da ventilação natural do ambiente (EqNumV), obrigatória para edifícios sem condicionamento de ar artificial ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas. Este dado é obtido com base no

Percentual de horas Ocupadas em Conforto (POC), calculado através de método de simulação.

$$PT = 0,30 \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30(EqNumDPI) + \\ + 0,40 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1 \quad (1)$$

Onde: PT: pontuação total alcançada pelo edifício;

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 ventilados 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 (disponível para a ocupação) da edificação;

b: pontuação, que varia de zero a um, obtida pelas bonificações (resultantes de iniciativas – tais como sistemas que racionalizam água, adoção de fontes renováveis de energia ou de sistemas de cogeração – por exemplo, que sejam justificadas e com economia comprovada). (INMETRO, 2010)

Tabela 4: Classificação Geral da Edificação

PT	Classificação Final
$\geq 4,5$ a 5	A
$\geq 3,5$ a $< 4,5$	B
$\geq 2,5$ a $< 3,5$	C
$\geq 1,5$ a $< 2,5$	D
$< 1,5$	E

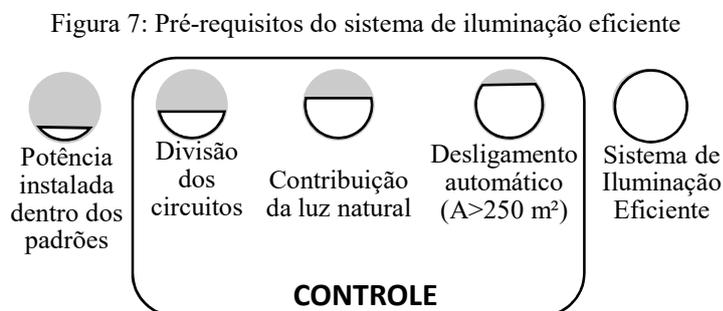
Fonte: INMETRO (2010)

Concomitantemente a esta avaliação, em caso de etiquetagem geral da edificação, analisa-se o atendimento a dois pré-requisitos mínimos: possuir circuitos elétricos separados por uso final ou equipamento que possibilite a medição separada por uso final e, nas edificações em que o uso de água quente representa 10% ou mais do consumo de energia, comprovar que a demanda de água quente é atendida por sistema que não faça uso de eletricidade, bem como isolar adequadamente as suas tubulações (INMETRO, 2010).

Melo *et al.* (2012) comprovam em seus estudos que o desenvolvimento do RTQ-C no Brasil é um instrumento importante para garantir a eficiência energética dos edifícios futuros no país, no entanto, enfatiza a necessidade de um modelo simplificado mais preciso e eficiente para o cálculo do consumo de energia utilizada no processo de etiquetagem. Neste trabalho, não será calculada a ENCE Geral das edificações, pois objetiva avaliar as salas de aula de IES, que embora seja apenas parte da edificação, é parcela significativa devido a atividade fim da instituição. Deste modo, serão avaliados os sistemas de iluminação e climatização desses ambientes, partindo dos requisitos técnicos definidos pelo INMETRO, detalhados nos itens 3.1 e 3.2.

3.1 Sistemas de Iluminação pelo RTQ-C

A avaliação dos sistemas de iluminação das edificações pelo RTQ-C é feita a partir da Densidade de Potência Instalada (DPI) e, assim como na etiquetagem geral, do atendimento a três pré-requisitos relacionados ao controle desse sistema, como demonstrado na Figura 7.



Fonte: LEITE *et al.* (2015)

A “Divisão dos circuitos” refere-se à exigência de controle manual do sistema de iluminação independente por ambiente, instalado em local acessível e que permita a

visualização de todo o sistema controlado. Se esta última condição não for possível, pode ser utilizada uma representação gráfica para sinalizar ao usuário a situação de acionamento (ligado ou desligado) da iluminação. Além disso, em ambientes com área entre 250 m² e 1.000 m², devem ser instalados controles independentes para cada área de 250 m² e para ambientes com área superior a 1.000 m², deve haver um dispositivo de comando (controle independente) para cada 1.000 m² (INMETRO, 2010).

Já o requisito de “Contribuição de luz natural” define que, sempre que possível, deve ser garantido o aproveitamento da luz natural proveniente de aberturas para áreas externas a partir da utilização de um controle, manual ou automático, independente para a fileira de luminárias mais próximas a estas. E o último pré-requisito, “Desligamento automático do sistema de iluminação”, é aplicável apenas a ambientes com área maior que 250 m², onde a iluminação deve ser controlada automaticamente permitindo seu desligamento em horários pré-determinados ou através de sensores. Caso o ambiente possua área inferior a 250 m², considera-se que o pré-requisito foi atendido, mesmo que não possua sistema com desligamento automático (INMETRO, 2010).

A classificação do sistema de iluminação a partir desses pré-requisitos segue os padrões demonstrados na Tabela 5, onde “X” representa a exigência em cada um dos níveis e “O” representa a não exigência (SILVA, *et al.*, 2017).

Tabela 5: Critérios de controle para os Níveis de Eficiência da iluminação em Universidades

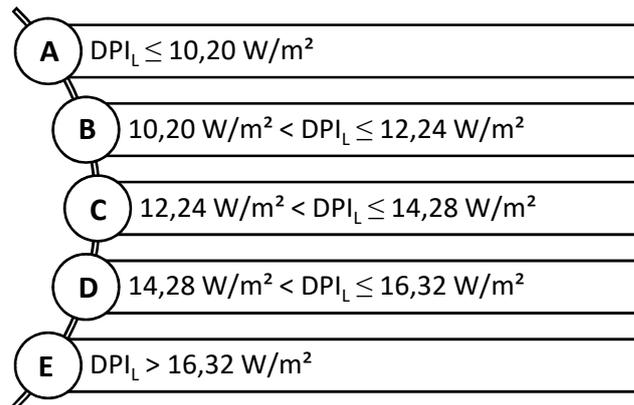
ETIQUETA	DIVISÃO DOS CIRCUITOS	CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL	DESLIGAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
NÍVEL A	X	X	X
NÍVEL B	X	X	O
NÍVEL C	X	O	O
NÍVEL D	O	O	O

Fonte: SILVA *et al.* (2017)

Como dito, concomitante a essas análises, deve ser feita a avaliação da DPI, para a qual o RTQ-C define valores limites para os espaços internos dos edifícios e correspondentes a cada nível de eficiência (de A a E). Esta densidade é calculada através da divisão da potência do sistema de iluminação (lâmpadas e reatores) pela área do ambiente com sua classificação podendo ser feita pelo método da área do edifício ou pelo método das atividades do edifício. O primeiro só é aplicável para a edificação como um todo, pois avalia de forma conjunta a iluminação de todos os ambientes atribuindo um único valor a todo o sistema. Em

contrapartida, quando este recurso não é aplicável, pode-se usar o método das atividades do edifício, que avalia os ambientes individualmente. Por isso, adotou-se o último procedimento para este trabalho, definindo os limites de DPI para as salas de aula das IES conforme parâmetros expressos na Figura 8 (INMETRO, 2010):

Figura 8: Limite máximo aceitável de Densidade de Potência de Iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido em salas de aula – Método das atividades do edifício



Fonte: Elaborada pela autora com dados de INMETRO (2010)

Esta densidade reflete a carga instalada no ambiente ao considerar a potência dos equipamentos existentes no local, baseando-se apenas na demanda, em watts (W), e não no consumo, em quilowatt-hora (kWh), grandeza que reflete também o tempo de utilização. Assim como os pré-requisitos citados, a DPI também não considera a quantidade de usuários do local, o que avaliaria a utilização do espaço e se as instalações estão adequadas a quantidade de pessoas que fazem uso dela.

Cabe destacar ainda que além do RTQ-C, deve ser atendida a NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que trata da iluminação de ambientes de trabalho e determina, entre outros fatores, a iluminância mínima a ser adotada para cada tipo de atividade a ser exercida (ABNT, 2013). Essa exigência é reforçada pela Norma Regulamentadora Nº 17 (NR-17) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que determina que a iluminação geral dos ambientes deve obedecer aos níveis de iluminamento mínimos definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (MTE, 2015).

Para salas de aula noturnas ou cujos alunos são adultos, é definida uma iluminância mínima de 500 lux (ABNT, 2013). De acordo com Creder (2016), este valor é calculado a partir da Equação 2, refletindo a densidade superficial de fluxo luminoso recebido:

$$Iluminância (lux) = \frac{\text{fluxo luminoso (lm)}}{\text{área (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Sabendo que as lâmpadas trazem em sua ficha técnica a informação de fluxo luminoso que emitem e com base na Equação 2, pode-se estimar o valor mínimo do fluxo luminoso a ser exigido para aquisição desses equipamentos através da Equação 3:

$$\text{Fluxo luminoso por lâmpada (lm)} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Iluminância (lux)}}{\text{Quantidade de lâmpadas do local}} \quad (3)$$

3.2 Sistemas de Condicionamento de ar pelo RTQ-C

Os sistemas de condicionamento de ar também devem atender a pré-requisitos, a serem avaliados por ambiente e referentes a isolamento térmico para dutos de ar e condicionamento de ar por aquecimento artificial (INMETRO, 2010), ambos não aplicáveis aos componentes estudados neste trabalho. Ademais, o regulamento (INMETRO, 2010) define que a eficiência desses sistemas deve ser conhecida, seja através da etiquetagem do INMETRO, obrigatória para condicionadores de ar dos tipos janela e *split*, seja através de testes determinados no RTQ-C de acordo com o tipo e especificação do equipamento quando não forem etiquetados.

Para os equipamentos avaliados pelo INMETRO (condicionadores de ar tipo *split* e janela), deve ser usada a última versão da classificação da ENCE expressa nas tabelas do PBE/INMETRO para identificar o Equivalente Numérico do sistema de condicionamento de ar (EqNumCA), conforme valores associados na Tabela 01. Para este trabalho, a classificação dos sistemas de condicionamento de ar foi feita com base na etiquetagem do INMETRO, uma vez que os equipamentos instalados na IES são do tipo janela ou *split*.

O PBE/INMETRO publica as classificações dos equipamentos de condicionamento de ar divididas pelo tipo de equipamento e forma de instalação: janela, *split* cassete, *split hi-wall* (de parede) e *split* piso-teto. Para cada produto é calculado um Coeficiente de Eficiência Energética (CEE) ou Coeficiente de Performance (COP), parâmetro que relaciona a capacidade de remoção de calor do ambiente com a potência elétrica requerida pelo equipamento, a partir da Equação 4, sendo adimensional e com valor diretamente proporcional ao rendimento do condicionador de ar (CEPEL, 2015). Nas planilhas do INMETRO, entretanto, possui a unidade de medida W/W, conforme exemplo apresentado na

Figura 9, referente aos critérios adotados para a classificação de condicionadores de ar tipo *split* piso-teto, atualizada em 05 de maio de 2017 (INMETRO, 2017).

$$CEE = COP = \frac{\text{Potência Útil}}{\text{Potência Demandada}} \quad (4)$$

Figura 9: Critérios adotados pelo INMETRO para classificação dos condicionadores de ar tipo *split* piso-teto

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia				Critérios 2016			
Selo PROCEL de Economia de Energia							
CONDICIONADORES DE AR SPLIT PISO-TETO						Data atualização: 5/5/2017	
Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)			Split Piso-Teto			
				Rotação Fixa		Rotação Variável	
A	3,23	<CEE		29	7,8%	4	16,7%
B	3,02	<CEE≤	3,23	57	15,4%	17	70,8%
C	2,81	<CEE≤	3,02	164	44,2%	3	12,5%
D	2,60	≤CEE≤	2,81	121	32,6%	0	0,0%
				371 un	24 un		

Fonte: INMETRO (2017)

O RTQ-C define ainda que, se houver sistemas de condicionamento de ar independentes entre si na edificação, o nível de eficiência deve ser calculado pela média ponderada dos níveis de cada sistema, adotando como peso as respectivas capacidades instaladas de cada um (INMETRO, 2010). Novamente, o regulamento considera apenas a demanda instalada nas edificações, sem considerar se o uso do ambiente está compatível com a quantidade de usuários do espaço.

Esta observação é importante para a garantia do conforto no ambiente, ainda mais em locais onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constante, para as quais o Ministério do Trabalho e Emprego, através da NR 17 (MTE, 2015), determina que a temperatura efetiva seja entre 20°C e 23°C e que a velocidade do ar não supere 0,75 m/s. Por isso, assim como definido por Silva *et al.* (2017), os sistemas de condicionamento de ar para refrigeração dos ambientes são indispensáveis as salas de aula de IESF piauienses, dado que a temperatura local pode ultrapassar os 45°C nos meses mais quentes do ano.

Esses dois fatores (quantidade de ocupantes e temperatura do ambiente) influenciam no desempenho dos sistemas de condicionamento de ar, uma vez que interferem na quantidade de calor existente no local a ser resfriado. A norma da ABNT voltada a sistemas de climatização aborda apenas os sistemas com mais de 10 kW de potência, entre os quais os do nosso objeto de estudo não se enquadram, mas há fabricantes e vendedores desses equipamentos que disponibilizam em seus sites dicas de como dimensionar o condicionador de ar adequado a cada ambiente. Em geral, sugerem que sejam considerados o tamanho (em m²) do local a ser refrigerado, a quantidade de usuários adicionais (ou seja, desconsiderando o primeiro usuário) e de aparelhos eletrônicos previstos para o local; para cada um desses fatores, são previstos 600 BTUs de capacidade do equipamento a ser instalado, podendo ser adotado o valor de 800 BTUs em ambientes com incidência direta do sol e localizados em regiões quentes (LEROY MERLIN, 2014). Esses cálculos podem ser representados pela Equação 5, servindo para orientar o dimensionamento de sistemas de pequeno porte.

$$BTU = (A + P + E) \times c \quad (5)$$

onde: BTU – capacidade do condicionador de ar, em BTU/h;

A – área do ambiente em metros quadrados (m²);

P – quantidade de usuários adicionais do ambiente, ou seja, total previsto menos um;

E – número de equipamentos eletrônicos; e

c – capacidade de refrigeração por fator, igual a 600 BTU ou 800 BTU, sendo este último valor aplicável a ambientes com incidência direta de sol e/ou localizados em regiões quentes do país.

Percebe-se, assim, que a quantidade de usuários no ambiente tem relação direta com a capacidade do sistema de refrigeração a ser implantado nas salas de aula. Considerando que, para equipamentos como mesmo nível de eficiência, quanto maior a capacidade em BTU/h, maior é a potência do equipamento em W e, conseqüentemente, maior seu consumo de energia, de modo que o dimensionamento correto do sistema é importante para o gerenciamento energético, sendo necessário compatibilizar o número de pessoas previstas com o de reais usuários do local.

4 METODOLOGIA

4.1 Desenvolvimento do Índice

Após buscar as legislações vigentes (leis, decretos, instruções normativas, etc.), referentes à exigência legal da adoção de critérios relacionados à eficiência energética em Instituições de Ensino Superior, e levantar as boas práticas de gestão do uso de energia elétrica nas IES federais do Brasil previstas em seus Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS), caracterizou-se a Universidade Federal do Piauí (UFPI), bem como sua gestão energética a partir da análise de documentos oficiais, tais como seu Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), obrigatório para as IES federais desde 2004 (BRASIL, 2006), os Relatórios de Gestão emitidos anualmente para prestação de contas junto ao Tribunal de Contas da União (TCU) e seu site institucional. Concomitantemente, protocolou-se ofício junto à alta administração do órgão, apresentando o objetivo geral da pesquisa e solicitando acesso aos dados do seu Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), para possibilitar a análise dos fatores de uso do ambiente das salas de aula da instituição.

Para desenvolver o índice que reflete o consumo médio de energia dos sistemas de iluminação e climatização com relação ao uso do ambiente (Índice de Consumo Médio Relativo de Energia - ICMRE), partiu-se de metodologia semelhante à adotada por Kilks (2015) para avaliação do desempenho energético de cidades, lembrando que a quantidade de usuários das IESF remete ao tamanho da população de municípios de pequeno porte. Este autor defende a necessidade de uma abordagem integrada do conjunto de indicadores que impactam no desempenho energético para comparar os valores obtidos em diferentes locais, já que os sistemas de energia podem ser entendidos como sistemas complexos que interagem com ambientes físicos, sociais e ambientais (KILKS, 2015).

Assim, a construção do índice deu-se em cinco etapas: definição dos indicadores, determinação da amostra, coleta de dados, normalização e agregação de valor aos dados para um índice composto (KILKS, 2015). Para a primeira etapa, analisou-se as informações obtidas no SIGAA, definindo quais dos fatores de uso do ambiente são mais relevantes dentre os apresentados para serem indicadores de ocupação.

Posteriormente, definiu-se uma amostra probabilística estratificada por centro (95% de precisão) das salas de aula do *Campus* Ministro Petrônio Portela (CMPP) da UFPI (conforme detalhado no item 4.2), escolhido por ser o maior, mais antigo e a sede da

instituição. Todas as salas sorteadas foram visitadas uma vez durante a pesquisa, ocasião em que foram realizados registros fotográficos do ambiente (entrada, paredes e equipamentos dos sistemas de iluminação e climatização instalados), coleta de suas dimensões (largura e comprimento) e caracterização de seus consumos energéticos, com foco no levantamento da demanda instalada nos sistemas de iluminação e climatização, responsáveis por aproximadamente 72% do consumo energético em prédios públicos (LAMBERTS *et al.*, 2014). A partir desses dados coletados, avaliou-se os índices de eficiência energética de cada sala referente a estes dois sistemas, a partir dos indicadores padronizados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (INMETRO, 2010).

Para tanto, calculou-se a DPI de cada sala e verificou-se o atendimento aos pré-requisitos do sistema de iluminação, bem como a ENCE individual dos aparelhos que compõem os sistemas de condicionamento de ar das salas de aula. Mesmo para os equipamentos que possuíam ENCE ainda colada à sua carcaça, buscou-se a última avaliação publicada na página eletrônica do INMETRO (2017), conforme orientado no RTQ-C (INMETRO, 2010). Quando o modelo instalado não era identificado na tabela atualizada do PBE/INMETRO mas o equipamento possuía, colada à sua carcaça, a ENCE da época de sua aquisição, identificou-se o Coeficiente de Eficiência Energética (CEE) presente na etiqueta, a partir do qual se verificou o índice correspondente pela última tabela do INMETRO. Quando não foi possível identificar a ENCE antiga ou atual, adotou-se a classificação de ar condicionado similar, dando preferência aos de mesma capacidade de refrigeração (BTU/h) e marca avaliados pelo INMETRO.

Calculou-se também a capacidade de alunos de cada sala com base na sua área, conforme parâmetro definido na NBR 9077/2001: população de uma pessoa por 1,5 m² de área (ABNT, 2001). Esta norma trata do cálculo de saídas de emergência em edifícios e determina que este é o parâmetro mínimo para instituições de ensino, devendo ser considerados ainda outros projetos específicos que estipulem quantidade de assentos, por exemplo, mas sempre adotando os valores mais exigentes dos normativos aplicáveis, para garantir a segurança dos usuários. Para salas de aula, o Fundo de Fortalecimento da Escola (FUNDESCOLA, 2002), vinculado ao MEC, publicou uma orientação para projetos de adequação ou construção de novas edificações escolares de nível fundamental, que recomenda uma área útil mínima por aluno igual a 1,15 m² em unidades já existentes e igual a 1,32 m² em novas escolas, além de uma ocupação média de 36 alunos e 1 professor por ambiente. Como

estes valores são inferiores aos definidos pela ABNT e na falta de outra norma direcionada a instituições de ensino superior, adotou-se a área mínima de 1,5 m² por pessoa, apresentada na NBR 9077/2001.

Para a etapa de normalização dos dados de ocupação, utilizou-se o método Min-Max, que se baseia no intervalo real dos valores no conjunto de dados, tornando os dados comparáveis entre si ao serem enquadrados em um intervalo idêntico. Para o primeiro indicador, utilizou-se a Equação 6, que normaliza as entradas de dados em uma função crescente, e, para o segundo indicador, adotou-se a Equação 7, que se diferencia da Equação 6 por ser uma função decrescente, ou seja, com os valores menores sendo os desejáveis. Ambas as equações resultam em valor variável de zero a um (KILKS, 2015), de modo que o valor normalizado um é o almejado nos dois casos.

$$I(S_m) = \frac{i(S_m) - \min(i)}{\max(i) - \min(i)} \quad (6)$$

$$I(S_m) = \frac{i(S_m) - \max(i)}{\min(i) - \max(i)} \quad (7)$$

onde: $I(S_m)$ – valor normalizado do indicador de ocupação da sala;

S_m – sala de aula da amostra, com m variando de 0 ao tamanho da amostra;

i – valor real calculado para o indicador de ocupação;

$\max(i)$ – valor máximo que o indicador pode assumir; e

$\min(i)$ – valor mínimo que o indicador pode assumir.

Com estes indicadores definidos e normalizados, calculou-se uma média aritmética para representar o uso do ambiente, criando o Indicador de Uso do Ambiente (IUA). A este, bem como aos indicadores que avaliam os sistemas de iluminação e climatização, agregou-se pesos, permitindo uma soma ponderada que resulte no índice composto por sala que considere a avaliação dos três fatores. Com o índice consolidado, estabeleceu-se os cinco níveis de classificação de eficiência energética (A, B, C, D e E), semelhante aos adotados pelo INMETRO (2010) e seguindo os mesmos parâmetros adotados por este para classificação geral das edificações, conforme mostrado na Tabela 4.

Seguindo as orientações do RTQ-C, dimensionou-se sistemas de iluminação e climatização com índice de eficiência energética A pelo INMETRO para as salas que apresentaram o melhor e o pior ICMRE na IES e, com base na demanda de energia prevista para estes sistemas, calculou-se o ICMRE das salas com a aplicação dessas orientações,

considerando um índice ótimo de uso do ambiente em cada uma delas. Elaborou-se uma metodologia para planejamento da construção de novas salas de aula com estrutura física adequada à demanda da universidade para efficientização do seu consumo de energia e apresentou-se sugestões de melhoria das salas de aula existentes.

4.2 Definição da amostra

Após solicitação feita à UFPI, a IES forneceu três arquivos, com os seguintes dados:

- I. Identificação de 180 salas de aula de 11 Centros de Ensino do CMPP usadas pela COPESE em concursos;
- II. Levantamento de 121 salas de aula dos centros CCHL, CCE, Engate CCE-CCHL, CT, CCN e Setor de Esportes, com as dimensões dos ambientes; e
- III. Planilha com os dados registrados no Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), sistema acadêmico da UFPI, pertinentes a avaliação do uso dos ambientes (quantidade de vagas ofertadas, alunos matriculados, horário de aulas, local de aplicação, entre outros) por disciplina. O arquivo enviado possui dados de todos os centros da UFPI dos anos de 2014 a 2016, totalizando 36.913 registros de disciplinas (NTI/UFPI, 2017).

Procurou-se reunir os dados dos três arquivos a fim de identificar o uso do ambiente das salas de aula do CMPP e estabelecer a população da pesquisa, com auxílio do *software* Microsoft Office Excel 2010, partindo da planilha com os dados do SIGAA (arquivo III) a partir dos seguintes passos:

1. Como o foco do estudo são as salas de aula de graduação do CMPP, desconsiderou-se as disciplinas cujo dado “DEPARTAMENTO (DONO DA DISC.)” era identificado como sendo de outros Campi, do Centro de Educação a Distância (CEAD) ou do Plano Nacional de Formação do Professor da Educação Básica (PARFOR);
2. Desconsiderou-se as disciplinas cujo campo LOCAL possui dados que não permitem a identificação da sala de aula designada para ministrar a disciplina, tais como “0”, “9999”, “99999”, “a definir”, apenas o nome do bloco, departamento ou centro, “ver sala na coordenação” e similares;
3. Desconsiderou-se as disciplinas cujo campo LOCAL identificava ambiente de natureza de atividade diferente de sala de aula designada para ministrar a

disciplina, tais como “auditório”, “laboratório”, “clínica”, “ateliê”, “sala do professor” e similares;

4. Desconsiderou-se as disciplinas referentes a orientações de trabalhos de conclusão de cursos, identificadas a partir dos termos: “trabalho de conclusão de curso”, “monografia”, TCC”, bem como as de “Prática de Topografia”.
5. Identificou-se os números das salas na coluna LOCAL e destacou-se em coluna específica para permitir a padronização destes dados;
6. Computou-se as disciplinas de acordo com a quantidade de salas informadas como ambientes para aplicação das aulas. Exemplo: se no local a informação é “salas 215, 216 e 269”, considerou-se a disciplina três vezes, uma para a sala 215, uma para a sala 216 e uma para a sala 269.
7. Identificou-se, por sala, as seguintes variáveis:
 - Quantidade de disciplinas registradas nos 3 anos;
 - Média de disciplinas ministradas por período;
 - Soma das vagas disponibilizadas nas disciplinas nos 3 anos;
 - Quantidade média de vagas disponibilizadas nas disciplinas em cada período;
 - Média de vagas disponibilizadas por disciplina nos 3 anos;
 - Maior quantidade de vagas ofertadas em uma mesma disciplina;
 - Menor quantidade de vagas ofertadas em uma mesma disciplina;
 - Maior variação (valor máximo menos valor mínimo) na quantidade de vagas ofertadas por sala em um mesmo período;
 - Soma da quantidade de matriculados nas disciplinas nos 3 anos;
 - Quantidade média de alunos matriculados nas disciplinas em cada período;
 - Média da quantidade de matriculados por disciplina nos 3 anos;
 - Maior quantidade de alunos matriculados em uma mesma disciplina;
 - Menor quantidade de alunos matriculados em uma mesma disciplina;
 - Maior variação (valor máximo menos valor mínimo) na quantidade de alunos matriculados por sala em um mesmo período;
8. Identificou-se, a partir dos dados contidos nos arquivos I e II, os Centros de Ensino a que pertence e a dimensão em m² de cada sala, desconsiderando-se as

numerações um a sete, porque são identificações comuns ao Espaço Integrado I e ao Setor de Esportes, e as numerações 2A e 2B, porque são comuns ao CTT e ao CCN.

Assim, obteve-se uma tabela com os dados de 276 salas de aula, conforme registro obtido com auxílio dos dados inseridos no SIGAA, sendo que há a identificação do Centro a qual pertence em 156 (56,31%) destas e a dimensão em m² em 112 (40,4%) dos ambientes. A partir desses dados iniciais, fez-se avaliação das variáveis apontadas.

Ademais, definiu-se uma amostra probabilística, quando o processo de sua escolha é aleatório, permitindo maior representatividade da população, e estratificada, já que possui estratos bem definidos e com diferentes realidades: os Centros de Ensino, dentro dos quais aplicou-se amostragem aleatória simples (SILVA, 2011), para melhor representação da IES. Desta forma, embora a população objetivo seja as 289 salas do Campus Ministro Petrônio Portela, por ser o conjunto de todos os elementos que se deseja investigar neste estudo (BUSSAB E MORETTIN, 2013), a identificação do Centro a qual a sala pertence é indispensável para definição da amostra. Por isso, adotou-se a população amostrada como as 156 salas identificadas para a definição da amostra, já que são a parte da população acessível para coleta da amostra (SILVA, 2011).

Para calcular o tamanho de uma amostra, de acordo com Miot (2011), pode-se, partir da Equação 8:

$$n = \frac{N \times \sigma^2 \times (Z_{\alpha/2})^2}{(N-1) \times \varepsilon^2 + \sigma^2 \times (Z_{\alpha/2})^2} \quad (8)$$

onde: n – tamanho da amostra;

N – tamanho da população finita;

σ^2 – variância da população;

$Z_{\alpha/2}$ – valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado; e

ε – erro amostral máximo que pode ser suportado.

Para um grau de confiança de 95% de precisão, adotou-se o valor crítico z_γ igual a 1,96 e o erro amostral ε igual a 5%. Para completar os dados necessários ao cálculo de n , considerou-se como variável dependente a “Média de alunos matriculados por disciplina”, a partir da qual se calculou a variância, com o valor de $\sigma^2 = 64,00$. Assim, obteve-se $n = 76,28$ e considerou-se como amostra o número inteiro imediatamente superior, ou seja, 77 salas de aula. Por ser uma amostra estratificada, calculou-se o percentual de salas de cada centro em

relação ao total do CMPP e aplicou-se a mesma proporção para a distribuição da amostra, resultando no demonstrado na coluna “Amostra Estratificada” da Tabela 6:

Tabela 6: Distribuição da Amostra por Centro de Ensino

Centros de Ensino do CMPP	Quantidade Total (QT)	QT/(Total QT)	Quantidade com dados (QCD)	Amostra Estratificada	Amostra Ajustada
Centro de Ciências Agrárias (CCA)	24	8,30%	0	9	7
Centro Integrado III (CI-III) (vinculado ao CCA)	10	3,46%	7		
Centro de Ciências da Educação “Mariano da Silva Neto” (CCE)	33	11,42%	30	9	10
Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL)	50	17,30%	39	13	15
Engate entre CCE e CCHL (CCE-CCHL)	12	4,15%	12	3	3
Centro Integrado I (CI-I) (vinculado a CCE e CCHL)	14	4,84%	7	4	4
Centro Integrado II (CI-II) (vinculado a CCN e CCS)	10	3,46%	10	3	3
Ciências da Natureza (CCN)	45	15,57%	12	12	12
Centro de Ciências da Saúde (CCS)	54	18,69%	11	14	10
Centro de Tecnologia (CT)	37	12,80%	28	10	13
Total:	289		156	77	77

Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados de UFPI (2015c)

Como não foi possível identificar no arquivo do SIGAA salas do Centro de Ciências Agrárias, mas conseguiu-se do Espaço Integrado III, que faz parte do CCA, para o cálculo da amostra estratificada, considerou-se estes dois como sendo um único centro com 34 salas. No caso do CCS, ainda houve uma redução de 11 para 10 salas com dados identificados porque a sala 120 foi reformada, impossibilitando a coleta dos dados dimensionais *in loco*. Além disso, como o número de salas calculadas para amostra dos centros CCA e CCS superou a quantidade de ambientes identificados com dados do SIGAA, o excedente foi redistribuído entre os demais centros com disponibilidade de salas (CCE, CCHL e CT), através de sorteio aleatório entre as salas restantes de seus prédios. Assim, a amostra estratificada ficou distribuída como segue na coluna “Amostra Ajustada” da Tabela 6.

5 OBJETO DE ESTUDO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

5.1 A Instituição e a abordagem da sustentabilidade em seus documentos oficiais

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) é uma instituição de ensino superior federal financiada pelo Ministério da Educação (MEC) através da Fundação Universidade Federal do Piauí (FUFPI), tendo iniciado como Faculdade isolada em 1948 e evoluído para Universidade em 1968. Sua sede é em Teresina, no *Campus* Ministro Petrônio Portela (CMPP), onde há seis unidades de ensino presencial - Centro de Ciências da Educação (CCE), Centro de Ciências da Natureza (CCN), Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Centro de Ciências da Saúde (CCS) e Centro de Tecnologia (CT) -, a unidade de ensino de Educação a Distância (EaD), denominado Centro de Educação a Distância (CEAD), e o Colégio Técnico de Teresina (CTT), que ministra cursos ligados à educação básica. Há ainda mais quatro *campi* no Estado, nas cidades de Parnaíba (*Campus* Ministro Reis Velloso – CMRV), Floriano (*Campus* Amílcar Ferreira Sobral – CAFS), Picos (*Campus* Senador Helvídio Nunes de Barros – CSHNB) e Bom Jesus (*Campus* Prof^a Cinobelina Elvas – CPCE), além de polos de apoio presencial para a modalidade de ensino EaD em 33 cidades, totalizando, em 2014, 169 cursos de graduação e 26.005 graduandos (UFPI, 2015c).

A UFPI tem como missão:

Propiciar a elaboração, sistematização e socialização do conhecimento filosófico, científico, artístico e tecnológico adequado ao saber contemporâneo e à realidade social, formando recursos que contribuam para o desenvolvimento econômico, político, social e cultural local, regional e nacional (UFPI, 2017, p.179)

Já como visão, almeja “ser reconhecida como uma universidade de excelência na construção e difusão do conhecimento científico, tecnológico e artístico, comprometida com o desenvolvimento socioeconômico, de modo inovador e sustentável” e o primeiro dos seus cinco valores institucionais é o “compromisso com a justiça social, equidade, cidadania, ética, preservação do meio ambiente, transparência e gestão democrática” (UFPI, 2015c, p. 179). De acordo com o publicado em seu site institucional, entre seus objetivos e funções está o estímulo a conhecer os atuais problemas mundiais e, principalmente, nacionais e regionais, bem como atender a comunidade com a prestação de serviços especializados e estabelecer com ela uma relação de reciprocidade (UFPI, 2017a).

O desenvolvimento sustentável e a educação ambiental são explicitados no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) como temas a serem abordados no âmbito das ações

de extensão, como atividades interinstitucionais e intercâmbios nacionais e internacionais, voltadas para o atendimento da sociedade e em comunidades mais fragilizadas social e economicamente (UFPI, 2015c). O documento não trata de ações voltadas a inserção deste tema em suas práticas administrativas e de gestão interna, mas a IES possui em sua estrutura a Divisão de Gestão Ambiental (setor vinculado à Prefeitura Universitária – PREUNI) e a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE/UFPI) (vinculada à Administração Superior), as quais desenvolvem projetos voltados à sustentabilidade, tais como a Escola Sustentável e o da utilização de energia fotovoltaica para bombeamento de água, por exemplo (UFPI, 2015a).

Já no Relatório de Gestão 2015 da Pró-Reitoria de Planejamento da UFPI (PROPLAN-UFPI) (UFPI, 2016b), obrigatório à IES para apresentação da prestação de contas anual para a sociedade e os órgãos de controle interno e externo, é informado que esta Universidade está implantando uma política de sustentabilidade em toda a instituição, que vise construir e adotar valores que melhorem as práticas já adotadas, tais como separar e destinar adequadamente resíduos recicláveis descartados e adotar critérios de sustentabilidade nas contratações realizadas, por exemplo. Neste mesmo documento, declara que ainda possui muitas pendências a serem sanadas, tais como a Criação da Comissão Gestora do Plano de Logística Sustentável (PLS), a qual possibilitará a resolução das mesmas e a formalização de projetos já existentes, como os que visam diminuir o consumo de energia elétrica da IES (UFPI, 2016b).

Nesta direção, em outubro de 2017, foi instituída a Comissão de Elaboração de Plano de Logística Sustentável (CEPLS), através do Ato da Reitoria nº 1600/17, que elaborou uma proposta de PLS a ser apresentada à comunidade com dez eixos temáticos: os sete eixos temáticos mínimos exigidos pela IN nº 10/2012 (material de consumo; energia elétrica; água e esgoto; coleta seletiva; qualidade de vida no ambiente de trabalho; compras e contratações sustentáveis; e deslocamento de pessoal) (BRASIL, 2012), além de comunicação sustentável, conscientização e capacitação para práticas sustentáveis e gestão dos espaços construídos e áreas verdes (UFPI, 2017b). Para cada eixo, foram designados setores responsáveis pela implementação e gestão, bem como objetivos metas e indicadores, conforme Anexo I.

A UFPI ainda tem muito a avançar na gestão ambiental, inclusive na área energética. Esse desenvolvimento perpassa pelo reconhecimento da comunidade acadêmica como peça importante, sobretudo no diagnóstico e no planejamento de ações que visam a melhoria do seu desempenho ambiental. Nesse contexto, destaca-se o diagnóstico energético apresentado por Silva *et al.* (2016a), que identificaram 9,3% de perdas evitáveis nas faturas de

energia da IES do CMPP em 2014, que poderiam ser facilmente evitadas com ações de gestão e projetos simples de engenharia, além dos estudos apresentados por Silva *et al.* (2016b), que desenvolveram projetos de *retrofit* que indicaram possibilidade de redução de até 36,25% no consumo e 21,25% na demanda por energia nos sistemas de iluminação das salas de aula, bem como de 5,17% o consumo e 3,36% na demanda de energia dos sistemas de climatização desses mesmos ambientes, com viabilidade técnica e econômica, sobretudo se a eficiência energética for considerada na fase inicial do ciclo de vida das edificações.

5.2 Sustentabilidade no ensino e pesquisa da UFPI

Embora a elaboração de um normativo único (PLS) que visa a sustentabilidade na UFPI tenha sido iniciado apenas em 2017, há ações anteriores sendo desenvolvidas na IES em prol do desenvolvimento sustentável. A educação ambiental vem sendo abordada nos cursos de graduação, através de disciplinas que tratam da sustentabilidade de forma direta ou como tema transversal, permitindo que os profissionais das diferentes áreas consigam visualizar melhor a aplicabilidade da sustentabilidade em sua profissão. Como exemplo, tem-se o curso de Engenharia Elétrica, o qual possui as disciplinas de “Gestão Ambiental” e “Eficiência Energética” e desenvolve pesquisas que visam contribuir com a melhoria da realidade regional. Uma delas venceu o Projeto Desafio da Sustentabilidade, lançado pelo MEC em 2014, envolvendo 63 instituições de ensino federais de todo o país para propor inovações voltadas à redução dos gastos com consumo de água e energia, garantindo o prêmio de R\$ 3 milhões para projetos de Eficiência Energética na UFPI (UFPI, 2015b).

No âmbito da pós-graduação, a IES oferta os Cursos de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (MDMA) e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (DDMA), implantados, respectivamente, em 2002 e 2010, e vinculados à Rede do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Rede PRODEMA), da qual participam as Universidades Federais do Ceará (UFC), Paraíba (UFPB), Pernambuco (UFPE), Piauí (UFPI), Rio Grande do Norte (UFRN) e Sergipe (UFS) e a baiana Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) (UFPI, 2017d). No Piauí, os cursos são iniciativa do Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste (TROPEN) e vem contribuindo para o desenvolvimento sustentável em seus três eixos (ecológico, econômico e social) através do uso da interdisciplinaridade na busca da harmonização entre as experiências de diferentes áreas de estudo (UFPI, 2017d).

Dos trabalhos defendidos entre 2012 e setembro de 2017 no programa piauiense, uma tese e dez dissertações abordaram a sustentabilidade na UFPI, como apresentado na Quadro 4 (UFPI, 2017c). Parte desses autores (por exemplo, Raquel Sousa, Elinara Sousa e Evangelina Sousa) são servidores da UFPI, contribuindo na inserção do tema na prática administrativa de seus setores. Destaca-se que a própria Instituição incentiva o ingresso de seus servidores nos programas de pós-graduação que oferta, como definido na Resolução nº 236/13/CEPEX, que instituiu o Programa de Capacitação Interna (PCI) e determina que 20% das vagas disponibilizadas nesses programas sejam reservadas a docentes e técnicos administrativos efetivos da UFPI (UFPI, 2013).

Quadro 4: Tese e Dissertações do PRODEMA-Piauí que tratam sobre sustentabilidade na UFPI

Título	Autor	Ano da defesa	Objetivo Geral
A educação ambiental formal no Piauí (Tese)	Karine dos Santos	2014	Conhecer como os cursos de licenciatura do Piauí que tradicionalmente tratam da questão ambiental (Química; Física; Biologia e Geografia) têm preparado os futuros professores para transpor os conteúdos das ciências da natureza e da geografia contextualizando as demandas ambientais.
Diagnóstico da gestão ambiental na Universidade Federal do Piauí com ênfase no Plano de Gestão de Logística Sustentável	Raquel Karoline Carvalho de Sousa	2016	Diagnosticar a Gestão Ambiental da Universidade Federal do Piauí com ênfase no Plano de Gestão de Logística Sustentável
O trabalho de formação de pesquisadores como contribuição para o desenvolvimento local de docentes pesquisadores de pós-graduação: o caso do corpo docente do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí	Conceição de Maria Martins Feitosa	2016	Investigar o trabalho de formação de pesquisadores como indicador de produção do corpo docente do MDMA/UFPI e analisar o Relatório do MDMA/UFPI apresentado à CAPES em 2014 através da Plataforma Sucupira
Ambientalização curricular dos cursos de Jornalismo das Universidades do Piauí	Elinara Soares Barros de Sousa	2015	Apreender como é realizada a ambientalização curricular dos cursos de Jornalismo das duas universidades do Piauí: Estadual (<i>campi</i> Teresina e Picos) e Federal
Viabilidade técnico-econômica de Projetos de Eficiência Energética nas salas de aula da UFPI	Osvaldo Augusto Vasconcelos de Oliveira Lopes da Silva	2015	Fornecer ferramentas para os gestores da Universidade Federal do Piauí e instituições de ensino de forma geral analisarem a Viabilidade Técnico-econômica da implantação de Projetos de Eficiência Energética nas salas de aula

Consumo sustentável: o agir ambientalmente consciente dos professores do Colégio Técnico de Teresina/UFPI	Herica Maria Saraiva Melo	2015	Identificar as preocupações ambientais e as percepções dos professores acerca das consequências adversas dos seus atos de consumo, caracterizar as práticas de consumo dos professores, analisando convergências e divergências entre o discurso e a prática de consumo, e analisar os discursos dos professores no modo operacional, na cotidianidade do espaço escolar.
Contratações públicas sustentáveis na administração federal: um estudo na Universidade Federal do Piauí	Evangelina da Silva Sousa	2015	Analisar a relação entre os instrumentos convocatórios e os relatórios de gestão da Universidade Federal do Piauí quanto à existência de critérios de sustentabilidade ambiental
A influência do marketing verde ou ecológico nos comportamentos de consumo responsável	Anaites Maria de Moraes Silva	2014	Estudar a influência do Marketing Verde ou Ecológico nos comportamentos de consumo responsável, diante das estratégias atuantes e desenvolvidas para o município de Teresina, no estado do Piauí, enfocando servidores efetivos (docentes e técnico-administrativos) das três instituições públicas de ensino: Instituto Federal do Piauí (IFPI), Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Universidade Estadual do Piauí (UESPI)
Comportamentos ecológicos responsáveis e educação ambiental: uma análise pautada no ensino da psicologia ambiental	Felipe Sávio Cardoso Teles Monteiro	2014	Avaliar o grau de comportamentos ecológicos responsáveis de alunos dos cursos de Psicologia do Piauí e o ensino da disciplina de Psicologia Ambiental, como instrumento de ambientalização curricular dos Cursos de Psicologia nas cidades de Teresina e Parnaíba-PI
Princípio responsabilidade como fundamento ético para educação ambiental	Maria Keila Jerônimo	2013	Análise crítica e qualitativa de entrevistas realizadas com professore(a)s mestres, formados pela Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ REDE PRODEMA/ UFPI/ TROPEN que nos mostra a visão sobre as várias temáticas abordadas de forma interdisciplinar, como a educação ambiental, ética ambiental, desenvolvimento sustentável, de forma a trazê-las para a compreensão de como elas são tratadas nas respectivas áreas de atuação pedagógica de cada sujeito envolvido.
A gestão dos resíduos sólidos na Universidade Federal do Piauí em Teresina	Aryane Holanda Barros	2013	Análise da gestão dos resíduos sólidos na Universidade Federal do Piauí em Teresina

Fonte: UFPI (2017c)

Estas pesquisas podem ser divididas em três temas: como a sustentabilidade é abordada no ensino ministrado na IES, como ela é percebida no comportamento da comunidade acadêmica e como está inserida na gestão administrativa da UFPI. Destacando-se este último, formado pelas quatro dissertações de Raquel Sousa, Osvaldo Silva, Evangelina Sousa e Aryane Barros, os estudos concluem que há poucas ações voltadas a gestão ambiental na IES, com um grande potencial de melhoria do desempenho ambiental (UFPI, 2017c).

5.3 Estrutura Física

Em relação à estrutura física, o PDI-UFPI – 2015/2019 (UFPI, 2015c) destaca que a UFPI possui cerca de 258 mil m² de área construída quando somadas as edificações dos cinco campi, tendo com principais componentes de sua infraestrutura os laboratórios, espaços de convivência, salas de aula, auditórios, bibliotecas e salas de vídeo/videoteca, como demonstrado na Tabela 7:

Tabela 7: Infraestrutura física resumida da UFPI

Centro	Labora- tórios	Espaços de Convivência	Salas de Aula	Auditórios	Biblio- tecas	Salas de vídeo / videoteca
<i>Campus sede (CMPP)</i>						
CCA	33	5	24	7	1	0
Centro Integrado III (CCA)	0	0	10	0	0	0
CCE	31	3	33	2	2	2
CCHL	7	15	50	2	2	0
Engate entre CCE e CCHL	0	0	12	0	0	0
Centro Integrado I (CCE e CCHL)	0	0	14	0	0	0
Centro Integrado II (CCN e CCS)	0	0	10	0	0	0
CCN	95	10	45	6	1	1
CCS	84	9	54	7	5	5
CT	30	2	37	1	0	0
Sub-total:	280	44	289	25	11	8
<i>Campus fora da sede</i>						
CMRV	23	5	47	1	1	2
CSHNB	29	3	44	2	1	1
CAFS	24	0	21	1	1	1
CPCE	26	5	38	2	1	1
Sub-total:	102	13	150	6	4	5
TOTAL	382	57	439	31	15	13

Fonte: UFPI, 2015c (adaptado)

Em consonância com a quantidade de espaços, a área construída do *Campus* Ministro Petrônio Portela (CMPP), sede da Instituição, também é a maior, com cerca de 179 mil m², sendo composto pela estrutura dos Centros de Ensino, da administração superior, do Hospital Universitário (HU), do Hospital Veterinário Universitário (HVU), da Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castelo Branco (BCCB), de bibliotecas setoriais, Setor de Esportes e outros espaços necessários pertinentes às atividades da IES, como o espaço de

convivência “Rosa dos Ventos” (UFPI, 2015c). As salas de aula destacam-se como os espaços em maior quantidade na IES, bem como no CMPP, sendo distribuídas como demonstrado na Tabela 8:

Tabela 8: Salas de aula da UFPI

Centro	Quantidade	Dimensão média (m ²)	Capacidade aproximada (nº carteiras ou cadeiras)
Campus sede (CMPP)			
Centro de Ciências Agrárias (CCA)	24	50	50
Centro Integrado III (CI-III) – CCA	10	74,01	70
Centro de Ciências da Educação “Mariano da Silva Neto” (CCE)	33	60	60
Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL)	50	50	50
Engate entre CCE e CCHL (CCE-CCHL)	12	78,33	75
Centro Integrado I (CI-I) – CCE e CCHL	14	84	80
Centro Integrado II (CI-II) – CCN e CCS	10	74,01	70
Ciências da Natureza (CCN)	45	58,18	50
Centro de Ciências da Saúde (CCS)	54	50	50
Centro de Tecnologia (CT)	37	74,01	70
Sub-total:	289	65,25	63
Campi fora da sede			
Campus Ministro Reis Velloso (CMRV)	47	65,06	60
Campus Senador Helvídio Nunes de Barros (CSHNB)	44	73,81	70
Campus Amílcar Ferreira Sobral (CAFS)	21	66,27	60
Campus Prof ^a Cinobelina Elvas (CPCE)	38	55,83	50
Sub-total:	150	65,24	60
TOTAL	439	65,25	62

Fonte: UFPI, 2015c (adaptado)

Como visto, se comparados o tamanho médio das salas de aula da IES com o das salas de aula do CMPP, verifica-se que são muito semelhantes. Entretanto, dentro do próprio *campus* sede, observa-se uma variação de 50 m² a 84 m² na dimensão média das salas de cada centro de ensino.

De acordo com o PDI, há ainda a previsão de expansão da Instituição no quinquênio 2015-2019, com a ampliação de espaços existentes e a construção de novos prédios e blocos de salas de aula nos campi CMPP, CMRV e CAFS, além da criação de mais três novos *campi* nas cidades de Oeiras, Esperantina e Valença do Piauí, sendo que, em cada um dos dois primeiros, devem ser ofertados quatro cursos de graduação até 2019. Estes cursos

estão inclusos na meta da IES para o quinquênio de elevar em 45% a oferta dos cursos de graduação, o equivalente a 50 cursos, sendo 13 só no CMPP (UFPI, 2015c).

Outra meta exposta no PDI (UFPI, 2015c) para as políticas institucionais do ensino de graduação é promover uma formação com qualidade e excelência, de modo que uma das estratégias previstas é dar condições para as disciplinas serem ofertadas em fluxo contínuo. Para essas alterações e expansões, far-se-á necessário aumentar a quantidade de salas da instituição, a fim de comportar as novas demandas de alunos.

Um dos pontos que deve ser considerado nesse planejamento é a quantidade de alunos previstos para as turmas que farão uso dos espaços. Analisando a oferta de vagas da UFPI no segundo semestre de 2016, apresentada na Figura 10, vê-se que as novas turmas dos cursos de graduação do CMPP variam de 30 a 60 alunos, sendo algumas com 36, 40 ou 46 alunos, de modo que 78% delas possuem menos de 50 vagas ofertadas (UFPI, 2016). Entretanto, a capacidade média das salas de aula, de acordo com o PDI e conforme demonstrado na Tabela 09, variam de 50 a 70 alunos (UFPI, 2015c). Ou seja, as menores turmas (30 ocupantes) terão que fazer uso de salas projetadas para uma capacidade maior de estudantes (50 alunos, pelo menos).

Figura 10: Quantidade de vagas por curso do CMPP em 2016.2



Fonte: Elaborada pela própria autora com base em UFPI (2016)

Neste capítulo, percebe-se que a UFPI, tal como se compromete em sua visão, vem abordando o desenvolvimento sustentável nos seus três eixos de atividade (ensino, pesquisa e extensão), inclusive com pesquisas voltadas à própria UFPI, mas ainda com poucas ações sendo executadas. Isso denota que a IES possui grande potencial para melhorar seus índices de sustentabilidade ambiental, o qual é reforçado ainda pelo dever de ser exemplo para toda a sociedade.

Este potencial também é percebido na gestão energética, cujas ações precisam ser melhor explicitadas. Embora haja a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), esta não é citada nos documentos oficiais da UFPI, tais como o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) e os Relatórios de Gestão, sendo ainda poucas as informações disponíveis no site oficial da IES. Entende-se, assim, que o tema também precisa ser melhor abordado na gestão administrativa para que haja uma melhor utilização do insumo, indispensável às atividades exercidas na universidade e cujos diagnósticos indicam necessidade de maior gestão.

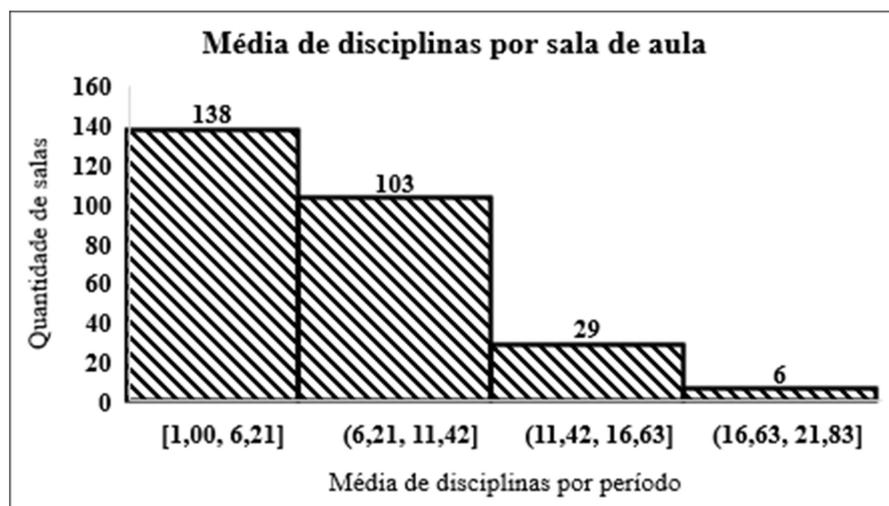
A melhor utilização do meio ambiente e da energia deve ser considerada nos processos contínuos da IES, com metas e objetivos explicitados em seu PDI. Ademais, o Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) da UFPI, documento obrigatório desde 2013 mas ainda com sua primeira edição sendo formatada, deve ser finalizado e colocado logo em prática, auxiliando a IES a inserir a sustentabilidade ambiental em seus três eixos estruturantes (edificação, currículo e gestão). Com a ampla estrutura física existente e sua projeção de aumento, bem como a grande comunidade acadêmica da UFPI, o desenvolvimento sustentável deve ser objetivo das rotinas dos diversos setores da IES, de modo a transformar esta universidade internamente e sendo capaz de modificar o meio no qual está inserida através do exemplo e do ensino.

6 DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SALAS DE AULA DE IES

6.1 Avaliação das salas de aula da UFPI

A partir dos dados registrados no SIGAA entre os anos de 2014 e 2016, de um universo de 36.913 registros, identificou-se 276 salas onde 9.701 disciplinas foram ministradas, sendo que 136 delas em mais de um dos locais. Considerando os dados por semestre, a quantidade de disciplinas ministradas por sala variou de 0 a 38 registros, com uma média de seis disciplinas por período. A Figura 11 apresenta um histograma com a média das disciplinas por sala de aula em cada período em que foi utilizada, onde pode ser visto que 138 salas de aula tiveram uma média variando de 1 a 6,21 disciplinas ministradas por semestre, enquanto em seis salas esta média subiu para a faixa de 16,63 a 21,83 disciplinas por semestre.

Figura 11: Quantidade média semestral de disciplinas ministradas em cada sala de aula da UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora com base em NTI/UFPI (2017)

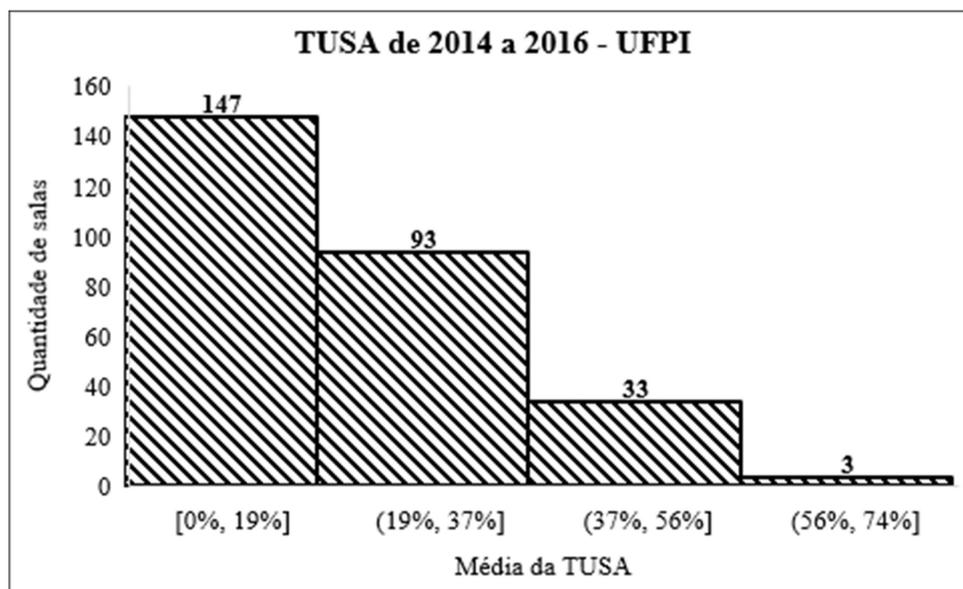
Como as disciplinas possuem carga horária diversa, para avaliar melhor a utilização das salas, ponderou-se a quantidade de horas-aula teóricas (algumas disciplinas possuem previsão de aulas práticas em laboratório e de estágio, que foram desconsideradas nessa avaliação) semanais previstas para cada uma a partir do horário de funcionamento da IES (96 horas-aula/semana). Com base nessa análise, criou-se o indicador Taxa de Utilização da Sala de Aula (TUSA), definido a partir da Equação 9:

$$TUSA = \frac{\sum CHUS}{CHMS} \quad (9)$$

onde: CHUS – Carga Horária utilizada por semana em cada semestre; e
CHMS – Carga horária máxima semanal

Verificou-se, então, que as TUSA's da UFPI variaram de 0 a 74%, com uma média igual a 19%. A Figura 12 apresenta o gráfico da média das taxas calculadas para cada sala de aula entre os anos de 2014 a 2016. Assim, percebe-se que a maior parte das 276 salas de aula são subutilizadas, uma vez que a taxa de utilização de 147 (53,3%) delas é inferior a 19%, enquanto a de outras 93 (33,7%) não chega a 37%.

Figura 12: TUSA's médias da UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora com base em NTI/UFPI (2017)

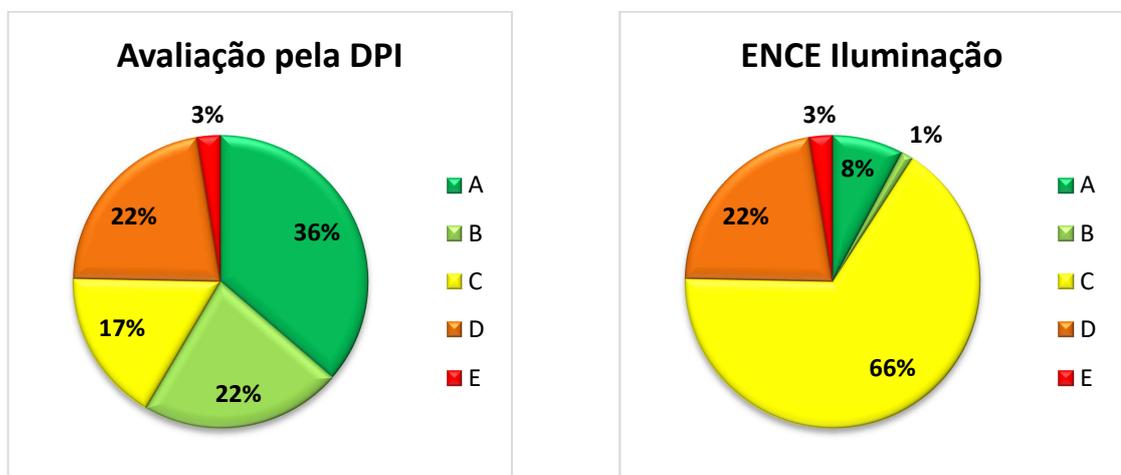
Ressalta-se que estes dados são baseados apenas nas salas de aula e disciplinas que foram identificadas a partir do arquivo fornecido pela IES com base no SIGAA, o qual não distingue a qual centro cada sala pertence. Assim, não foi possível fazer a mesma avaliação estratificada por Centro de Ensino. Ademais, considerou-se CHMS igual a 96 horas-aula/semana porque esta IES permite aplicação das disciplinas nos três turnos (de 06h às 22h, inclusive no horário de 12h às 14h) diariamente, mas, para essa análise, foram excluídos os domingos. Este indicador não considera a quantidade de alunos matriculados em cada disciplina e, por isso, não é considerado para o cálculo do índice de consumo relativo proposto. Entretanto, também é importante para a gestão energética porque se refere ao

melhor uso das salas, só que com relação ao tempo e não à ocupação, sendo uma ferramenta adicional ao índice desenvolvido nesse trabalho.

Conforme metodologia apresentada, foram coletados *in loco* dados da amostra estratificada por Centro de Ensino no montante de 77 salas de aula da Universidade piauiense, garantindo uma precisão de 95%. Aferiu-se que as dimensões informadas pela Prefeitura Universitária foram semelhantes às medidas para este estudo, dando maior confiabilidade aos dados recebidos como base para este trabalho. As salas visitadas possuem área variando de 36,40 m² a 102,96 m², com um tamanho médio de 63,19 m². Considerando o definido na NBR nº 9077/2001, que a população de ambientes educacionais deve ser calculada com base no espaço mínimo de 1,5 m² por pessoa (ABNT, 2001), a capacidade das salas estudadas é de 24 a 68 usuários, com uma média de 42 indivíduos.

A partir das salas de aula da amostra, analisou-se a eficiência energética dos sistemas de iluminação das salas de aula da UFPI, iniciando com a verificação da Densidade de Potência de Iluminação (DPI) de cada ambiente, que variou de 4,89 W/m² a 17,37 W/m². Com base apenas na DPI (Figura 13a), 36% das salas deveriam possuir a classificação A, 22% seriam avaliadas como B, 17% como C, 22% como D e 3% como E. Entretanto, quando verificado o atendimento aos pré-requisitos do regulamento, essas classificações são alteradas. Mesmo todas atendendo o item “divisão de circuitos” e não tendo tamanho suficiente para exigir o pré-requisito “desligamento automático”, apenas 8% possuíam a predisposição determinada no tópico “contribuição da luz natural”, resultando em alteração da classificação inicial para as demonstradas na Figura 13b.

Figura 13: Etiketagem dos sistemas de iluminação das salas de aula da UFPI



a) Etiketagem a partir do DPI

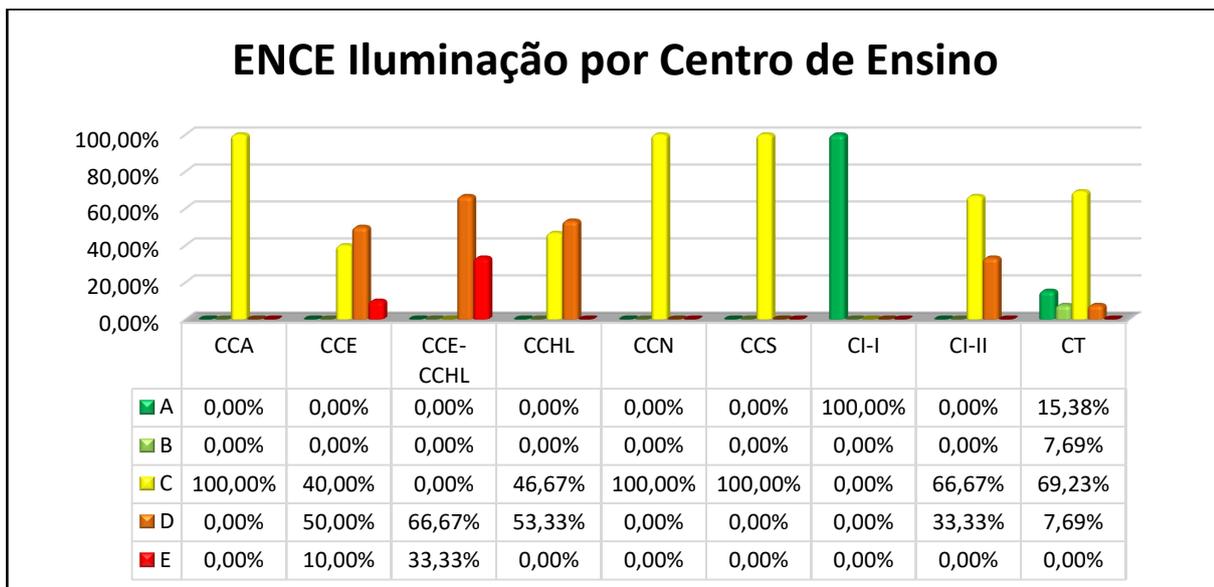
b) Etiketagem DPI + pré-requisitos

Percebeu-se ainda que a maior parte das lâmpadas utilizadas são fluorescentes tubulares de 40W, com instalações isoladas de lâmpadas LED de 18W, as quais possuem fluxo luminoso equivalente ao das primeiras, em quatro salas. Estas últimas têm menor consumo, aumentando o índice de eficiência das salas ao atender os níveis de iluminância exigidos com uma menor potência demandada.

Quando analisados os resultados por Centro de Ensino, conforme demonstrado na Figura 14, percebe-se que o desempenho nessas unidades não apresenta uniformidade nas classificações. O CI-I apresentou a melhor avaliação do sistema de iluminação, com todas as salas visitadas com índice A, enquanto todas as salas dos Centros CCA, CCN e CCS foram classificadas no nível C. Nos demais centros, há divergências de classificações até mesmo internamente, apresentando salas classificadas em dois a quatro níveis diferentes, com o Engate CCE-CCHL possuindo os piores resultados: apenas índices D e E.

Ademais, a Figura 14 permite que a administração da IES visualize claramente os centros com piores avaliações, nos quais devem ser focadas ações de melhoria dos índices de eficiência do sistema de iluminação, tais como substituição de lâmpadas e melhorias nos sistemas de comando. Permite ainda identificar os centros que apresentam as melhores avaliações, tornando-se referência para os demais, existentes ou a serem construídos.

Figura 14: Etiquetação dos sistemas de iluminação das salas de aula da UFPI por Centro de Ensino

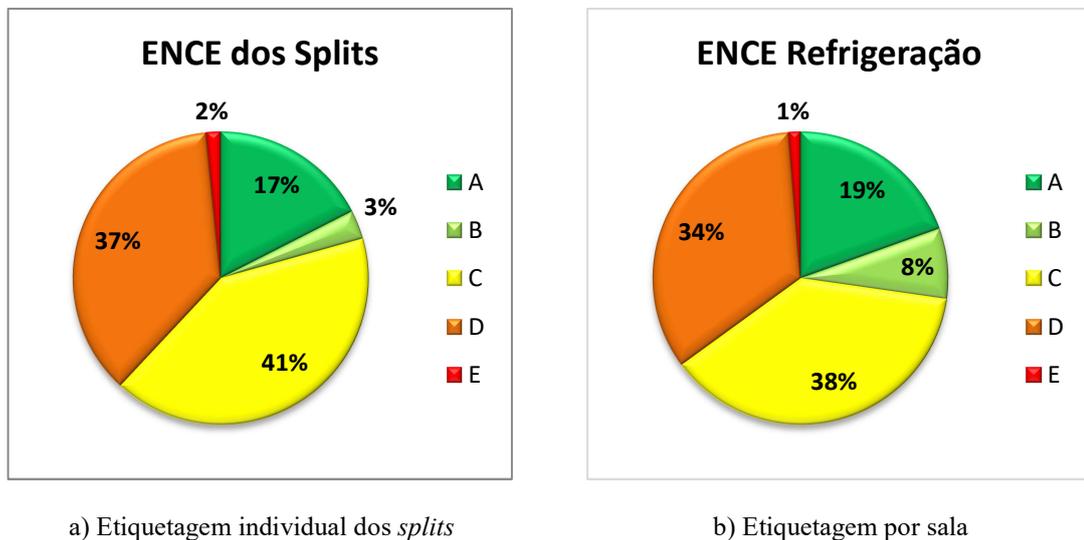


Fonte: Elaborada pela autora

A mesma avaliação foi feita do sistema de condicionamento de ar. Por serem ambientes com equipamentos cuja avaliação pelo INMETRO é obrigatória, verificou-se a

classificação dos mesmos junto a este órgão. Na soma dos 77 ambientes, foram encontrados 149 aparelhos de refrigeração, oito deles do tipo janela com classificação A, dois deles do tipo janela sem informação de modelo (sendo classificados como B, de acordo com metodologia definida para o trabalho) e os demais do tipo *split*, com classificação de A a E conforme mostrado na Figura 15a. Considerando que na maior parte das salas havia mais de um equipamento, calculou-se a ENCE por sala (média ponderada das classificações dos produtos, usando como peso a capacidade de refrigeração em BTU/h, conforme definido no RTQ-C (INMETRO, 2010), obtendo o apresentado na Figura 15b: 19% das salas com a classificação A e a maior parte das salas com etiquetas C e D, com 38% e 34% de representatividade, respectivamente, além de 8% das salas com etiqueta B e 1% com ENCE E.

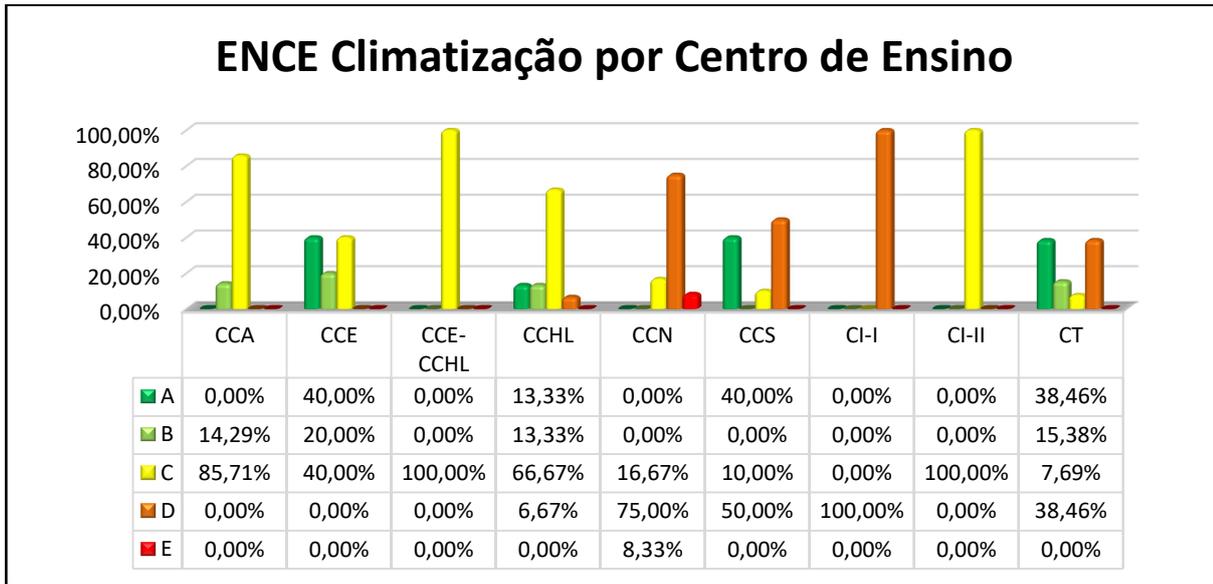
Figura 15: Etiquetagem dos sistemas de refrigeração das salas de aula da UFPI



Fonte: Elaborada pela autora

Analogamente à Figura 14, a Figura 16 apresenta as avaliações dos sistemas de climatização por Centro de Ensino, servindo também como orientadora para planejamento de ações com base nos índices de eficiência destes ambientes. Verifica-se novamente uma heterogeneidade nas classificações, sendo que as melhores foram as das salas do CCE, com avaliações de A (40%) a C (40%), enquanto no CCN encontrou-se a pior situação, com salas recebendo etiqueta parcial de C a E, sendo a maioria (75%) D. Como a avaliação dos sistemas de condicionamento de ar baseia-se na etiquetagem dos aparelhos de ar condicionado instalados nas salas, ela está relacionada à aquisição dos equipamentos, quando se deve exigir a ENCE A aos fornecedores, principalmente nos processos posteriores à Instrução Normativa nº 2/2014 do MPOG, citada anteriormente neste trabalho.

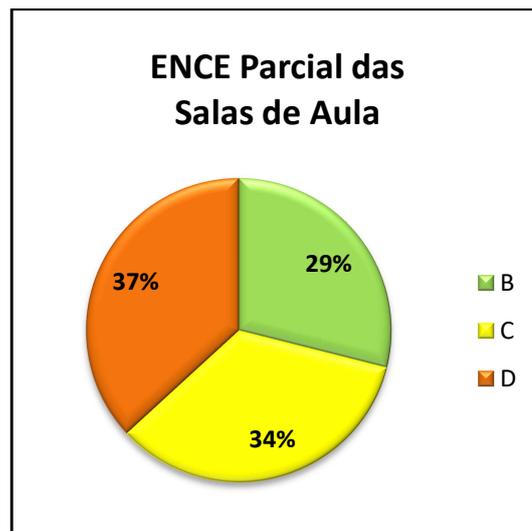
Figura 16: Etiquetação dos sistemas de climatização das salas de aula da UFPI por Centro de Ensino



Fonte: Elaborada pela autora

Considerando a avaliação ponderada destes dois sistemas a partir do uso da Equação 1 (apresentada no capítulo 3) e da adoção dos equivalentes numéricos da envoltória (EqNumEnv) e de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente (EqNumV) iguais a zero (por estes sistemas não terem sido avaliados), as salas de aula da UFPI são etiquetadas parcialmente de B a D, conforme exposto na Figura 17.

Figura 17: Etiquetação Parcial das salas de aula da UFPI – Sistemas de Iluminação e Climatização

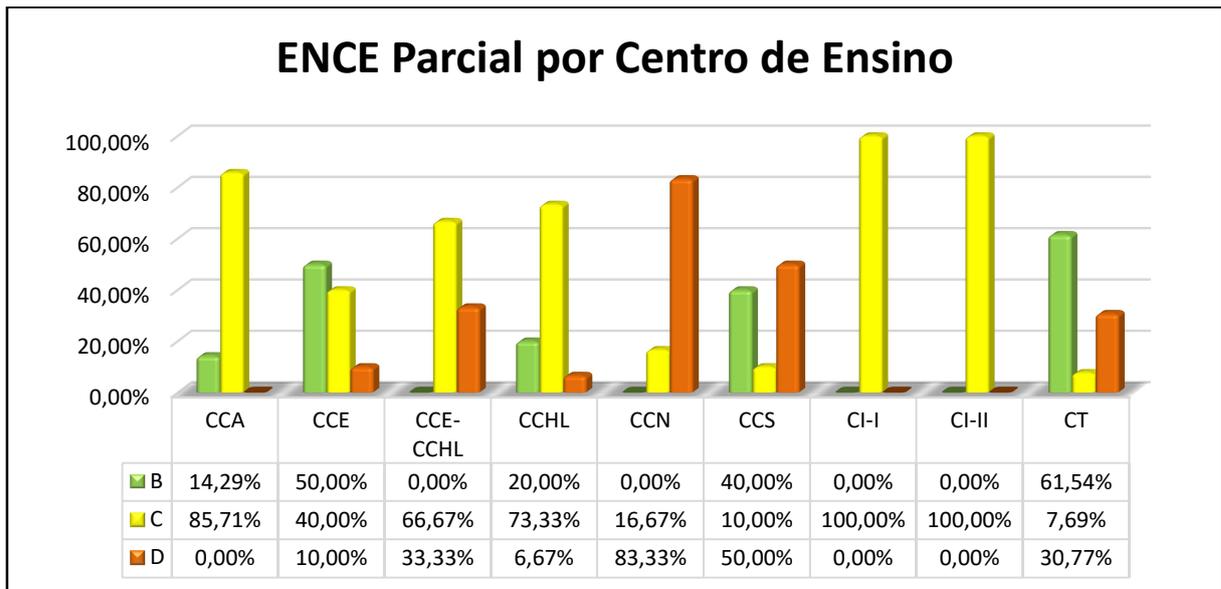


Fonte: Elaborada pela autora

Avaliando por Centro de Ensino (Figura 18), percebe-se que, embora em dois deles haja apenas um tipo de classificação, na maioria, há salas avaliadas com mais de um

índice indicando a falta de uniformidade nos sistemas adotados nesses ambientes. O mais preocupante é que nenhum dos centros possui salas com classificação A de eficiência energética ao considerar os dois sistemas avaliados, o que torna imperativo a execução de ações visando melhorias na eficiência energética salas de aula da IES.

Figura 18: Etiquetagem Parcial das salas de aula da UFPI por Centro de Ensino



Fonte: Elaborada pela autora

Dado o objetivo deste trabalho, avaliou-se os dados das 276 salas de aula identificadas no SIGAA, obtendo os resultados expressos na Tabela 9, onde percebe-se a grande variação na quantidade de disciplinas ministradas nestes ambientes: enquanto há salas onde foram ministradas 112 disciplinas ao longo dos 3 anos avaliados, outras tiveram apenas uma turma cadastrada. Salienta-se ainda a discrepância entre a quantidade de vagas ofertadas e a quantidade de alunos matriculados nas disciplinas, demonstrando que a distribuição das salas de aula deve ser realizada após o fechamento do período de matrícula, pois é quando se obtém o quantitativo real de alunos por disciplina, número determinante para avaliação de uso das salas de aula.

Tabela 9: Variáveis de uso do ambiente analisadas nas salas de aula da UFPI

VARIÁVEIS ANALISADAS UFPI	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
Quantidade de disciplinas registradas nos 3 anos	45,17	112,00	1,00	24,48
Média de disciplinas ministradas por período	7,67	18,67	1,00	3,70
Soma das vagas disponibilizadas nas disciplinas nos 3 anos	1.849,99	5.126,00	20,00	1.143,25
Quantidade média de vagas disponibilizadas nas disciplinas em cada período	317,69	854,33	13,00	182,31
Média de vagas disponibilizadas por disciplina nos 3 anos	40,35	59,77	4,33	10,09
Maior quantidade de vagas ofertadas em uma mesma disciplina	57,52	145,00	10,00	14,47
Menor quantidade de vagas ofertadas em uma mesma disciplina	16,93	55,00	1,00	12,87
Maior variação (valor máximo menos valor mínimo) na quantidade de vagas ofertadas por sala em um mesmo período	36,30	101,00	0,00	18,82
Soma da quantidade de matriculados nas disciplinas nos 3 anos	1.194,72	4.402,00	10,00	788,22
Quantidade média de alunos matriculados nas disciplinas em cada período	205,66	733,67	9,00	126,89
Média da quantidade de matriculados por disciplina nos 3 anos	25,75	48,23	3,00	8,00
Maior quantidade de alunos matriculados em uma mesma disciplina	45,08	91,00	1,00	15,08
Menor quantidade de alunos matriculados em uma mesma disciplina	9,10	62,00	1,00	10,18
Maior variação (valor máximo menos valor mínimo) na quantidade de alunos matriculados por sala em um mesmo período	31,47	88,00	0,00	18,85

Fonte: Elaborada pela própria autora com base em NTI/UFPI (2017)

Diante do exposto, escolheu-se duas variáveis como indicadores de uso do ambiente para composição do índice: Quantidade média de alunos matriculados nas disciplinas em cada período e Maior variação (valor máximo menos valor mínimo) na quantidade de alunos matriculados por sala em um mesmo período. Essa escolha justifica-se porque o ideal é que se tenha uma ocupação máxima com um mínimo de variação na quantidade de usuários.

Calculou-se, então, os indicadores de utilização para cada uma das salas amostradas, considerando-se a Equação 6 para a primeira variável (diretamente proporcional ao índice de ocupação) e Equação 7 para a segunda variável (inversamente proporcional ao índice de ocupação), apresentadas na Seção 4.1 deste estudo, e adotando como valor máximo

a capacidade populacional de cada uma das salas estudadas e como mínimo, o valor zero. A partir desses, definiu-se o Indicador de Uso do Ambiente (IUA) como sendo a média aritmética desses dois indicadores normalizados, como exposto na Equação 10:

$$IUA(S_m) = \frac{I_1(S_m) + I_2(S_m)}{2} \quad (10)$$

onde: IUA (S_m) – Indicador de Uso do Ambiente da sala de aula;

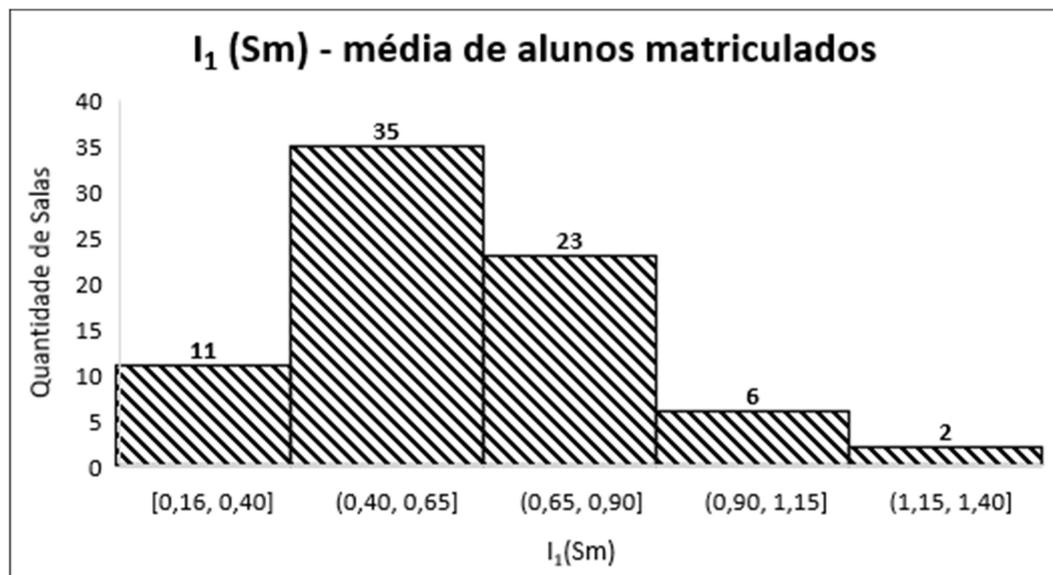
S_m – sala de aula da amostra, com m variando de zero ao tamanho da amostra;

$I_1(S_m)$ – indicador normalizado da média de alunos matriculados nas disciplinas em cada período; e

$I_2(S_m)$ – indicador normalizado da maior variação na quantidade de alunos matriculados por sala em um mesmo período.

Na Figura 19 e Figura 20, são demonstrados os resultados gerais desses indicadores. Na primeira delas, nota-se que em 41 salas de aula, 53% da amostra, I_1 varia de 0,47 a 0,78, indicando que nestes ambientes a média de alunos matriculados varia de 47% a 78% da capacidade máxima de usuários do espaço, enquanto apenas 19 salas (25% da amostra) possuem média superior a 78% da capacidade das salas, sendo que em 3 delas, como já dito, ultrapassa o quantitativo permitido pela legislação.

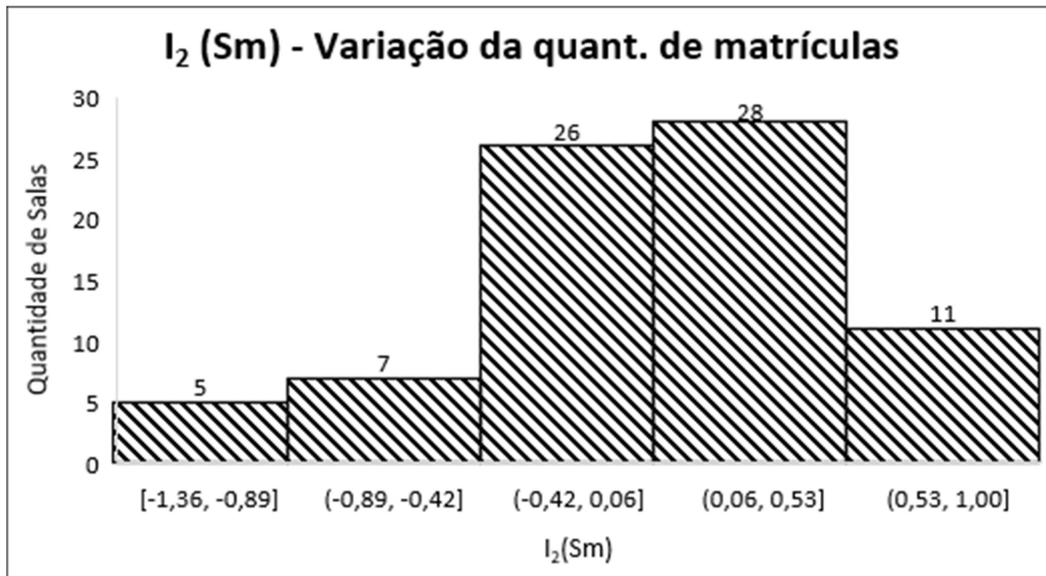
Figura 19: Indicador de Ocupação 1 – Média de alunos matriculados por período na UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

Já na Figura 20, percebe-se que a maior parte das salas, 29 delas (equivalente a 38% da amostra), apresentam I_2 variando de 0,06 a 0,53 e com apenas 13 salas (17%) com valores superiores aos desse intervalo. Este resultado expressa a grande variação na quantidade de usuários em relação à capacidade máxima das salas, contribuindo negativamente com IUA.

Figura 20: Indicador de Ocupação 2 – Variação na quantidade de alunos matriculados por sala de aula - UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

Embora o resultado máximo esperado para o indicador $I_1(S_m)$ fosse igual a um, obteve-se valores superiores em três salas. Isso ocorreu porque a quantidade média de alunos superou a capacidade máxima da sala estipulada pela ABNT, o que pode parecer vantajoso, mas está contra o definido na legislação, trazendo riscos para a segurança da comunidade acadêmica. De modo semelhante, esperava-se o resultando mínimo para o $I_2(S_m)$ igual a zero, mas se encontrou valores negativos em 28 salas amostradas, o equivalente a 36,4% da amostra, porque a variação da quantidade de matriculados por disciplina nesses locais chegou a superar a capacidade máxima dos ambientes.

É importante destacar estas divergências por serem resultados da grande variação no aproveitamento dos espaços estudados. Além dos problemas de segurança evidenciados pelo primeiro indicador, os resultados do segundo indicador demonstram que há uma discrepância significativa entre o tamanho da sala e a quantidade de pessoas que fazem uso das mesmas, havendo o mesmo consumo de energia para diferentes demandas de usuários. As salas que apresentaram essas inconformidades estão listadas na Tabela 10, destacando-se em cinza o indicador fora do padrão, devendo as mesmas ter seus quantitativos de alunos por

disciplina revistos pelos representantes de seus centros. Cabe lembrar que essas são as salas em que as inconformidades foram mais graves, mas que há casos em que a quantidade de alunos supera a capacidade das salas sem que isto seja claramente perceptível na média utilizada para o cálculo do indicador I_1 , mas impactando negativamente nele.

Tabela 10: Salas de aula da UFPI com inconformidades nos indicadores de ocupação

CENTRO	SAL A	Média Alunos Matriculados / qtd. disciplina	Maior variação da qtd.matriculas em um mesmo período	ÁREA (m²)	Capacidade da sala ABNT	I_1(Sm) - Média de alunos matriculados	I_2(Sm) - Variação da quant. de matrículas
CCS	124	8,00	36	53,32	35	0,23	-0,03
CCS	125	28,31	45	53,63	35	0,81	-0,29
CCS	128	14,50	45	61,15	40	0,36	-0,13
CCS	145	13,06	44	55,29	36	0,36	-0,22
CCS	197	16,57	43	55,59	37	0,45	-0,16
CCHL	306	28,60	45	62,75	41	0,70	-0,10
CCHL	317	44,97	30	62,46	41	1,10	0,27
CCHL	330	26,56	55	50,13	33	0,80	-0,67
CCHL	343	31,73	58	49,84	33	0,96	-0,76
CCHL	351	41,00	24	36,84	24	1,71	0,00
CCHL	352	18,07	52	36,40	24	0,75	-1,17
CCHL	353	15,42	59	38,41	25	0,62	-1,36
CCHL	354	18,73	56	36,46	24	0,78	-1,33
CCE	422	24,08	30	36,80	24	1,00	-0,25
CCE	428	30,41	0	36,94	24	1,27	1,00
CCE	432	24,16	44	50,27	33	0,73	-0,33
CCE	445	20,58	62	50,13	33	0,62	-0,88
CCE	458	22,17	44	36,83	24	0,92	-0,83
CT	530	26,62	43	62,34	41	0,65	-0,05
CT	532	28,64	47	61,88	41	0,70	-0,15
CT	534	32,02	49	62,43	41	0,78	-0,20
CT	565	25,69	43	63,12	42	0,61	-0,02
CT	566	26,31	52	63,47	42	0,63	-0,24
CT	567	21,44	58	62,83	41	0,52	-0,41
CT	568	26,35	58	56,12	37	0,71	-0,57
CT	581	29,25	54	64,21	42	0,70	-0,29
CCA	645	22,10	57	73,63	49	0,45	-0,16
CCN	2C	17,00	43	62,25	41	0,41	-0,05
CCN	4B	24,12	47	62,33	41	0,59	-0,15
CCN	4C	25,20	53	62,17	41	0,61	-0,29
CCN	5A	20,13	57	61,38	40	0,50	-0,43

Fonte: Elaborada pela própria autora

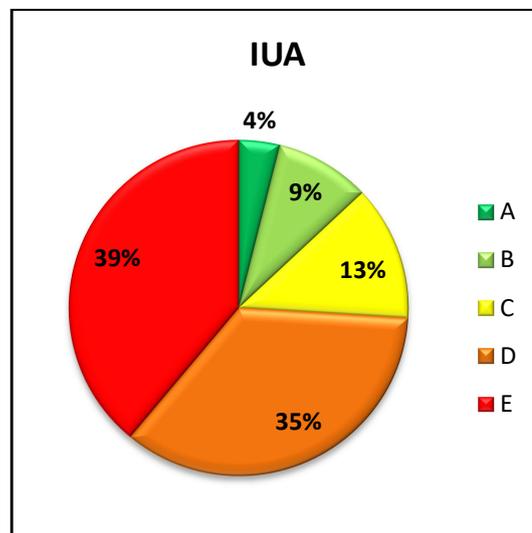
O IUA, resultado da média aritmética destes dois indicadores e que determina a eficiência da ocupação, variou entre -0,37 e 1,13. Utilizando parâmetros semelhantes aos definidos pelo INMETRO para classificação geral da eficiência das edificações, expostos na Tabela 4 do Capítulo 3 deste trabalho, pode-se definir os níveis deste indicador a partir dos limites expostos na Tabela 11. Analogamente, determinou-se o Equivalente Numérico de Ocupação (EqNumOc) para cada ambiente com base na Tabela 3, obtendo-se os resultados apresentados na Figura 21.

Tabela 11: Classificação do IUA com seu Equivalente Numérico

IUA	Classificação	EqNumOc
$\geq 0,9$	A	5
$\geq 0,7$ e $< 0,9$	B	4
$\geq 0,5$ e $< 0,7$	C	3
$\geq 0,3$ e $< 0,5$	D	2
$< 0,3$	E	1

Fonte: Elaborada pela própria autora

Figura 21: Classificação das salas de aula com base no Indicador de Uso do Ambiente – UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

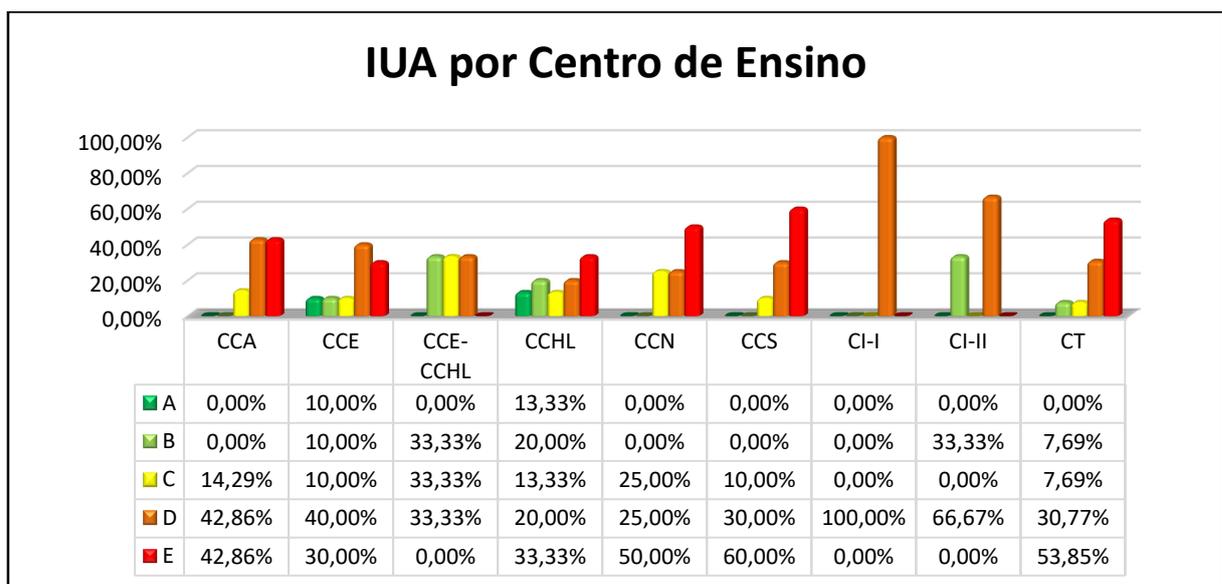
Percebe-se que a maior parte (39%) das salas está classificada no pior nível de ocupação, enquanto apenas 4% estão no outro extremo. Constata-se, assim, que a maioria significativa das salas não está sendo utilizada pela quantidade de usuários para a qual foi

projetada e, conseqüentemente, o consumo de energia está incompatível com o necessário para essa demanda de alunos.

É importante destacar que, para melhor avaliação da ocupação, devem ser analisados os três indicadores (I_1 , I_2 e IUA), principalmente para identificar se há uma das inconformidades exemplificadas na Tabela 10. Há casos, como na sala 351 do CCHL, em que o valor de IUA é igual a 0,855, equivalente a nível B e bem próximo do nível A de eficiência, mas que possui I_2 igual a 0, indicando grande variação na quantidade de matrículas e, conseqüentemente, alta necessidade de melhor aproveitamento da sala. Por isso, os três indicadores devem ser avaliados pelo gestor para garantir maior eficiência na ocupação do ambiente.

Explorando os valores por Centro de Ensino (Figura 22), percebe-se que apenas o CCE e o CCHL dos nove avaliados possuem salas com classificação máxima de IUA. Entretanto, estas mesmas Unidades também apresentaram salas com avaliação E, resultado comum ao CCN, CCS e CT. Já nos Centros Integrados I e II, todas as salas receberam avaliação D; no Centro Integrado III, variaram entre C e D; e no Engate CCE-CCHL, tiveram resultados B e D. Percebe-se, assim, grande discrepância na eficiência da utilização dos ambientes inclusive dentro dos próprios Centros, remetendo a necessidade de melhor aproveitamento dos espaços em todos eles, com distribuição das disciplinas baseadas na quantidade de alunos e tamanho das salas.

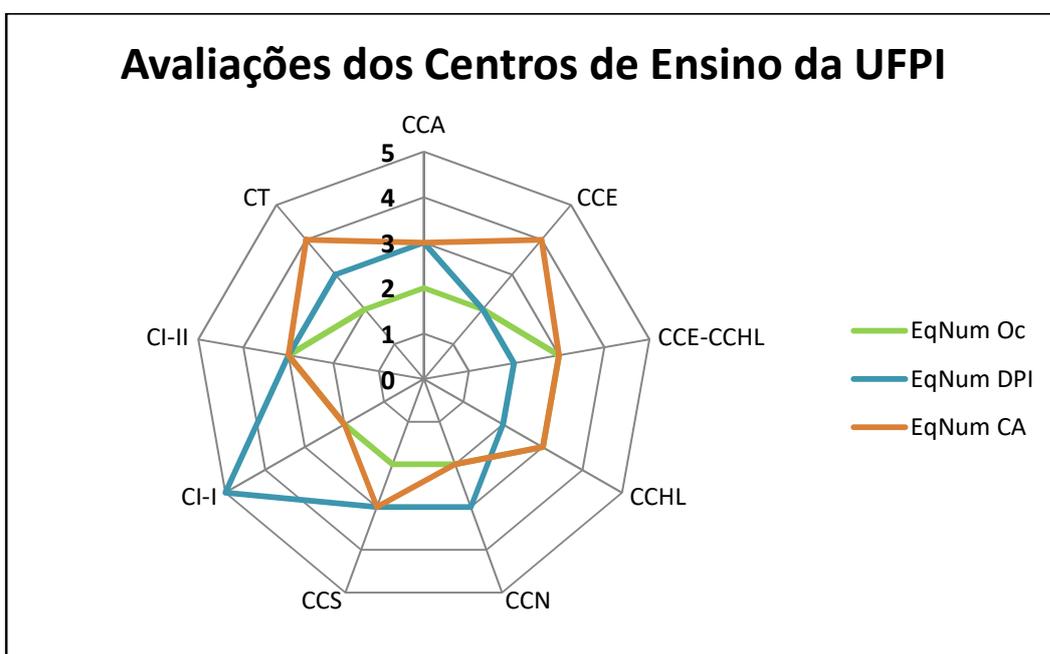
Figura 22: Classificação das salas de aula com base no uso do ambiente – UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

A fim de comparar melhor os resultados apresentados até o momento por Centros de Ensino, calculou-se a média ponderada para o equivalente numérico de cada indicador (EqNumOc, EqNumDPI e EqNumCA), permitindo uma comparação dos resultados intercentros, utilizando como pesos a quantidade de salas amostradas. O resultado dessa análise é apresentado na Figura 23. Nota-se que nenhum dos Centros apresentou o índice E em nenhum dos fatores analisados, mas também não conseguiu nenhum índice A. Assim, faz-se necessário melhorias em busca da classificação A exigida.

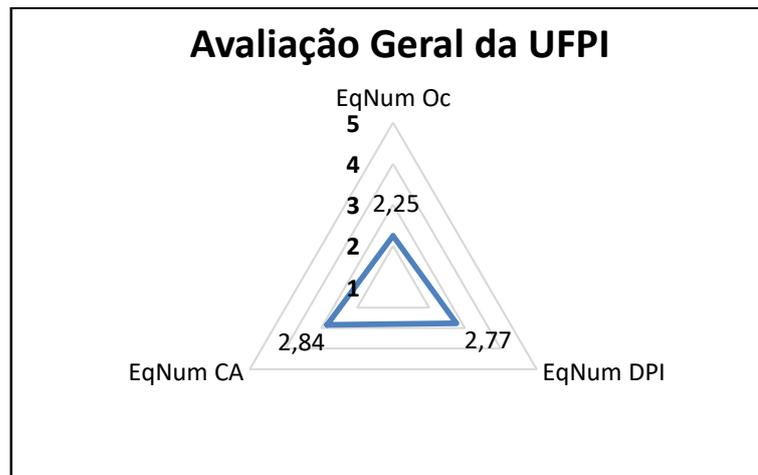
Figura 23: Avaliação Intercentro dos Equivalentes Numéricos da UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

Da mesma forma, a fim de obter indicadores únicos para UFPI em cada um desses fatores, ponderou-se as avaliações aferidas por centro com base na quantidade de salas existentes em cada centro, expressas na Tabela 8, chegando às médias apresentadas Figura 24. Os valores indicam nível C de eficiência para os sistemas de iluminação e climatização, enquanto a ocupação é classificada como D, refletindo a necessidade de ações de melhoria nas três áreas em busca do índice A de eficiência. Ressalta-se que este mesmo gráfico pode ser elaborado para cada um dos Centros de Ensino da IES, fornecendo uma forma clara de visualização dos indicadores.

Figura 24: Avaliação Geral dos Equivalentes Numéricos da UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

6.2 Índice de Consumo Médio Relativo de Energia – ICMRE

Para uma avaliação adequada do uso do ambiente, recomenda-se considerar a ocupação do mesmo e a demanda de energia dos sistemas de iluminação e climatização, responsáveis por 72% do consumo de energia nas salas de aula (LAMBERTS *et al.*, 2014), como falado anteriormente. Assim, o índice precisa ser composto por estes três fatores, mas com pesos diferenciados entre eles.

Entendendo que a ocupação é a base do cálculo do consumo médio relativo proposto por este trabalho, pois esse considera o consumo de energia per capita das salas, ao indicador de ocupação é atribuído a metade do peso total do índice, sendo a outra metade distribuída entre os sistemas de iluminação e climatização na mesma proporção sugerida pelo RTQ-C (INMETRO, 2010) e expressa na Equação 1, desconsiderando a avaliação da envoltória, uma vez que esta só pode ser feita para toda a edificação, não permitindo a avaliação parcial para os ambientes. Assim, o ICMRE pode ser calculado através da Equação 11, cujo resultado é ordenado em níveis, conforme parâmetros estabelecidos para classificação geral no RTQ-C (INMETRO, 2010), expressos na Tabela 3.

$$ICMRE = 0,5 \times EqNumOc + 0,21 \times EqNumDPI + 0,29 \times EqNumCA \quad (11)$$

onde: ICMRE – Índice de Consumo Médio Relativo de Energia;

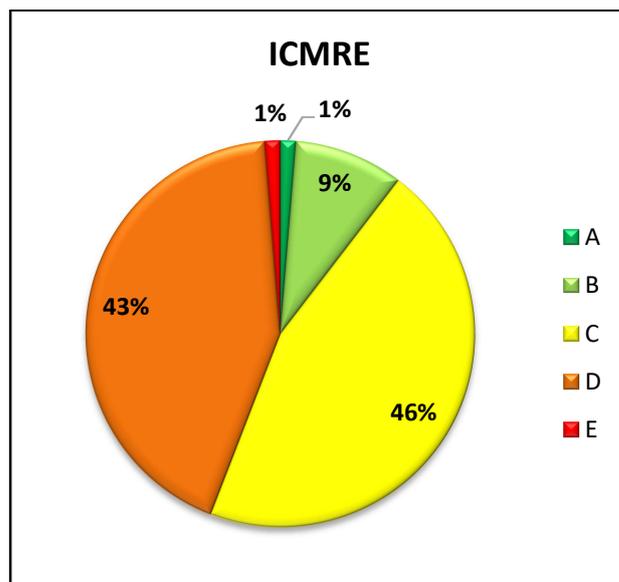
EqNumOc – equivalente numérico de ocupação;

EqNumDPI – equivalente numérico do sistema de iluminação; e

EqNumCA – equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar.

Aplicando-se esta equação nas salas de aula amostradas da UFPI, obteve-se valores variando de 1,43 a 4,57 e, conseqüentemente, classificações de A a E nas proporções expressas na Figura 25. Comparando a classificação com base no ICMRE (Figura 25) com a avaliação da eficiência com base apenas nos sistemas de iluminação e climatização previstos pelo RTQ-C (Figura 17), pode-se perceber a variação nos níveis obtidos, piorando a avaliação geral das salas da IES, uma vez que, embora 1% delas tenham sido reclassificadas para o índice A, o percentual de avaliação B caiu de 29% para 9%, com um incremento do nível C de 34% para 46%. Além disso, o nível D aumentou de 37% para 43% e apareceu 1% de avaliações com índice E, o pior possível.

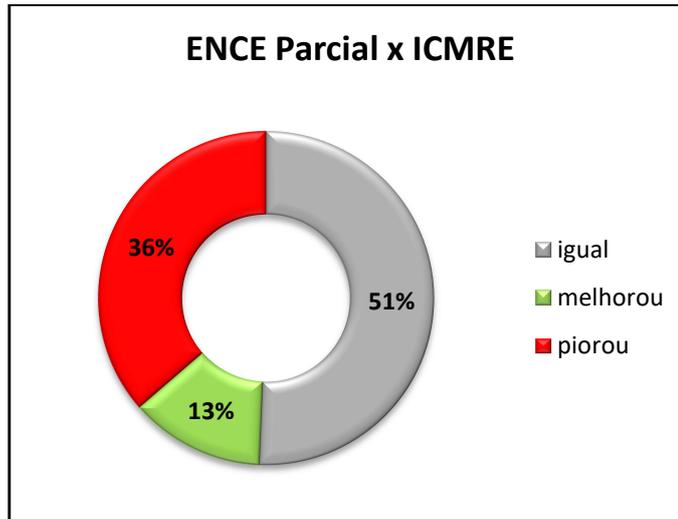
Figura 25: Classificação das salas de aula da UFPI com base no ICMRE



Fonte: Elaborada pela própria autora

Essas mudanças ocorreram porque, ao considerar a ocupação, 13% das avaliações das salas de aula melhoraram e 36% pioraram, como pode ser visto na Figura 26. Esta avaliação mais detalhada, possibilitou verificar que a quantidade de usuários desses ambientes impactou na eficiência energética de 49% das salas de aula analisadas.

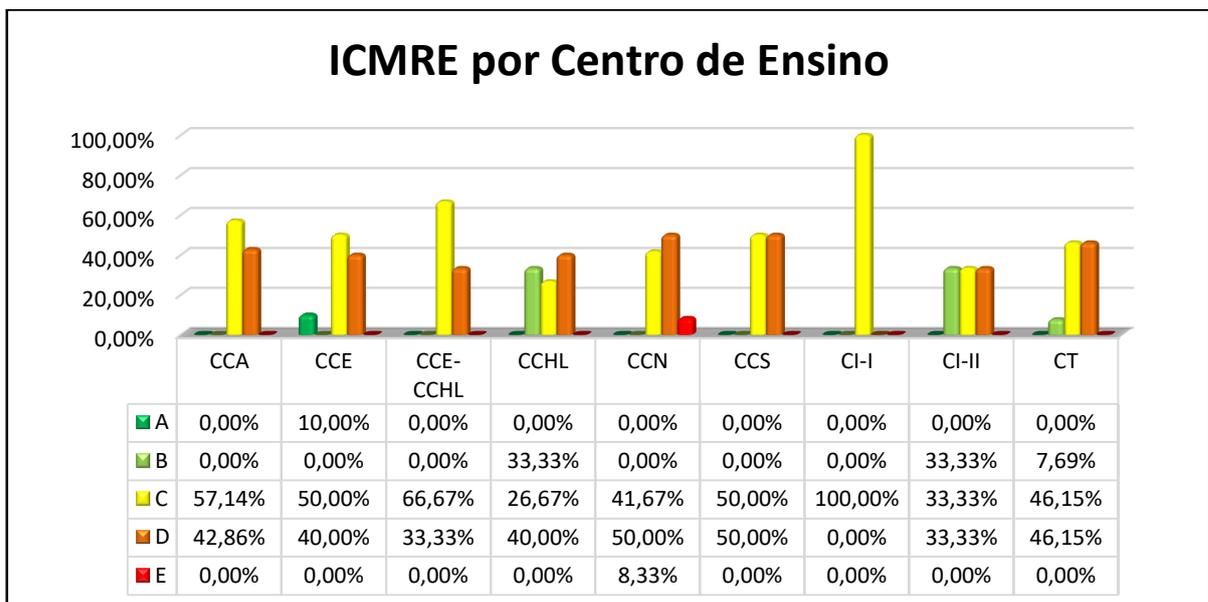
Figura 26: Comparação entre a ENCE Parcial e o ICMRE das salas de aula da UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

Assim como avaliada a ENCE Parcial, analisou-se o ICMRE das salas de aula por Centro ao qual pertencem, obtendo os resultados expressos na Figura 27. Observa-se que nos três Centros Integrados da IES, há uniformidade na classificação das salas de aula, o que não ocorre nos demais centros, que apresentaram pelo menos as classificações C e D. Preocupa, ainda, que só o CCE tenha conseguido índice A no ICMRE e em 25% das salas apenas, o que indica que os Centros precisam reavaliar a ocupação dos ambientes em conjunto com a demanda de energia de cada um deles, principalmente o CCN, único que apresentou índice E e sem nenhuma classificação superior a C.

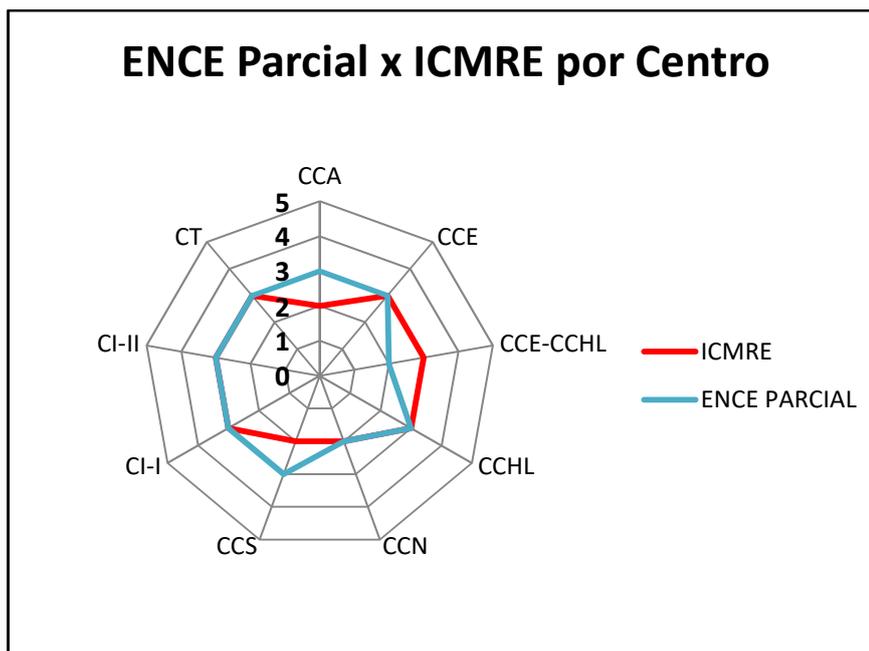
Figura 27: Classificação das salas de aula com base no ICMRE por Centro – UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

A classificação geral por Centro também sofreu modificação em três deles ao considerar a ocupação do ambiente, melhorando o nível do Engate CCE-CCHL e piorando a avaliação do CCA e CCS, como observa-se na Figura 28, enquanto nos outros seis centros, a classificação manteve-se igual. Nenhum Centro obteve classificação A, novamente, a qual deve ser buscada em todos os ambientes, só sendo possível trabalhando-se os três fatores analisados (ocupação, iluminação e climatização). Com os resultados apresentados, após as análises, percebeu-se uma variação na avaliação geral da UFPI de 2,80 para 2,54 ao considerar a ocupação no ICMRE além dos sistemas previstos para a ENCE Parcial. Essa diminuição não alterou a classificação do índice de eficiência energética da IES, que se manteve igual a C, mas o novo valor ficou bem próximo do limite do nível D, enfatizando a necessidade de melhorias que levem ao índice A.

Figura 28: Avaliação Intercentro ICMRE e da ENCE Parcial da UFPI



Fonte: Elaborada pela própria autora

6.3 Avaliação das salas que registraram os valores extremos de ICMRE

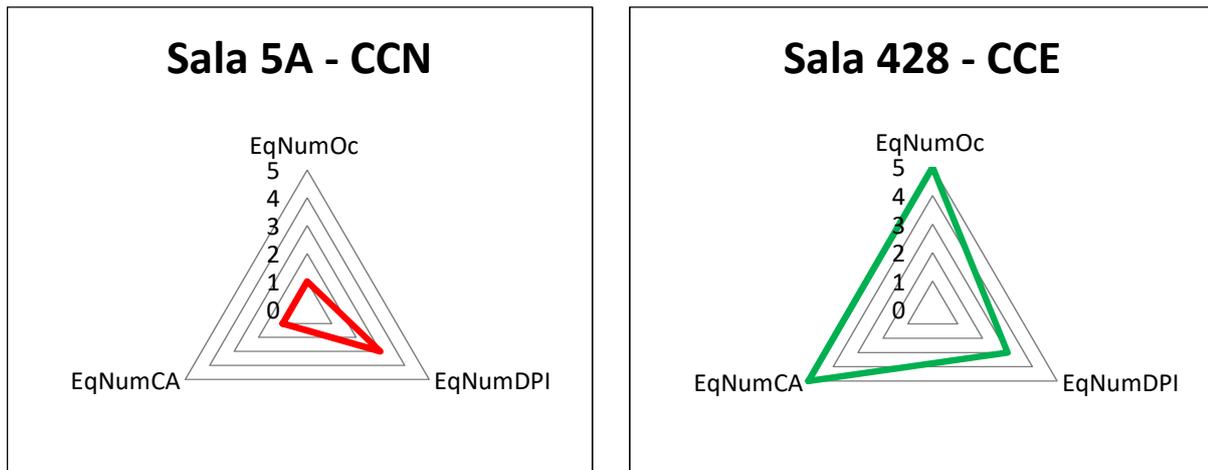
A sala de aula da UFPI que apresentou pior ICMRE foi a 5A do CCN, com índice igual a 1,43 (classificação E), enquanto a que apresentou o melhor desempenho foi a 428 do CCE, com ICMRE = 4,57 (classificação A). Seus dados são apresentados na Tabela 12 e, para melhor visualização, os níveis dos seus indicadores são destacados na Figura 29.

Tabela 12: Dados das salas com pior e melhor ICMRE

IDENTIFICAÇÃO		IES	UFPI	UFPI
		CENTRO	CCN	CCE
		SALA	5A	428
DADOS DO SIGAA		Quantidade de Disciplinas	17	39
		Média disciplinas (disciplina/período)	2,83	6,50
		Total Alunos matriculados	322	1186
		Média matriculados/período	53,67	197,67
		Média Alunos Matriculados / quantidade de disciplinas	20,13	30,41
		Maior quantidade de alunos matriculados	62,00	31,00
		Menor quantidade de alunos matriculados	1,00	31,00
		Maior variação da quantidade de matrículas em um mesmo período	57,00	0,00
		ESTRUTURA FÍSICA		Área (m ²)
Capacidade da sala ABNT (máx(i))	40			24
ETIQUETAGEM ILUMINAÇÃO	GERAL	Divisão dos circuitos	Sim	Sim
		Contribuição da luz natural	Não	Não
	LUMINÁRIAS	Quantidade	9	6
		Quantidade de lâmpadas/luminária	2	2
		Tipo de lâmpada	Fluorescente	Fluorescente
		Potência por Lâmpada (W)	40	40
	CLASSIFICAÇÃO RTQ-C	Potência Total (W)	720	480
		DPI (W/m ²)	11,73	12,99
		Classificação Final – Iluminação	C	C
ETIQUETAGEM REFRIGERAÇÃO	GERAL	Quantidade de Equipamentos	2	1
		Tipo de Equipamento	<i>Split</i>	<i>Split</i>
		Potência Individual (BTU/h)	37000	36000
	CLASSIFICAÇÃO RTQ-C	Equipamento 1- Selo	E	A
		Equipamento 2 - Selo	E	-
		Sistema Total - Selo	E	A
ENCE AMBIENTE		ENCE Ambiente	D	B
TUSA		TUSA média dos 3 anos	10%	20%
Indicador de ocupação 1		I ₁ (Sm) - Média de alunos matriculados por disciplina	0,50	1,27
Indicador de ocupação 2		I ₂ (Sm) - Variação da quant. de matrículas	-0,43	1,00
Indicador de Uso do Ambiente		IUA	0,04	1,13
		IUA – Selo	E	A
		EqNumOc Final	1	5
ICMRE		ICMRE	1,43	4,57
		Classificação ICMRE	E	A
Comparação			piorou	melhorou

Fonte: Elaborada pela própria autora

Figura 29: Avaliação das salas com pior e melhor ICMRE



a) Sala com pior ICMRE

b) Sala com melhor ICMRE

Fonte: Elaborada pela própria autora

Como visto, em ambos os ambientes o sistema de iluminação atende ao requisito de “divisão de circuitos”, não atende o de “contribuição de iluminação natural” e a Densidade de Potência de Iluminação (DPI) é classificada como C ($12,24 \text{ W/m}^2 < \text{DPIL} \leq 14,28 \text{ W/m}^2$), de modo que a etiqueta parcial de Iluminação é a mesma nas duas salas: C. Percebe-se que este sistema não foi significativo na avaliação, até mesmo por ter o menor peso dos três sistemas avaliados para o ICMRE. Mesmo assim, é necessário fazer melhorias para elevar a classificação ao maior nível, uma vez que impacta no consumo de energia da IES.

Para elevar a classificação do sistema de iluminação, como as lâmpadas já estão dispostas paralelas às janelas, é possível alterar apenas o comando das luminárias do sistema para que atenda ao requisito de “contribuição de iluminação natural”. Em ambas as salas, as lâmpadas são acesas em grupos paralelos ao quadro branco, devendo ser agrupadas em fileiras paralelas às janelas para permitir o acionamento conforme orientado pelo RTQ-C.

Na sala 5A do CCN, são três fileiras de três luminárias paralelas às janelas, como pode ser percebido na Figura 30a, e o interruptor possui três comandos (Figura 30b). Assim, é possível alterar a ordem de acionamento das lâmpadas trocando apenas a fiação que conecta o interruptor às luminárias, não sendo necessário substituir ou mover outros componentes.

Figura 30: Sistema de Iluminação da Sala 5A do CCN



a) Distribuição de luminárias, paralelas à janela



b) Interruptor de três comandos

Fonte: Acervo pessoal

Já na sala 428 do CCE, onde há três fileiras de duas luminárias paralelas às janelas, como pode ser percebido na Figura 31a, o interruptor possui dois comandos (Figura 31b). Assim, para que o acendimento atenda o requisito do RTQ-C, o interruptor deve ser substituído por um de três comandos, um para cada fileira paralela à janela, sendo necessário alterar ainda a fiação que o conecta às luminárias.

Figura 31: Sistema de Iluminação da Sala 428 do CCE



c) Distribuição de luminárias, paralelas à janela



d) Interruptor de dois comandos

Fonte: Acervo pessoal

Cabe destacar que, como se trata de uma instituição de ensino, o comando das luminárias de ambas as salas baseia-se na posição do aparelho de data-show que é projetado no quadro branco ou em tela de projeção instalada na mesma parede que este, permitindo a diminuição da iluminação conveniente à projeção. Lembrando que as ações de eficiência energética não devem impactar negativamente na qualidade do serviço prestado, para que não

haja prejuízo às projeções durante o uso das salas, sugere-se que, paralelamente à alteração de comando das luminárias, seja modificado o local das telas de projeção localizadas como a da sala 428 (Figura 28a) para o canto da sala onde se encontram as paredes onde estão as janelas e o quadro branco, como na sala 5A (Figura 28b).

Figura 32: Posição da tela de projeção nas salas



a) Sala 428 - CCE



b) Sala 5A - CCN

Fonte: Acervo pessoal

Além das ações necessárias para o melhor uso da iluminação natural, devem ser feitas alterações nas luminárias, visando diminuir o DPI desses ambientes. Em algumas salas visitadas, o que não é o caso das agora em foco, verificou-se a instalação de lâmpadas de LED de 18W, que possuem fluxo luminoso (quantidade de luz que incide sobre uma superfície) similar às de fluorescentes compactas de 36W. Se estes mesmos componentes forem instalados nas salas 5A e 428, isso contribuirá para a diminuição do DPI para $5,28 \text{ W/m}^2$ e

5,85 W/m², respectivamente, sem que haja necessidade de realocar ou substituir as luminárias, já que as existentes podem ser adaptadas para receber as lâmpadas com a tecnologia mais moderna.

É importante que esta substituição respeite a iluminância mínima de 500 lux estabelecida para salas de aula noturnas, classes e educação de adultos pela NBR ISSO/CIE 8995-1/2013 (ABNT, 2013). Como expresso na Tabela 12, no início deste tópico, a sala 5A possui uma área de 61,38 m² e nove luminárias com duas lâmpadas cada, devendo, então, o fluxo luminoso mínimo de cada lâmpada ser de 1.705 lúmens. Analogamente, para a sala 428, com área de 36,94 m² e seis luminárias com duas lâmpadas cada, o fluxo luminoso individual dos componentes deve ser pelo menos 1.539 lúmens. Verificando lâmpadas com a tecnologia LED adquiridas pela IES (Figura 33), o fluxo luminoso é de 1850 lúmens, valor superior ao exigido em ambas as salas destacadas. Assim, a substituição atende tanto ao RTQ-C quanto à NBR 8995-1.

Figura 33: Etiqueta de lâmpada LED adquirida pela UFPI



Fonte: Acervo pessoal

Essa substituição resultaria na diminuição de 55% tanto da demanda (W) quanto do consumo (kWh) de energia do sistema de iluminação em ambas as salas, conforme apresentado na Tabela 13. Considerando que para cada mega-watt-hora (MWh) de energia gerado no Brasil, são emitidos 101,3 kg de CO₂ (EPE, 2017), estas ações evitariam a emissão de 25,67 kg deste gás de efeito estufa. A redução pode ser ainda maior e as lâmpadas próximas às janelas forem desligadas quando a iluminação natural atender à iluminância necessária à atividade exercida no ambiente.

Tabela 13: Redução estimada com sistema de iluminação proposto

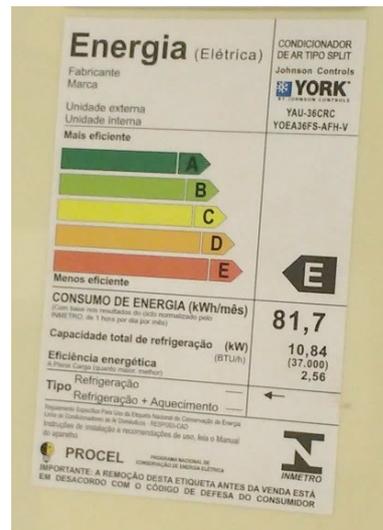
Sala	Potência do Sistema (W)		Redução de Potência		Consumo Semanal Estimado (kWh)			Redução de Consumo Mensal	
	Atual	Proposto	W	%	Atual	Proposto	Redução	kWh	%
5A	720	324	396	55%	69,12	31,10	38,02	152,06	55%
428	480	216	264	55%	46,08	20,74	25,34	101,38	55%

Fonte: Elaborada pela própria autora

Essa não é a única possibilidade de *retrofit* do sistema de iluminação. Destaca-se o estudo de Leite *et al.* (2015), que avaliou o sistema instalado em salas de aula da UFPI com auxílio do *software* Relux®, analisando a iluminância adequada ao ambiente e o aproveitamento da luz natural, e sugeriu um sistema automatizado e mais eficiente, com uma economia estimada de 36,25% no consumo e 21,25% na demanda de energia, com viabilidade técnica, econômica e estratégica.

Com ambos os DPI's inferiores a 10,2 W/m² e o atendimento aos dois pré-requisitos, o Sistema de Iluminação de ambas as salas passaria do nível C para o nível A. Já o ICMRE da sala 5A passaria de 1,43 para 1,86, mudando de classe E para classe D, e o ICMRE da sala 428 elevaria de 4,57 para 5,0, mantendo-se no nível A e atingindo o valor máximo do índice e não havendo necessidade de mais alterações nesse ambiente.

A sala 5A, por sua vez, precisa de melhorias no seu sistema de condicionamento de ar para elevar seu índice para A. Por ser um ambiente de tamanho pequeno, o condicionador de ar tipo *split* é adequado, de acordo com CEPTEL (2015). Para que o sistema seja classificado como A pelo RTQ-C, o equipamento deve receber esta mesma avaliação do PBE/INMETRO. De acordo com a etiqueta deste Programa (Figura 34) fixada nos *splits* dessa sala, os equipamentos são de 37.000 BTU/h, consomem 81,7 kWh/mês por cada hora de uso e possuem um CEE = 2,56 W/W. Sabendo que podem ser programadas aulas nesses ambientes em 16h das 24h do dia, de segunda a sábado, seu consumo mensal estimado (para 24 dias úteis) é de 1.045,71 kWh. Sendo dois *splits*, o consumo mensal apenas com a refrigeração dessa sala é previsto em 2.091,42 kWh.

Figura 34: ENCE dos *splits* da sala 5A

Fonte: Acervo pessoal

Sugere-se, então, a substituição dos *splits* por similares com classificação A junto ao INMETRO. A título de exemplo, escolheu-se um modelo da tabela publicada pelo Procel (2017b) em 11/10/2017, a qual lista os equipamentos que apresentaram os melhores índices de eficiência energética de sua categoria: um *split* de 36.000 BTU/h, com CEE = 3,24 W/W e consumo mensal de 68,5 kWh por hora de uso diário. Assim, com este novo equipamento, o consumo previsto com o sistema de refrigeração desse ambiente passa a ser de 1.753,6 kWh/mês, uma redução de 16% na demanda e no consumo de energia com a refrigeração da sala, como demonstrado na Tabela 14, que resultaria em uma diminuição de 34,23 kg de CO₂.

Tabela 14: Redução estimada com sistema de condicionamento de ar proposto

Sala	Potência do Sistema (kW)		Redução de Potência		Consumo Estimado (kWh/mês/hora)			Redução de Consumo Mensal	
	Atual	Proposto	W	%	Atual	Proposto	Redução	kWh	%
5A	7.778	6.520	1258	16%	163,4	137	26,4	422,4	16%

Fonte: Elaborada pela própria autora

Silva *et al.* (2017) fizeram um estudo semelhante, avaliando a viabilidade da substituição de um condicionador de ar de 60.000 BTU/h de índice D para outro de índice A de eficiência energética, estimando uma redução de 5,17% no consumo e 3,36% na demanda. Destacaram que esta proposta não possui viabilidade econômica, devendo ser executada em conjunto com outros projetos para edificações existentes, ou ainda ser considerada no início

da vida útil da edificação, dado que o custo para substituição é elevado, mas viável para primeira aquisição.

Assim, com as alterações propostas para os sistemas de iluminação e climatização nesses ambientes, a redução do consumo mensal seria de 591,36 kWh (17% do montante atual), evitando a emissão de cerca de 718,86 kg de CO₂. Além disso, o ICMRE da sala 5A chegaria ao valor de 3,00, sendo classificado como D em eficiência energética. Para elevar para o nível A, faz-se necessário fazer melhor uso do ambiente quanto à quantidade de alunos nas disciplinas programadas para o local.

Como visto na Tabela 12, a sala 5A registrou nos seis períodos estudados apenas 322 matrículas, com uma média de 53,67 alunos por período. Sendo este valor equivalente a soma das matrículas das disciplinas ministradas nessa sala em cada semestre e apenas 34,2% maior que a capacidade da sala, nota-se a baixa utilização do ambiente, que é comprovada pelos indicadores estabelecidos. A TUSA igual a 10% indica que há aulas programadas para o local apenas durante 10% das horas permitidas pela IES, sendo necessário analisar como é a distribuição das disciplinas ao longo da semana, visando otimizar o tempo de utilização dos sistemas. Por sua vez, o $I_1(5A) = 0,50$ demonstra que a ocupação média no período estudado foi de apenas 50% da capacidade da sala, enquanto o $I_2(5A) = -0,43$ demonstra que a diferença entre a maior e a menor quantidade de alunos matriculados por disciplina em um mesmo período (57 ocupantes) chegou a ser superior à capacidade da sala (40 alunos), inadequado à garantia do conforto do ambiente e da segurança exigida pela ABNT (2001).

Em análise similar, verifica-se que a sala 428 registrou nos seis períodos estudados 1.186 matrículas, com uma média de 197,67 alunos por período, valor igual a 8,24 vezes a capacidade da sala. O TUSA calculado estima que o ambiente seja usado, em média, durante 20% do tempo semanal em que é disponibilizado pela IES, devendo também ser avaliado como é feita esta distribuição em trabalhos futuros. O $I_1(428) = 1,27$ demonstra que a ocupação média no período estudado foi 27% superior ao que o ambiente deve comportar (24 alunos), o que deve ser evitado, uma vez que compromete a segurança dos usuários. O ideal é que sejam alocadas nas salas as disciplinas que tenham entre 90% e 100% da capacidade da sala; no caso da sala 428, entre 21 e 24 usuários. Já o $I_2(428) = 1$ demonstra que há a mesma quantidade de alunos matriculados nas disciplinas a serem ministradas nessa sala em um mesmo período, permitindo um aproveitamento mais constante do espaço, ideal para melhor uso da energia do ambiente.

Estes dois indicadores compõem o IUA, que deve ficar entre 0,9 e 1 para ser classificado como A em eficiência energética. Para tanto, na sala 5A, tanto $I_1(5A)$ quanto

$I_2(5A)$ devem ser elevados para, pelo menos, 0,9, programando para este ambiente as disciplinas que tenham entre 90% e 100% da capacidade da sala, ou seja, de 36 a 40 alunos, elevando assim, o primeiro indicador. Para melhorar o $I_2(5A)$, essas disciplinas não devem ter diferenças na quantidade de alunos que seja superior à 10% da capacidade da sala, ou seja, quatro matriculados. Já para a sala 428, o $I_2(428)$ já está ideal, igual a 1, havendo necessidade de ajustar o $I_1(428)$ de modo análogo ao proposto para a sala 5A, alocando neste ambiente as disciplinas que tenham entre 21 e 24 alunos.

Para uma melhor visualização, pode-se comparar o consumo *per capita* das salas antes e depois das alterações propostas, com base na média de alunos matriculados por disciplina, variável usada para o cálculo do indicador I_2 . Como média ótima de alunos por disciplina, considerou-se a capacidade da sala, também exposta na Tabela 12. A Tabela 15 mostra que o consumo inicial de 117,64 kWh/aluno da sala 5A é reduzido para 93,29 kWh/aluno com as modificações dos sistemas de iluminação e climatização, mas que se houver também uma utilização ótima do ambiente, com a capacidade da sala sendo respeitada, esta redução pode chegar a 60%.

Tabela 15: Comparação de consumos *per capita*

	SALA	5A	428
Antes	Média de alunos/disciplina	20,13	30,41
	Consumo Mensal (kWh)	2.368	1.053
	Consumo <i>per capita</i> (kWh/aluno)	117,64	34,64
Alteração de sistemas de iluminação e climatização	Consumo Mensal (kWh)	1.878	952
	Consumo <i>per capita</i> (kWh/aluno)	93,29	31,31
	Redução (%)	21%	10%
Melhor uso do ambiente	Média ótima de alunos/disciplina	40	24
	Consumo <i>per capita</i> (kWh/aluno)	46,95	39,67
	Redução (%)	60%	-15%

Fonte: Elaborada pela própria autora

Já na sala 428, a alteração do sistema de iluminação (lembrando que o sistema de climatização já possuía nível A de eficiência energética) reduziu discretamente o consumo *per capita* de 34,64 kWh/aluno para 31,31 kWh/aluno. Quando se somou a essas alterações o atendimento à capacidade máxima da sala, o consumo por aluno estimado aumentou para

39,67 kWh, porque a média de alunos por disciplina praticada no período avaliado supera a capacidade determinada pela ABNT. O aumento de 15% no consumo per capita não deve ser considerado uma desvantagem do processo proposto, uma vez que a segurança dos usuários também é primordial à IES.

Por fim, pode-se perceber também na Tabela 15 que o consumo por aluno inicial da sala 5A era cerca de 3,4 vezes maior que o da sala 428, diferença que reduziu para 18% quando atingido o ICMRE de nível A. Em trabalhos futuros, podem ser feitas análises com mais salas a fim de calcular um valor por aluno ideal a ser adotado nas IES.

6.4 Sugestão de melhorias a serem aplicadas nas IES com base no ICMRE

As ações visando a melhoria da eficiência energética das edificações já existentes devem ser executadas tanto no âmbito dos sistemas consumidores de energia (iluminação e climatização) quanto na melhor gestão do espaço. Para os primeiros, deve ser priorizada a aquisição de lâmpadas LED, tecnologia mais econômica que permite a diminuição da Densidade de Potência de Iluminação (DPI) com a mesma iluminância, devendo ser garantido também o atendimento ao pré-requisito “contribuição da luz natural”, que possibilitará desligar as lâmpadas mais próximas às janelas quando a iluminação solar que entrar por elas for suficiente para a execução da atividade. Já para os sistemas de climatização, o ideal é que os equipamentos atualmente instalados sejam substituídos por aparelhos com ENCE A do INMETRO, processo já obrigatório quando constatada a necessidade de substituição, uma vez que a Instrução Normativa nº 02/2014 do MPOG (2014) define que deve ser buscada esta etiqueta no caso de novas construções ou reformas. Assim, nas licitações de compras dos equipamentos a serem adquiridos, deve-se exigir a máxima classificação do INMETRO.

Além disso, toda a comunidade acadêmica deve ser sensibilizada para utilizar estes sistemas apenas quando houver real necessidade, desligando lâmpadas e aparelhos de climatização quando as salas não estiverem sendo utilizadas, podendo ainda ser implantados projetos de automação, quais sejam: controle de horário para ligamento e desligamento de sistemas e instalação de sensores de presença e iluminação, por exemplo. Essas e outras medidas de conservação de energia para IESF, tais como a manutenção periódica dos sistemas, são listadas no “Guia de Eficiência Energética nas Edificações Públicas” (CEPEL, 2015) e na Portaria nº 23/2015 (MPOG, 2015), esta última obrigatória às instituições públicas federais. Ademais, destaca-se que o investimento deve ser priorizado nos ambientes com menor eficiência, a fim de ter maior benefício como retorno.

Já para melhor uso do ambiente, convém que seus indicadores e fatores relacionados sejam registrados no Sistema Acadêmico da IES, o SIGAA, de modo claro às coordenações dos cursos, como já acontece com a “quantidade de alunos matriculados por disciplina”, por exemplo. Para tanto, sugere-se que sejam criados inicialmente recursos que padronizem no sistema a forma de demonstração do local a ser ministrada a disciplina, pois, como descrito no tópico 4.2 – “Metodologia para definição da amostra”, o campo “Local” onde a disciplina é ministrada permite descrições diversas, dificultando a identificação de um padrão. Isso facilitaria até ao próprio sistema o cálculo dos indicadores de uso e sugestões de salas a serem adotadas.

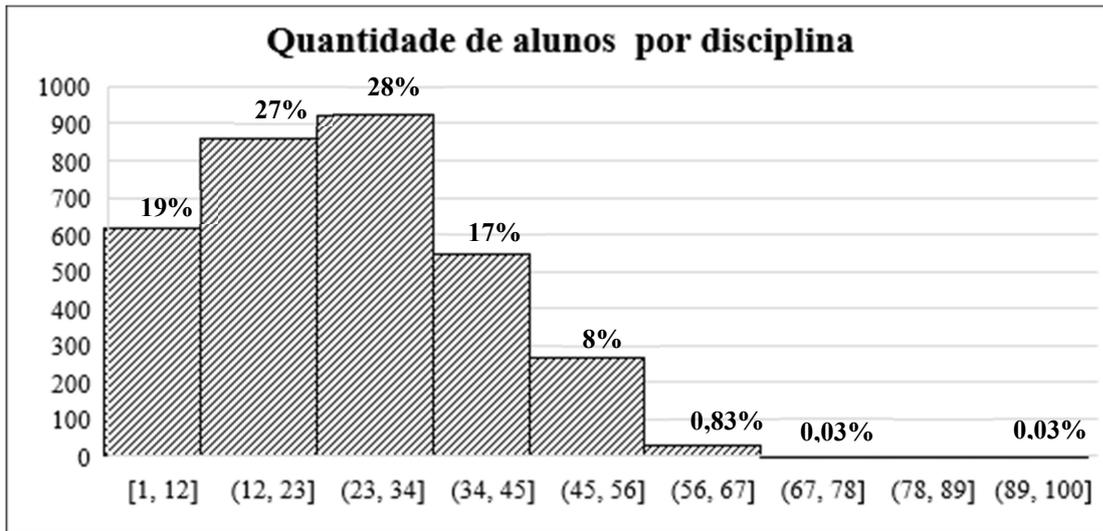
Propõe-se ainda a inserção de um campo no SIGAA com a capacidade máxima da sala, com base no padrão de segurança exigido pela ABNT (1,5 m²/aluno) (ABNT, 2001), permitindo que as coordenações dos cursos aloquem em cada sala a quantidade adequada de usuários, maximizando o aproveitamento do ambiente. Ademais, sugere-se as coordenações de curso sejam treinadas para buscar o IUA de nível A, uma vez que são as responsáveis por escolher as salas onde as disciplinas serão ministradas, e que o sistema acadêmico apresente o Indicador de Uso do Ambiente (IUA) e a Taxa de Utilização das Salas de Aula (TUSA), calculados com base nas disciplinas registradas no período letivo. Esse sistema é o melhor local para a demonstração desses resultados porque é nesse *software* que as matrículas são realizadas.

Com esta melhoria no sistema acadêmico, a gestão dos espaços será facilitada, permitindo uma avaliação do uso adequado dos ambientes e necessidade de ampliação dos centros pela Comissão Interna de Conservação de Energia da UFPI (CICE/UFPI) e pela Prefeitura Universitária (PREUNI), aos quais o acesso aos dados do SIGAA deve ser garantido. Por serem os responsáveis pela gestão energética da IES, inclusive no Plano de Logística Sustentável que está sendo desenvolvido, precisam conhecer as informações pertinentes aos indicadores, possibilitando ainda o seu cálculo por edificação, Centro, Campus e geral da Instituição. Essas mesmas análises devem ser feitas para o ICMRE, o qual considera os requisitos já previstos no RTQ-C para os sistemas de iluminação e climatização, de modo que a CICE/UFPI e a PREUNI precisam manter um cadastro atualizado dos sistemas de iluminação e climatização instalados na IES.

Ao considerar os dados das salas de aula, pôde-se comparar a quantidade de alunos matriculados por disciplina (NTI/UFPI, 2017) (Figura 35) com a capacidade das salas (baseada na área medida *in loco*) (Figura 36), constatando que 46% das disciplinas ministradas nesses ambientes no período de 2014 a 2016 possuíam de 1 a 23 alunos, enquanto

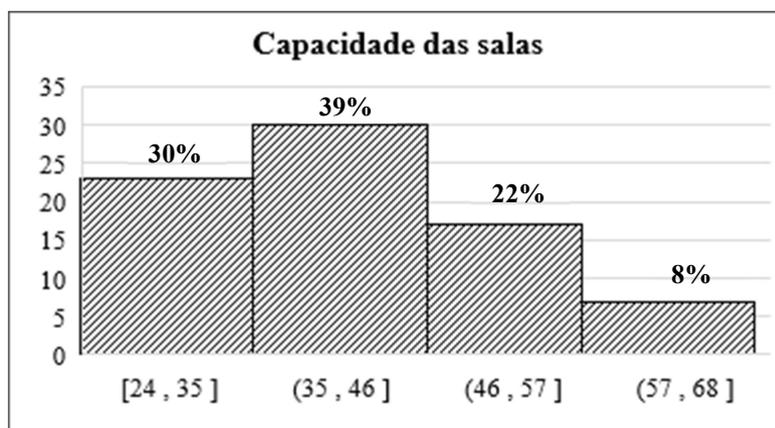
as menores salas possuem espaço para 24 usuários. Percebe-se, assim, a necessidade de salas com menores tamanhos, com infraestrutura compatível à demanda de usuários desses ambientes.

Figura 35: Quantidade de alunos por disciplina nas salas de aula



Fonte: Elaborada pela autora com dados de NTI/UFPI (2017)

Figura 36: Capacidade das salas de aula



Fonte: Elaborada pela própria autora

Em análise similar, verifica-se que a maior parte das salas (39%) possui capacidade entre 35 e 46 pessoas, intervalo compatível com apenas 17% das disciplinas programadas para os ambientes analisados. Assim, mesmo que todas as disciplinas compatíveis fossem aplicadas nessas salas, parte considerável delas seria ministrada em ambientes com infraestrutura sub ou superdimensionada.

Para as disciplinas com mais de 68 alunos matriculados, por sua vez, embora sejam apenas 0,06% das verificadas, não se encontrou salas compatíveis com a capacidade segura definida pela ABNT. Para estes casos, devem ser utilizadas outras salas com tamanho adequado a essa demanda ou, ainda, avaliar a necessidade de se criar duas turmas para a mesma disciplina.

Essas mesmas análises podem ser feitas por Centro de Ensino, a fim de verificar se as salas existentes são compatíveis com as demandas de alunos e se estão sendo utilizadas respeitando a segurança dos usuários e a eficiência energética. Como há disciplinas comuns a mais de um curso, tais como “Metodologia Científica”, que alunos de diferentes áreas podem cursar juntos, sugere-se um estudo futuro que considere estes fatores e avaliações estratificadas por Centro.

Ademais, as considerações listadas devem ser relevantes também em projetos de novas salas de aula na IES, tanto no atendimento ao já estabelecido no RTQ-C quanto no melhor uso do ambiente proposto neste trabalho, buscando a classificação A do ICMRE. Para tanto, devem ser atendidos os requisitos e pré-requisitos do citado regulamento, obrigatório para novas edificações públicas federais (MPOG, 2014), bem como dimensionadas salas compatíveis com a demanda a ser atendida. Podem ser consideradas as médias de alunos matriculados por disciplina nos cinco anos anteriores ao projeto como base para cálculo da demanda de usuários dos novos locais, permitindo instalar infraestrutura adequada a esse quantitativo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Instituições de Ensino Superior (IES) possuem grande alcance na sociedade, devido à quantidade de alunos que somam e a sua influência sobre a comunidade. Por isso, devem ser exemplo, planejando e implantando ações de sustentabilidade que visem minimizar seus impactos sobre o meio ambiente e melhorar seu desempenho ambiental. Na Universidade Federal do Piauí (UFPI), embora o desenvolvimento sustentável já venha sendo abordado em ensino, pesquisa e extensão, ainda há poucas ações direcionadas à sustentabilidade ambiental em sua gestão. Para tanto, a IES está elaborando seu Plano de Gestão de Logística Sustentável, não finalizado até o final desta pesquisa, mesmo sendo obrigatório para a IES desde 2013.

Um dos insumos que é foco deste Plano é a energia, cuja gestão também precisa ser fortalecida na UFPI, com ampliação da execução e divulgação de suas atividades. Considerando sua importância para a execução das atividades e o seu potencial para impactos ambientais, precisam ser definidos indicadores *per capita* relacionados à energia que reflitam adequadamente o consumo nas universidades e considerem o dinamismo dos seus ambientes, principalmente das salas de aula, às quais são relevantes às IES devido a sua atividade fim.

A forma de medição da eficiência energética de edificações mais utilizada atualmente são os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), do INMETRO. Ao utilizar esta ferramenta nas salas de aula da UFPI, verifica-se que não há resultados homogêneos na IES, nem mesmo por Centro. As salas foram classificadas com níveis de B a D de eficiência energética, sem nenhum dos ambientes ter recebido o maior índice de avaliação pelo RTQ-C.

Destaca-se que este regulamento considera a infraestrutura e a demanda instalada no local, mas não avalia se a quantidade de usuários do ambiente é compatível com a demanda de energia utilizada. Para fazer esta avaliação, sugere-se que o RTQ-C seja complementado pelo Indicador de Uso do Ambiente (IUA), resultando no Índice de Consumo Médio Relativo de Energia (ICMRE). Para Instituições de Ensino, deve ainda ser aplicada a Taxa de Utilização de Salas de Aula (TUSA).

A TUSA compara a quantidade de horas-aula/semana que a IES disponibiliza as salas para aplicação das disciplinas com o tempo em que é realmente utilizada. Esta taxa pode auxiliar os gestores a avaliar se a sala está subutilizada, permitindo que sejam programadas mais disciplinas para o local, ou superutilizada, alertando para a necessidade de construção de

novos ambientes. É um indicador relacionado ao tempo de uso das salas, mas que não reflete se a quantidade de usuários está adequada.

Para esta análise, propõe-se o IUA, o qual, a partir da média aritmética dos indicadores normalizados $I_1(S_m)$ e $I_2(S_m)$, relaciona a quantidade de alunos que fazem uso das salas de aula e a capacidade máxima desses locais. O IUA é classificável em níveis de eficiência, assim como os sistemas definidos no RTQ-C, permitindo uma avaliação conjunta da ocupação e dos sistemas de iluminação e climatização por meio do ICMRE. Este também pode ser classificado de A a E, conforme os parâmetros definidos pelo INMETRO, possibilitando que as IES avaliem quais salas de aula precisam mais de intervenção (com menores ICMRE) e quais podem ser utilizadas como modelo para os demais existentes ou a serem construídas (com melhores ICMRE).

Os resultados deste índice ainda são reforçados na comparação do consumo de energia por aluno de diferentes salas, uma vez que ele visa medir para adequar a quantidade de energia consumida nos ambientes com o montante de pessoas que fazem uso deles. Como a redução dos impactos socioambientais e dos custos financeiros tem tornado-se prioridades para as IES, o ICMRE vem como uma ferramenta de auxílio à gestão acadêmica.

Estes indicadores e índice foram aplicados no *Campus* sede da Universidade Federal do Piauí, a partir de uma amostra probabilística com 95% de precisão e estratificada por Centros de Ensino, unidades bem definidas e com diferentes realidades. Verificou-se que esta instituição possui salas com diferentes níveis de eficiência, não havendo resultados homogêneos na IES, nem mesmo por Centro, de modo que seu ICMRE geral foi nível C. Assim, constatou-se a necessidade de intervenções que visem aumentar essas classificações para o maior nível nas universidades. Isso é possível através de ações que considerem também as avaliações individuais dos centros, devendo ser priorizado o investimento nos ambientes com menor eficiência (ou seja, com menor ICMRE), visando um maior retorno.

Para exemplificar essas ações, sugeriu-se melhorias nos sistemas de iluminação e climatização, com as quais se estimou uma diminuição de 17% no consumo de energia que levariam a uma redução anual estimada de 718,86 kg de dióxido de carbono (CO_2), gás de efeito estufa e potencializador do aquecimento global. No âmbito da utilização do ambiente, propôs-se que as disciplinas a serem ministradas em seus espaços tenham quantidade de alunos semelhante à sua capacidade, diminuindo assim o consumo *per capita*. Com esta adequação, estimou-se uma diminuição de até 60% no consumo por aluno. Esta pesquisa, entretanto, não definiu qual o valor de consumo *per capita* ideal para as salas de aula, o que pode ser objeto de outros estudos.

Cabe destacar ainda que a avaliação da ocupação foi possível com o acesso às informações do Sistema de Gestão Acadêmica da IES, principal fonte de dados referentes às matrículas e, conseqüentemente, usuários das salas de aula. Por isso, para melhor gestão dos espaços, sugere-se ainda que os indicadores propostos sejam implantados nos Sistemas de Gestão Acadêmica das IES, sendo acessível às coordenações dos cursos, permitindo orientar melhor suas escolhas na definição das salas de aula para cada disciplina. Convém que estes indicadores, assim como o ICMRE, sejam também inseridos nos Planos de Gestão de Logística Sustentável das IES, o qual precisa de meios de medição que considerem a natureza da atividade exercida na instituição, bem como sejam utilizados pela Administração das IES para melhorar dos seus índices de eficiência energética.

Ressalta-se que esta pesquisa não seria possível sem o apoio da UFPI, com o fornecimento dos dados usados como base para o estudo realizado, sendo igualmente relevante o seu reconhecimento da importância da comunidade acadêmica para a gestão. Esta ação demonstra o interesse da IES em desenvolver a sustentabilidade em seus *campi*.

Por fim, o objetivo da pesquisa foi alcançado, podendo contribuir de forma importante para a melhoria dos índices de eficiência energética de Instituições de Ensino Superior e redução dos impactos socioambientais decorrentes da geração de consumo de eletricidade. Entretanto, este trabalho não visa encerrar as discussões sobre o tema. São possíveis outros estudos na mesma linha do aqui exposto, tais como a relação da envoltória com a ocupação, a definição de um consumo *per capita* ideal para as salas de aula, a verificação dos resultados obtidos com o ICMRE através da medição do consumo de energia nas salas de aula, permitindo uma análise mais detalhada do efeito das ações sugeridas, bem como a avaliação do consumo *per capita* nos demais setores da IES e da influência da sensibilização da comunidade acadêmica na melhoria dos índices energéticos. Deve ser feita ainda a análise da viabilidade econômica das ações sugeridas, calculando o tempo de retorno financeiro para as IES, complementando a viabilidade técnica aqui apresentada.

Vale lembrar ainda que a energia é apenas um dos insumos gerenciáveis nas IES, devendo ser estudadas ações para melhoria dos índices de sustentabilidade, tendo como ponto de partida os demais eixos temáticos do PLS. Ademais, este estudo foca em Instituições de Ensino Superior, mas pode ser feito analogamente para outras organizações, principalmente (e não exclusivamente) as vinculadas ao poder público federal, onde já há a obrigatoriedade legal de melhor gestão dos insumos. Afinal, o Meio Ambiente é interesse de todos e sua conservação deve ser inserida como prática em todas as áreas.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077 – Saídas de Emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, 2013.
- ADISI P. J., PINHEIRO F. A., CARDOSO R. S. **Gestão Ambiental de Unidades Produtivas**. São Paulo: Elsevier/Campos. 2013.
- ARANTES, R. S.; CARDOSO, J.; FERREIRA, M. **Capacitação em Logística Sustentável**. 2 ed. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br>> Acesso em: 08/01/2017
- BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Petrópolis: Vozes, 2017.
- BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL. **Decreto nº 5.773, de 09 de maio de 2006**: Dispõe sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www2.mec.gov.br/sapiens/portarias/dec5773.htm>>. Acesso em: 26/05/2016
- BRASIL, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL. **Decreto n.º 7.746, de 05 de junho de 2012**: Regulamenta o art. 3º da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP. Brasília, 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2012/decreto/d7746.htm> 3>. Acesso em: 26/05/2015
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A.; **Estatística Básica**. 8 ed. São Paulo: Saraiva, 2013.
- CARVALHO, L. G. **Proposta de indicadores para elaboração de Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS): pesquisa-ação no CINDACTA II**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- CARVALHO, M. M.; CUNHA, D. A.; COUTO-SANTOS, F. R.; PIRES, M. V. Comportamento pró-ambiental no ambiente universitário: Análise da Universidade Federal de Viçosa In: **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)**, v. 11, n. 2, p. 210-232, 2017.
- CEPEL, CENTRO DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Guia para eficientização energética nas edificações públicas**. Versão 1. Rio de Janeiro: CEPEL, 2015.
- CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- DE SILVA, D. G.; POWNALL, R. A. J. *Going green: does it depend on education, gender or income?* In: **Applied Economics**, v. 46, n. 5, p. 573-586, 2014.

ELETROBRAS, CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Resultados Procel 2016 – Ano Base 2015**. Rio de Janeiro, 2016.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2017**. Brasília, 2017.

FERREIRA, R. F. Sustentabilidade: O empoderamento social e a educação ambiental em uma perspectiva Soft Law. In: FERREIRA, R. F.; JESUS JÚNIOR, G. (org) **Direito Ambiental: Diálogos interdisciplinares**. Itabuna: Editora A5, 2016.

FUNDESCOLA, FUNDO DE FORTALECIMENTO DA ESCOLA / MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIDADANIA. **Espaços educativos. Ensino Fundamental: subsídios para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares** – Cadernos Técnicos 1, nº4. V. 2 Brasília, 2002.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da População residente nos municípios brasileiros com data de referência em 01º de julho de 2017**. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/estimativa_tcu.shtm>. Acesso em: 21/12/2017.

INEP, INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo da Educação Superior 2016** - Divulgação. Brasília: 2017.

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010**: Aprova a revisão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ). Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: 07/04/2015

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012**: Aprova a revisão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ). Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/regulamentos>>. Acesso em: 01/01/2018

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) – Condicionadores de ar**. 2017. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>>. Acesso em: 20/07/2017.

IPCC, *INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE*. **Climate Change 2014 – Synthesis Report**. Suíça: 2015.

KILKS, S. *Composite index for benchmarking local energy systems of Mediterranean port cities*. In: **Energy**, vol. 92, p622-638. 2015.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2014.

LEITE, C. S.; SILVA, O. A. V. O. L.; BARBOSA, F. R.; MELO, N. X.; SANTOS JUNIOR, B. F. *Automatic Control System Feasibility for take advantage of Natural Lighting in Study Rooms*. In: **CLAGTEE 2015 - ELEVENTH LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION**, São José dos Campos, 2015.

LEROY MERLIN. **Aprenda a calcular os BTUs do ar condicionado**. São Paulo: 2014. Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br/dicas/aprenda-a-calcular-os-btus-do-ar-condicionado>>. Acesso em : 02/01/2018.

LOPES, M. N.; IWAMOTO, G.; RIELLA, H. L.; LAMBERTS, R.; CAMPOS, L. M. S. *Development of Computational Tool to Evaluate the Building Energy Efficiency Level According to the Brazilian Labeling*. In: **Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association**, Sydney, 2014.

MEC, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012**. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://mobile.cnte.org.br:8080/legislacao-externo/rest/lei/89/pdf>>. Acesso em: 21/12/2014.

MEC, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIDADANIA. **Censo da Educação Superior 2013** – Glossário Consolidado. Brasília, 2014.

MEC, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Portaria nº 370, de 16 de abril de 2015**. Estabelece que os órgãos vinculados ao MEC deverão integrar esforços para o desenvolvimento de ações destinadas à melhoria da eficiência no uso racional dos recursos públicos. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://cigisp.mec.gov.br/portaria.pdf>>. Acesso em: 04/05/2015.

MEC, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIDADANIA. **Instituições de Educação Superior e Cursos cadastrados** – Relatório de Consulta Avançada. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 13/12/2017.

MELO, A.C., SOUSA, D.M., CAMPELO FILHO, E.G., FERASSO, M. *The Public Management of UFPI: An Analysis of its Institutional Development Plan*. In: **Revista Gestão Universitária da América Latina** - GUAL, vol. 5, n. 2, p16, 2012.

MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. In: **J Vasc Bras**, Vol. 10, n. 4, p.275-278, 2011.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda Ambiental na Administração Pública**. 5 ed. Brasília. 2009. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/sustentavel/planos/a3p/Cartilha_a3p_36.pdf>. Acesso em: 21/12/2017.

MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética** – Premissas e Diretrizes Básicas. Brasília, 2011

MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha Energética Brasileira** – Exercício de 2016. Brasília, 2017.

MPOG, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Instrução Normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012**. Estabelece regras para elaboração dos Planos

de Gestão de Logística Sustentável de que trata o art. 16, do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1154501/Instruxo-Normativa-10-2012.pdf/228ebf79-20dc-4e74-b019-8cc613338950>>. Acesso em: 26/05/2016.

MPOG, MINISTÉRIO DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Instrução Normativa nº 2, de 04 de junho de 2014**. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>>. Acesso em: 17/04/2015.

MPOG, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Portaria nº 23, de 12 de fevereiro de 2015**. Estabelece boas práticas de gestão e uso de Energia Elétrica e de Água nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dispõe sobre o monitoramento de consumo desses bens e serviços. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.tst.jus.br/documents/10157/12455710/MPOG+-+PORTARIA+N%C2%BA%2023_2015,%20DE+12_2_2015>. Acesso em: 30/12/2017.

MPOG, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Contratações Públicas Sustentáveis - PLS e Ações Sustentáveis**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/pls-e-acoes-sustentaveis>>. Acesso em: 15/11/2017.

MTE, MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-17: Ergonomia**. Brasília, 2015.

NEIVA, S. S.; PARENTE, P. S.; RIBEIRO, L. P. C.; HERMANN, I. L.; GUERRA, J. B. S. O. A. Análise Da Contribuição Científica (2000 – 2015) no entendimento de como a Universidade pode influenciar a geração de uma Cidade Sustentável: uma revisão sistemática da literatura e uma meta síntese qualitativa. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, n. esp, p.44-71, dez. 2015.

NTI/UFPI, NÚCLEO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Listagem solicitada no memorando eletrônico nº 47/2017 – PPGDMA**. Teresina: 2017.

Ó GALLACHÓIR, B.P., KEANE, M., MORRISSEY, E., O'DONNELL J. *Using indicators to profile energy consumption and to inform energy policy in a university - A case study in Ireland*. In: **Energy and Buildings**, vol. 39, pp. 913-922, 2007.

PROCEL, PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Procel Info/Sobre o Procel/O Programa**. 2017a. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em: 28/07/2017.

PROCEL, PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Selo Procel – Condicionadores de Ar**. Eletrobras, 2017b. Disponível em: <[http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}](http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}>)>. Acesso em: 21/11/2017.

REIS, L. C. L.; SEMÊDO, L. T. A. S.; GOMES, R. C. Conscientização Ambiental: da Educação Formal a Não Formal. In: **Revista Fluminense de Extensão Universitária**, v. 2, n. 1: pp. 47-60, Vassouras: 2012.

SENNA, A. J. T.; ALVES, R. R.; SANTOS, N. R. Z.; COSTA, F. L.; Determinação do índice de risco ambiental das instalações de uma unidade de uma instituição federal multicampi de ensino superior. In: **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, vol. 18, n. 1: pp. 555-565, Santa Maria-RS: 2014.

SILVA, A.L.C. da. **Introdução à análise de dados**. 2 ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2011.

SILVA, O. A. V. O. L.; SANTOS, F. F. P.; BARBOSA, F. R.; LEITE, C. S. Etiquetagem de Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços: Um retrato da (in)eficácia do programa no Piauí. In: **Carta CEPRO**. Teresina, 2015

SILVA, O. A. V. O. L.; SANTOS, F. F. P. ; BARBOSA, F. R. ; LEITE, C. S. *Electricity use management based on international protocol: A proposal for UFPI, Brazil*. In: **Revista Espacios (Caracas)**, v. 37, p. 26, 2016a.

SILVA, O. A. V. O. L.; SANTOS, F. F. P. ; BARBOSA, F. R. ; LEITE, C. S. *Feasibility of energy efficiency in universities classrooms: A case study in UFPI, Brazil*. In: **Revista Espacios (Caracas)**, v. 37, p. 10, 2016b.

SILVA, O. A. V. O. L.; BARBOSA, F. R. ; SANTOS, F. F. P. . **Viabilidade técnico-econômica da eficiência energética em edificações**. 1. ed. v. 1. 174p. Curitiba: Prismas, 2017.

SILVA, R. H.; CENCI, D. R. Multiculturalismo e Educação Ambiental – Reflexões acerca da construção de uma nova postura ética dos seres humanos. In: **Contexto & Educação**, Ano 30, nº 97: pp. 67-93, Ijuí: Ed. Unijuí, 2015.

SOUSA, E. S.; SOUSA, R. K. C.; CARVALHO, D. B. A função social das licitações sob a ótica do Plano de Gestão de Logística Sustentável – um estudo nas Universidades Federais Brasileiras. In: **XIV Colóquio Internacional de Gestão Universitária - CIGU**, Florianópolis-SC: 2014. Disponível em <
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/132009/2014-317.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21/12/2017.

SOUSA, E. S.; CARVALHO, D. B. Educação para Gestão Ambiental: um Estudo dos Instrumentos Propostos pela Administração Pública Federal voltados ao Consumo Sustentável. In: **Revbea – Revista Brasileira de Educação Ambiental**, vol. 10, n. 2: pp. 283-300, São Paulo: 2015.

SOUSA, R. K. C. **Diagnóstico da gestão ambiental na Universidade Federal do Piauí com ênfase no Plano de Gestão de Logística Sustentável**. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Resolução nº 236, de 12 de dezembro de 2013** – Aprova Programa de Capacitação Interna da UFPI (PCI/UFPI). Teresina: 2013.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Notícias/ Sustentabilidade é tema de reunião entre Reitor e senadora Regina Sousa**. Teresina: 2015a. Disponível em: <

<http://ufpi.br/ultimas-noticias-ufpi/8119-sustentabilidade-%C3%A9-tema-de-reuni%C3%A3o-entre-reitor-e-senadora-regina-sousa>>. Acesso em: 08/01/2018.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Notícias/ UFPI vence o Desafio da Sustentabilidade do MEC.** Teresina: 2015b. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/ultimas-noticias-ufpi/7612-ufpi-vence-o-desafio-da-sustentabilidade-do-mec>>. Acesso em: 12/09/2017.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **PDI – Plano de Desenvolvimento Institucional 2015-2019.** Teresina: 2015c.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. Processo Seletivo Para Ingresso Nos Cursos De Graduação Na Modalidade Presencial - 2º Semestre de 2016 - **Anexo I do Edital N° 13/2016-UFPI, de 30 de maio de 2016 - Quadro de Vagas.** Teresina: 2016a. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/ultimas-noticias-ufpi/11385-sisu-edital-com-normas-para-lista-de-espera>>. Acesso em: 07/06/2017.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Relatório de Gestão 2015.** Teresina: 2016b.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **A UFPI/ Institucional.** Teresina: 2017a. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/page.php?id=1>>. Acesso em: 25/05/2017.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Convocatória para Seminário de Discussão do Plano.** Teresina: 2017b.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **PRODEMA/ Dissertações/Teses.** Teresina: 2017c. Disponível em: <http://www.sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=pt_BR&id=340>. Acesso em: 02/01/2018.

UFPI, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente incrementa suas notas na CAPES.** Teresina: 2017d. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/ultimas-noticias-ufpi/19851-programa-de-pos-graduacao-em-desenvolvimento-e-meio-ambiente-incrementa-suas-notas-na-capes>>. Acesso em: 25/09/2017.

UN, UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.* 2015.

APÊNDICE A: Classificação dos Planos de Ação de Energia Elétrica quanto ao cumprimento da IN 10/2012-MPOG

TIPO	NOME	UF	REGIÃO	ANO	QUANTIDADE DE TÓPICOS			AVALIAÇÃO DO PLANO
					Atende Totalmente	Atende Parcialmente	Não atende	
Univ	Universidade Federal de Roraima	RR	Norte	2013	6	0	0	Ótimo
Univ	Universidade Federal do Ceará	CE	Nordeste	2013	5	1	0	Ótimo
Univ	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	MG	Sudeste	2013	5	1	0	Ótimo
Univ	Universidade Federal de Santa Maria	RS	Sul	2013	4	2	0	Ótimo
Univ	Universidade Federal da Paraíba	PB	Nordeste	2013	4	2	0	Ótimo
Univ	Universidade Federal de São João del Rei	MG	Sudeste	2013	4	1	1	Bom
Univ	Universidade Federal de Tocantins	TO	Centro-Oeste	2013	4	1	1	Bom
Inst	Instituto Federal de Educação do Sul de Minas Gerais	MG	Sudeste	2013	3	2	1	Bom
Univ	Universidade Federal do Oeste do Pará	PA	Norte	2014	3	2	1	Bom
Univ	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia	BA	Nordeste	2013	3	2	1	Bom
Univ	Universidade Federal de Sergipe	SE	Nordeste	2013	3	2	1	Bom
Univ	Universidade Federal da Fronteira do Sul	SC	Sul	2013	4	0	2	Bom
Univ	Universidade Federal Rural do Semi-Árido	RN	Nordeste	2013	3	1	2	Bom
Inst	Instituto Federal de Educação do Ceará	CE	Nordeste	2013	2	2	2	Regular
Univ	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	PR	Sul	201?	2	2	2	Regular
Inst	Instituto Federal de Educação do Norte de Minas Gerais	MG	Sudeste	2013	1	3	2	Regular
Univ	Universidade Federal da Grande Dourado	MS	Centro-Oeste	2014	2	1	3	Regular
Univ	Universidade Federal de Santa Catarina	SC	Sul	2013	2	1	3	Regular
Univ	Universidade Federal de Goiás	GO	Centro-Oeste	2013	2	1	3	Regular
Inst	Instituto Federal de Educação do Sertão Pernambucano	PE	Nordeste	2013	1	2	3	Regular
Inst	Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Sul	RS	Sul	2013	1	2	3	Regular
Inst	Instituto Federal de Educação do Espírito Santo	ES	Sudeste	2013	1	1	4	Ruim
Inst	Instituto Federal de Ed., Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte	RN	Nordeste	2015	1	0	5	Ruim
Univ	Universidade Federal de Alfenas	MG	Sudeste	2013	0	1	5	Ruim
Univ	Universidade do Sagrado Coração	SP	Sudeste	2014	0	0	6	Ruim

Fonte: Elaborada pela autora com dados de MPOG (2017)

ANEXO I – Dados do Plano de Gestão de Logística Sustentável proposto para a UFPI

EIXO TEMÁTICO	SETORES RESPONSÁVEIS PELA IMPLEMENTAÇÃO E GESTÃO	OBJETIVOS	METAS	INDICADORES
Consumo Sustentável	PRAD: Divisão de Compras e Comissão permanente de licitação	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumento da compra e de consumo de produtos sustentáveis e redução da compra e do consumo de produtos que produzem impacto negativo no meio ambiente; 2) Incentivos a Práticas de uso eficiente de equipamentos e serviços. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Redução da aquisição de copos plásticos; 2) Redução progressiva da compra de papel para impressão; 3) Incentivar a Logística Reversa (LR); 4) Reduzir o gasto com telefonia móvel; 5) Reduzir o gasto com telefonia fixa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Número de copos adquiridos em relação à compra anterior; 2) Número de resma de papel em relação à compra anterior; 3) Quantidade de bens inservíveis; 4) Valor gasto com telefonia móvel /ano; 5) Valor gasto com telefonia fixa /ano.
Eficiência energética	PREUNI: Coordenadoria de manutenção patrimonial Comissão de Eficiência Energética.	Racionalização do consumo e produção de energia elétrica	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aprimoramento da eficiência energética; 2) Produção descentralizada de energia pela UFPI 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Quantidade de Kwh / área construída; 2) Quantidade de Kwh produzida de modo descentralizado pela UFPI.
Água	PREUNI: Coordenadoria de manutenção patrimonial.	Racionalização do consumo de água	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vistoria semestral das instalações hidráulicas; 2) Monitoramento da qualidade da água; 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Número de vistorias realizadas nas instalações hidráulicas / semestre; Quantidade em volume de água/área construída; 2) Número de coleta e análise da água
Compras e contratações	PRAD: Divisão de Compras e Comissão permanente de licitação.	Implantação de uma política de compras e contratações sustentáveis	<ol style="list-style-type: none"> 1) Aumentar em 50% os critérios sustentáveis nas licitações; 2) Fomentar a compra compartilhada 3) Criação e divulgação online de um catálogo de produtos sustentáveis abertura de canal de comunicação virtual com os usuários para o envio de dados e sugestões 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Número de licitações com critérios de sustentabilidade; 2) Número de instituições participantes, em parceria, nas licitações da UFPI; 3) Número de consulta e de envio de dados e sugestões para o catálogo online

Gestão de resíduos sólidos e coleta seletiva	PREUNI: Coordenadoria de Serviços Operacionais	Destinação adequada de resíduos sólidos	1) Aumentar em 50% a destinação adequada de resíduos sólidos;	1) Quantidade de Resíduos Gerados(kg); 2) Quantidade de material reciclável adequadamente destinada(kg); 3) Quantidade de Resíduos especiais adequadamente
Gestão do deslocamento Sustentável	PREUN: Coordenadoria de Serviços Operacionais	Racionalização das viagens a serviço da UFPI com redução de consumo de combustíveis e emissão de poluentes emitidos por veículos	1) Reduzir o número de viagens a serviço da UFPI; 2) Reduzir consumo de combustíveis; 3) Reduzir emissão de poluentes emitidos por veículos	1) Número de viagens realizadas; 2) Percentual de veículos utilizados com etiquetagem veicular; 3) Consumo de combustível (L/km)
Qualidade de vida no Trabalho	SRH: Coordenação de atenção ao Servidor	Desenvolvimento de um ambiente de bem-estar e segurança no trabalho	1) Adotar medidas de segurança no trabalho; 2) Reduzir do número de servidores afastados por motivo de saúde; 3) Reduzir o número de acidentes de trabalho; 4) Desenvolver um Plano de Segurança nos Campi; 5) Desenvolver um programa de atenção psicossocial e interioriza-lo; 6) Desenvolver um plano de transição para a aposentadoria	1) Número de servidores afastados por motivos de saúde/ano; 2) Número de acidentes de trabalho/ano; 3) Elaboração de um plano geral e planos setoriais de segurança; 4) Número de Campi contemplados com programa de atenção psicossocial; 5) Número de participantes, em relação ao total de pré-aposentados /ano no plano de transição para a aposentadoria

Comunicação Sustentável	SCS: Coordenaria de Comunicação Social	Desenvolvimento de práticas de Comunicação Sustentável	<ol style="list-style-type: none"> 1) Reduzir o uso de material impresso para divulgação de eventos; 2) Fomentar o uso de meios eletrônicos na comunicação; 3) Divulgar o PLS desde sua elaboração até seu monitoramento e avaliação 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Quantidade de material impresso para divulgação de eventos/ano; 2) Número de eventos divulgados exclusivamente por meio eletrônico/ano; 3) Construção de um saite para divulgação do PLS.
Conscientização e capacitação para práticas sustentáveis.	SCS: Coordenaria de Comunicação Social; SRH: Coordenação de Desenvolvimento de Pessoal; PREG: Coordenadoria de Desenvolvimento de Ensino.	Sensibilização e Capacitação da comunidade universitária para as questões socioambientais	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ambientalização curricular dos cursos de graduação; 2) Curso de capacitação e rodas de conversa sobre PLS para servidores; 3) Criar um programa de comunicação para discutir os problemas ambientais de consumo, mobilidade, uso dos recursos naturais a partir da Pedagogia dos 5rs. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Número de cursos de graduação com disciplina de Temática Ambiental; 2) Número de servidores capacitados/ano e número de rodas de conversa/ano sobre o PLS; 3) Número de programas/ano
Gestão dos espaços construídos e áreas verdes	PREUNI: Coordenadoria de Planejamento e controle; Direção de Campi	Uso racional do espaço da UFPI e preservação de área verde	<ol style="list-style-type: none"> 1) Elaboração do Plano Diretor de Infraestrutura do Campus de Teresina; 2) Elaboração de um plano de gestão dos espaços construídos e áreas verdes dos campi fora da sede. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Plano Diretor de Infraestrutura do Campus de Teresina (implantação em 2020); Relatórios semestrais do processo de elaboração (2018-2019); 2) Plano de gestão dos espaços construídos e áreas verdes, campi (implantação em 2020); Relatórios semestrais do processo de elaboração (2018-2019).

Fonte: UFPI (2017b)