



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS

ENGENHARIA CIVIL

ESTÊVÃO BRASIL CRUZ

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES EM PALMAS –TO:
AVALIAÇÃO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO SEGUNDO O RTQ-C**

Palmas – TO

2020

ESTÊVÃO BRASIL CRUZ

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES EM PALMAS –TO:
AVALIAÇÃO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO SEGUNDO O RTQ-C**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Fundação Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial à obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Msc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira

PALMAS – TO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C957e Cruz, Estevão.

Estudo da Eficiência Energética de Edificações em Palmas –TO: Avaliação do Restaurante Universitário segundo o RTQ-C. / Estevão Cruz – Palmas, TO, 2020.

74 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2020.

Orientadora : Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira

1. Eficiência energética de edificações. 2. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. 3. Racionalização e conservação do uso de energia elétrica. 4. Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. I. Título

CDD 624

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTÊVÃO BRASIL CRUZ

ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES EM PALMAS-TO: AVALIAÇÃO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO SEGUNDO O RTQ-C

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Fundação Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial à obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

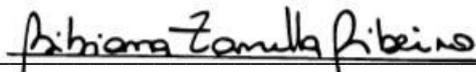
Orientadora: Prof. Msc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira

Data de aprovação: 26 / 11 / 2020

Banca Examinadora



Prof. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira, UFT



Prof. Bibiana Zanella Ribeiro, UFT



Mariela C. A. de Oliveira
UFT - Palmas
Prof. Mariela Cristina Alves de Oliveira, UFT

Palmas, 2020

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, por todo o apoio e pela ajuda durante estes anos.

À professora Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira, minha orientadora, por toda a confiança depositada.

Ao professor Salmo Moreira Sidel, pelo apoio sempre.

Aos amigos, pela amizade e por me acompanharem nesta caminhada.

RESUMO

As edificações são responsáveis por grande parte do consumo energético no mundo. O Brasil acompanha esta tendência, evidenciando a necessidade de estudos relacionados à eficiência energética das mesmas. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo o estudo e aplicação das normativas quanto a eficiência energética vigentes no Brasil, por meio da avaliação do Restaurante Universitário da UFT, campus Palmas. Esta avaliação foi realizada para os projetos e para o edifício construído, seguindo o método prescritivo estipulado no RTQ-C. O RTQ-C é regulamento nacional vigente, produzido pela parceria entre Inmetro, Procel e LabEEE. O Restaurante Universitário recebeu nível C para a edificação construída, mas não pode ter a avaliação dos projetos devidamente finalizada, recebendo uma ENCE parcial, segundo levantamentos deste trabalho. Embora a avaliação mediana alcançada pela edificação, é possível verificar a adoção de algumas chamadas boas práticas, ou práticas eficientes, e um potencial para alcançar o nível A com poucas modificações.

Palavras-chaves: Consumo energético. Eficiência energética. RTQ-C. Etiquetação. UFT

ABSTRACT

Constructions are responsible for a big share of energy consumption in the world. Brazil is following this tendency, proving the need of further research on their energy efficiency. Therefore, the following academical work has the purpose of studying and applying the Brazilian standards of energy efficiency, by meanings of evaluating UFT's Restaurante Universitário (university cafeteria), Palmas campus. This evaluation was realized focusing projects and erect buildings, according to the prescriptive method settled in RTQ-C – the ongoing nationwide regulation established by the fusion between Inmetro, Procel and LabEEE. Restaurante Universitário received a 'level C' grade for the erect building, but was not able to have its project properly evaluated, awarding a partial ENCE label, based on analysis during the making of this work. Although the building was evaluated as average, it is possible to verify the usage of some efficient measures and potential conditions to reach a 'level A' grade upon few modifications.

Keywords: Energy consumption. Energy efficiency. RTQ-C. Labeling. UFT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Potencial de redução de emissão de CO ₂	14
Figura 2: ENCE geral.	17
Figura 3: ENCE parcial.	18
Figura 4: Agrupamento das zonas bioclimáticas.	21
Figura 5: Linha do tempo dos principais documentos regulamentadores.	23
Figura 6: Classificações da certificação LEED.	24
Figura 7: Critérios mínimos para a certificação AQUA.	25
Figura 8: Restaurante Universitário.	27
Figura 9: Exemplo de cálculo para AHS	35
Figura 10: Delimitação dos níveis de eficiência para envoltórias.	36
Figura 11: Checklist para os pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar.	38
Figura 12: Acabamento das paredes externas do Restaurante Universitário.	46
Figura 13: Exemplo de cálculo para FF e FA.	48
Figura 14: Sistema de proteção de incidência solar por brises	50
Figura 15: Ângulos de sombreamento das fachadas oeste e leste	51
Figura 16: Escala de classificação da envoltória	52
Figura 17: Circuitos de iluminação do refeitório.	54
Figura 18: Exemplo de divisão de iluminação para ambientes com mais de 250m ²	55
Figura 19: Área de abrangência dos circuitos de iluminação do refeitório	55
Figura 20: Acabamento das fachadas do RU.	59
Figura 21: Telhado empregado no sistema de cobertura do RU	59
Figura 22: Circuitos de iluminação do refeitório.	60
Figura 23: Proposta de divisão de circuitos para o refeitório	64
Figura 24: Exemplo de ENCE parcial para o RU	65
Figura 25: Exemplo de ENCE geral para o RU.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral	20
Tabela 2: Classificação final.....	21
Tabela 3: Organismos acreditados pelo Inmetro	26
Tabela 4: Transmitância térmica de cobertura para os diferentes níveis de eficiência e zonas bioclimáticas.....	30
Tabela 5: Transmitância térmica de paredes externas para os diferentes níveis de eficiência e zonas bioclimáticas	31
Tabela 6: Resistência térmica superficial interna e externa.....	32
Tabela 7: Comparação entre AHS e AVS	36
Tabela 8: Parâmetros do $IC_{máxD}$	36
Tabela 9: Parâmetros do $IC_{mín}$	36
Tabela 10: Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.....	37
Tabela 11: Limite máximo aceitável de DPI para cada nível de eficiência.....	38
Tabela 12: Propriedades térmicas de materiais	41
Tabela 13: Características das coberturas do Restaurante Universitário.....	41
Tabela 14: Emissividade de superfície	42
Tabela 15: Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas	42
Tabela 16: Especificação das paredes externas do RU.....	45
Tabela 17: Transmitância e capacidade térmica para a parede de projeto.....	45
Tabela 18: Absortância para radiação solar	46
Tabela 19: Componentes de cálculo para IC_{env}	47
Tabela 20: Cálculo do Fator de Forma	49
Tabela 21: Cálculo do Fator Altura	49
Tabela 22: Valores de fator solar para diferentes tipos de vidro	51
Tabela 23: Característica dos condicionadores de ar.....	61
Tabela 24: Distinção das áreas para cálculo da eficiência energética	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

BP – British Petroleum

Cau – Conselho de Arquitetura e Urbanismo

Confea – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

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

DPI – Densidade de Potência de Iluminação

EJ – Exajoules

Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

GJ – Gigajoules

Gt – Gigatoneladas

IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

OIA – Organismos de Inspeção Acreditados

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.

Procel – Programa nacional de Conservação de Energia Elétrica

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

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

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Justificativa.....	10
1.2 Objetivo geral.....	11
1.3 Objetivos específicos.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Discussão de eficiência energética no mundo.....	13
2.2 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).....	15
2.3 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia e o Selo Procel-Edifica.....	17
2.4 Documentos Regulamentadores da ENCE.....	19
2.5 Estudos complementares.....	23
2.5.1 Retrofit	23
2.5.2 Certificações AQUA e LEED	23
2.5.3 Contextualização da região Norte	25
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Apresentação do objeto de estudo.....	27
3.2 Metodologia de avaliação de projeto pelo método prescritivo.....	28
3.2.1 Envoltória	30
3.2.2 Sistema de Iluminação	37
3.2.3 Sistema de Condicionamento de ar	38
3.3 Metodologia de avaliação da edificação por vistoria in loco.....	39
4 Resultados.....	40
4.1 Análise e avaliação dos projetos.....	40
4.1.1 Avaliação do nível de eficiência da envoltória de projeto	40
4.1.1.1 Análise da transmitância térmica da cobertura e das paredes externas.....	40
4.1.1.2 Análise das cores e absorvância de superfícies.....	45
4.1.1.3 Análise da iluminação zenital.....	47

4.1.1.4	Nível de eficiência da envoltória	47
4.1.2	Avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação de projeto	53
4.1.2.1	Desligamento automático do sistema de iluminação	53
4.1.2.2	Contribuição da luz natural.....	53
4.1.2.3	Divisão dos circuitos de iluminação	54
4.1.2.4	Nível de eficiência do sistema de iluminação.....	56
4.1.3	Avaliação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar de projeto	57
4.2	Análise e avaliação da edificação construída.....	58
4.2.1	Avaliação do nível de eficiência da envoltória para a edificação construída	58
4.2.2	Avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação para a edificação construída	59
4.2.3	Avaliação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar para a edificação construída	61
4.2.4	Bonificações para a edificação construída	62
4.2.5	Nível de eficiência da edificação construída	62
4.3	Interpretação dos resultados.....	63
5	Conclusão.....	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXO 1: POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO.....	73
	ANEXO 2: PROJETO ARQUITETÔNICO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO CAMPUS PALMAS	74
	ANEXO 3: PROJETO ELÉTRICO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO CAMPUS PALMAS	75

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética é uma questão de grande importância, sendo estudada por agências e empresas ao redor do mundo. Estas monitoram os gastos energéticos, onde foram empregados e as emissões de gases, como o dióxido de carbono, e realizam pesquisas visando alcançar técnicas mais eficientes e materiais que possibilitem suas aplicações. O ano de 2018 marcou ao mostrar um crescimento do consumo de energia de 2,9%, maior crescimento desde 2010 e aproximadamente o dobro da média de 10 anos (BP, 2019; IEA, 2011).

As edificações são grandes responsáveis pelos gastos de energia e com potencial de desenvolvimento energético, sendo mencionadas como um dos setores mandatórios pela IEA na atualização das recomendações de políticas energéticas (IEA, 2011). No Brasil, Nascimento e Maciel (2010) estimam que 50% da energia elétrica produzida é consumida pelas edificações, para manutenção, operação e garantir conforto.

Os estudos sobre eficiência energética desenvolvem práticas que diminuam o consumo de energia da edificação sem que isso interfira negativamente no conforto ou na produtividade da mesma (PÉREZ-LOMBARD et al., 2009). Neste sentido, o trabalho apresentado busca incentivar a aplicação de práticas eficientes efetuando a avaliação do Restaurante Universitário de acordo com a metodologia proposta pelo Inmetro no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.

1.1 Justificativa

A redução de gastos com energia está diretamente ligada à redução de emissão de gás carbônico à atmosfera. Segundo levantamentos da IEA, no ano de 2030, as edificações possuirão um dos maiores potenciais de redução do consumo energético e consequente redução de emissão de CO₂ (IEA, 2011). Embora a certificação nacional não trabalhe o conceito de edificação sustentável, focando apenas na eficiência energética, é uma iniciativa que tem potencial de crescimento em um setor que representa cerca de 50% do consumo nacional (NASCIMENTO; MACIEL, 2010).

Para as edificações brasileiras, a aplicação de práticas mais eficientes em edificações pode gerar uma economia em cerca de 30 a 50% no consumo de energia, se aplicados desde a fase de projeto. Este valor é representativo, principalmente em relação ao total de gastos com operação e manutenção da edificação durante a sua vida útil (NASCIMENTO; MACIEL, 2010). O montante aplicado durante as etapas de projeto e construção visando materiais e técnicas energeticamente mais eficientes é recuperado em um curto período de operação, em relação à vida útil da edificação.

A região norte, dentre as outras regiões geográficas brasileiras, apresenta o menor número de edificações certificadas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, sendo apenas oito, e a única região que não possui um Organismo de Inspeção Acreditado pelo Inmetro. Este trabalho é também um incentivo a futuros estudos sobre o tema na região e aplicação de novas tecnologias e práticas mais eficientes, a começar pelas edificações da própria Universidade Federal do Tocantins (Inmetro, 2019a).

1.2 Objetivo geral

Aplicar a metodologia de avaliação da eficiência energética, contida no RTQ-C, normatizado pela parceria entre o Inmetro, a Eletrobras e o CB3E/UFSC na atribuição do PBE, na edificação Restaurante Universitário da Universidade Federal do Tocantins (UFT) campus Palmas.

1.3 Objetivos específicos

Aplicar o método prescritivo de avaliação, contido no RTQ-C, nos projetos da edificação objeto de estudo.

Avaliar a transmitância térmica da edificação de acordo com a NBR 15220/2005 Desempenho térmico de edificações.

Executar a inspeção in loco no edifício para averiguação dos requisitos mínimos e detalhes de projeto.

Discutir soluções que podem ser aplicadas em projetos de reforma ou retrofit visando o melhor aproveitamento energético e menor consumo de energia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentadas as discussões e definições acerca da eficiência energética, acompanhado de um breve histórico do desenvolvimento do pensamento no Brasil e no mundo. Ao final serão apresentados os documentos regulamentadores no âmbito nacional e explicação de como utilizá-los.

2.1 Discussão de eficiência energética no mundo

Crises energéticas mundiais, como por exemplo, a crise do petróleo de 1979, associada a revolução iraniana, e a alta do petróleo no início dos anos 90, devido a primeira Guerra do Golfo, foram o que impulsionaram o início do pensamento sobre reduzir o consumo de energia e práticas de maior eficiência energética (PÉREZ-LOMBARD et al., 2009). Segundo a Agência Internacional de Energia (International Energy Agency, IEA), investir em eficiência energética é a maneira mais rápida e a menos onerosa de se alcançar a segurança energética e ambiental (IEA, 2011).

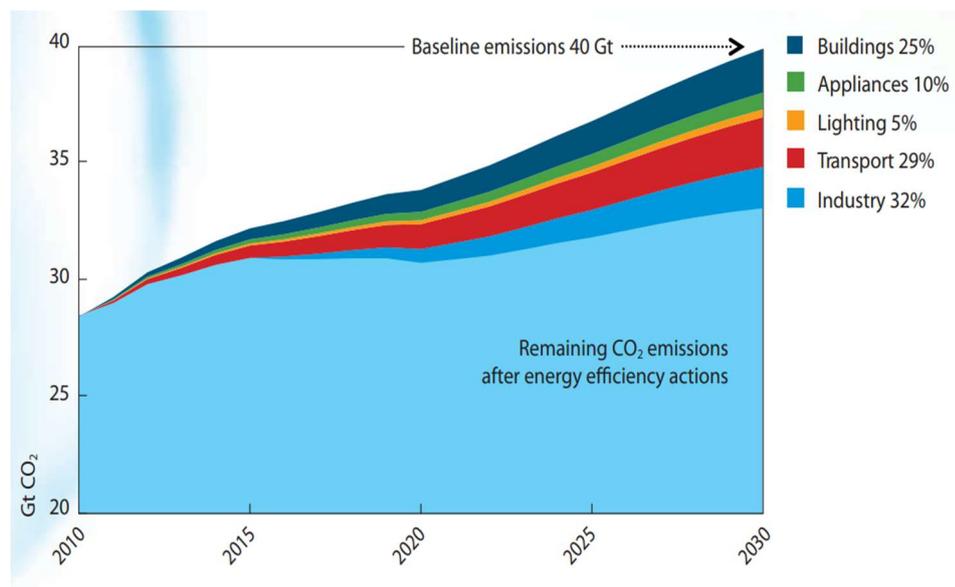
A eficiência energética está relacionada com a diminuição do consumo energético sem comprometer a produtividade e o conforto da edificação (PÉREZ-LOMBARD et al., 2009), que pode ser alcançado com o uso de materiais e equipamentos mais eficientes, técnicas construtivas que permitam o melhor uso da energia, como, por exemplo, arquitetura bioclimática, e utilização consciente (ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013).

Em 2011, a IEA publicou a atualização das 25 Recomendações de Políticas de Eficiência Energética onde apresenta medidas para redução do consumo de energia e redução da emissão de dióxido de carbono. A IEA definiu sete setores principais para a aplicação destas medidas, sendo elas: serviços de energia, indústrias, transporte, iluminação, equipamentos e eletrodomésticos, edificações e transetorial. Segundo o texto, se as recomendações fossem aplicadas mundialmente sem mais tardar, poderia se evitar a emissão de 7,6 gigatoneladas de CO₂/ano até 2030, valor cerca de 1,5 vezes a emissão dos Estados Unidos da América nos anos anteriores. Em valores de energia, as estimativas da IEA seriam de uma economia de aproximadamente 82 exajoules (EJ) até 2030, aproximadamente 17% do consumo mundial anual da época (IEA, 2011).

Para 2010, ano de referência das recomendações da IEA, o consumo de energia primária mundial per capita, segundo a British Petroleum (BP), era de 72,8 gigajoules (GJ) per capita, equivalente a aproximadamente 509,6 EJ, considerando a população mundial em 2010 aproximadamente sete bilhões de habitantes (UNFPA, 2010). O consumo atual é de 76,0 GJ per capita e a população mundial de 7,6 bilhões de habitantes, resultando em um consumo de 577,6 EJ de energia. Em valores de emissão de dióxido de carbono, a emissão mundial em 2010 foi de 31 gigatoneladas (Gt) de dióxido de carbono, sendo os maiores emissores do ano a China, com 8,1 Gt, e os Estados Unidos da América, com 5,4 Gt de dióxido de carbono (BP, 2019).

Para a IEA, o ramo da construção é o terceiro com maior potencial de redução de emissão de CO₂, e consumo de energia, podendo alcançar uma economia de 20 EJ/ano até 2030. De acordo com as previsões da IEA, a aplicação das recomendações para a área da construção pode contribuir com a redução de 25% da emissão mundial de CO₂ em 2030, como mostrado na figura 1.

Figura 1: Potencial de redução de emissão de CO₂.



Fonte: IEA, 2011.

As medições da BP (2019) mostram que a tendência de crescimento esperada pela IEA, para a emissão de CO₂, foi alcançada e, no ano de 2018 a marca foi ultrapassada, apresentando um crescimento de 2%, maior crescimento em sete anos. Este crescimento

também foi acompanhado do aumento da taxa de consumo global de energia de 2,9%, maior crescimento desde 2010 e o dobro da média de dez anos. China, Estados Unidos e Índia juntos contribuem com mais de dois terços no aumento da demanda de energia global, com os Estados Unidos apresentando a expansão mais rápida dos últimos 30 anos (BP, 2019).

No Brasil, cerca de 50% da energia elétrica produzida é consumida por edificações, utilizadas para sua operação, manutenção e para garantir conforto ambiental, como por exemplo, iluminação, climatização e aquecimento de água (NASCIMENTO; MACIEL, 2010). Pesquisas realizadas demonstram que o país também apresenta um grande potencial técnico de economia nas edificações, podendo alcançar 30% em edificações existentes e até 50% em edificações novas, se aplicadas práticas eficientes desde a etapa de projeto (ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013). Nascimento e Maciel (2010) incentivam a execução de projetos mais eficientes, afirmando que pode ser alcançada uma redução de até 30% do consumo de energia somente com arquitetura passiva.

Das 25 recomendações da IEA, cinco delas são específicas do setor de edificações e quatro delas já possuem iniciativas nacionais para contemplá-las. Estas recomendações são: criação de códigos e definição de desempenho mínimo de energia – previsto pela Lei de Eficiência Energética; desenvolvimento de materiais e sistemas de melhor desempenho energético – o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) realiza pesquisas na área; criação de certificados de eficiência energética – a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e o Selo Procel-Edifica; melhorar eficiência energética de edificações existentes – contemplado pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações. Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C); concentrar em edificações que atinja a autonomia energética, net-zero energybuildings – não previsto pelo regulamento atual.

2.2 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

No Brasil, a discussão sobre eficiência energética tem início em 1984, por iniciativa do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). Inicialmente, o programa se aplicava a área automotiva, mas ganha o *status* de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), passando a atuar principalmente com produtos

consumidores de energia elétrica. Com a parceria da Centrais Elétricas Brasileiras LTDA (Eletrobras), através do Procel, e da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), através do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), o PBE ganha ainda mais visibilidade, culminando na promulgação da Lei nº10.295, de 17 de outubro de 2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética e o Decreto nº4.059, de 19 de dezembro de 2001, que a regulamentou (ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013).

A Lei de Eficiência Energética representa um marco na história das pesquisas nacionais sobre eficiência, pois é a primeira lei brasileira que dispõe sobre o tema (CARLO; LAMBERTS, 2010). Segundo esta lei, o Poder Executivo deve estabelecer os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética para equipamentos e máquinas que sejam fabricadas ou comercializadas no Brasil, bem como também desenvolver mecanismos que estimulem a eficiência energética das edificações construídas no país (BRASIL, 2001b).

O Decreto nº4.059 regulamenta a coordenação do Ministério de Minas e Energia sobre a política de uso e conservação de energia e institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, que possui como uma de suas competências, a de constituir o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (BRASIL, 2001a). Este decreto supracitado é revogado pelo Decreto nº9.864, de 27 de junho de 2019, que altera, no campo das edificações, a composição dos representantes no Grupo Técnico, acrescentando a participação de representantes do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (Cau), da Câmara Brasileira da Indústria da Construção e rearranjando os ministérios e secretarias (BRASIL, 2019).

Embora o Ministério de Minas e Energia coordene a política de uso de energia nacional, o Inmetro é o coordenador do PBE. Ficam a cargo do Inmetro desenvolver a regulamentação para a concessão da ENCE, o credenciamento dos equipamentos e edificações, com suas devidas avaliações, e, em específico para as edificações, o credenciamento dos Organismos de Inspeção Acreditados (OIA), organismos estes que têm a licença e o treinamento para realizar a avaliação dos projetos e documentos das edificações conforme os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) (INMETRO, 2013a).

2.3 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia e o Selo Procel-Edifica

A ENCE tem o objetivo de informar a eficiência energética dos produtos consumidores de energia ao público, seja de equipamentos, eletrodomésticos ou mesmo edificações. No caso das edificações, há dois tipos de etiqueta: a de projeto, facultativa para edificações já existentes, e a da edificação construída, mostradas na figura 2. A etiqueta traz na parte superior os dados referentes à localização da edificação, método de avaliação e o tipo de ENCE solicitada. No corpo da etiqueta, mostra classificação geral da edificação, que pode variar de A, mais eficiente, a E, menos eficiente, a classificação de cada um dos sistemas avaliados, envoltória, iluminação e condicionamento de ar, os pré-requisitos gerais e as bonificações alcançadas (INMETRO, 2013b).

Figura 2: ENCE geral.

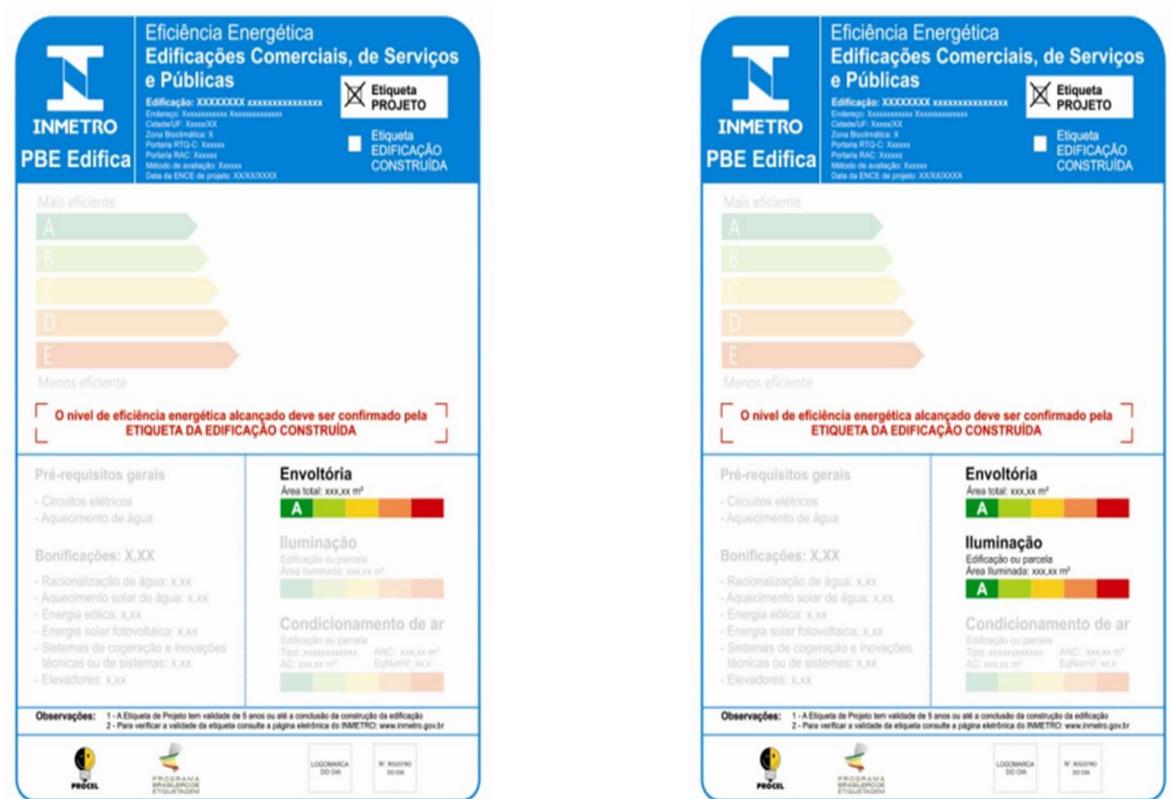


Fonte: INMETRO, 2013b.

A figura 2 mostra a ENCE Geral, onde foram avaliados todos os três sistemas individuais, mas também há a possibilidade de solicitar uma avaliação parcial, onde apenas um ou dois sistemas são avaliados. Há três possibilidades de avaliação parcial, sendo

sempre necessária a avaliação da envoltória. Assim, as possibilidades são: apenas a envoltória, envoltória acompanhada do sistema de iluminação ou envoltória acompanhada do sistema de condicionamento de ar. A figura 3 mostra duas das opções de ENCE Parcial, onde foram avaliados apenas a envoltória, à esquerda (a), e, à direita (b), a envoltória e o sistema de iluminação (INMETRO, 2013b).

Figura 3: ENCE parcial.



(a)

(b)

Fonte: INMETRO, 2013b.

O Selo Procel, é concedido aos equipamentos e edificações que apresentam os melhores índices de eficiência, sendo estes preferencialmente integrantes do PBE. Aos avaliados com o nível A da ENCE, é também concedido o Selo Procel (ELETROBRAS, 2013). O Procel, dentre suas diversas áreas de atuação, desenvolve e apoia projetos que visam a conservação e uso racional de energia em edificações, com pesquisas na área de novos materiais, tecnologias e sistemas construtivos mais eficientes. O Procel-Edifica é um subprograma do Procel que objetiva a divulgação e estímulo à aplicação de técnicas mais

eficientes e viabilizar a implementação da lei de eficiência energética no que tange às edificações em território nacional (ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013).

2.4 Documentos Regulamentadores da ENCE

Para a regulamentação da etiquetagem nacional foram criados três documentos-base, sendo eles o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e o Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC). Além deste, outros documentos auxiliares foram redigidos, onde se encontram manuais e diretrizes (PROCEL, 2019).

O RAC foi o documento criado para estabelecer os requisitos para a solicitação da avaliação da edificação. Nele se encontra formulários, termos de compromisso, dentre outros que devem ser apresentados à OIA no ato de solicitação da avaliação, e também explicita as etapas de inspeção de projeto, inspeção da edificação construída, tratamento de não conformidades e o tratamento de reclamações. Outro tema abordado pelo RAC é quanto às responsabilidades e obrigações, tanto do solicitante quanto da OIA, definindo também o corpo técnico mínimo do organismo e a formação necessária dos inspetores (INMETRO, 2013a).

As duas primeiras versões do RAC, publicadas em 2009 e 2010, tratavam apenas de edificações comerciais. Com o lançamento do RTQ-R no fim de 2010, é publicado, no início de 2011, um terceiro documento, tratando agora apenas das edificações residências. O RAC unificado, atualmente em vigor, foi publicado em 2013, regido pela portaria Inmetro nº50 de 1º de fevereiro de 2013 (ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013).

O RTQ-C e o RTQ-R são os documentos responsáveis por criar condições para a etiquetagem de edifícios não industriais. Eles trazem os parâmetros de avaliação das edificações, que podem ser diferentes de acordo com o tipo de edificação, uso final, zona bioclimática em que se encontra, dentre outras variantes. O RTQ-R é o documento que trata

das edificações residenciais e se encontra na sua segunda versão, publicada em janeiro de 2012 (ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013).

Para as edificações comerciais, de serviço e públicas, o documento que regulamenta a as condições para etiquetagem do nível de eficiência é o RTQ-C. A classificação destas edificações é feita pela avaliação de três sistemas individuais, sendo eles a envoltória, com peso de 30%, o sistema de iluminação, com peso 30% e o sistema de condicionamento de ar, com peso 40%. Em adicional às avaliações de eficiência supracitadas, a edificação também deve cumprir com pré-requisitos, gerais e específicos de cada sistema. Mesmo apresentando a alta eficiência energética, caso não seja cumprido algum pré-requisito de nível, a edificação não recebe a classificação máxima potencial. Os pré-requisitos gerais são quanto aos circuitos elétricos e sistema de aquecimento de água (INMETRO, 2010).

O RTQ-C apresenta duas metodologias de avaliação, o método prescritivo, que utiliza de equações e análise de um número limitado de simulações por meio de regressão, e o método por simulação, que utiliza de programas computacionais que sejam validados pela ASHRAE Standard 140. O método por simulação é recomendado quando há a utilização de materiais de alto desempenho energético ou possuir elementos de sombreamento diferenciados por orientação. As avaliações parciais dos sistemas devem ser realizadas a partir de uma das combinações apresentadas pela tabela 1 (INMETRO, 2010).

Tabela 1: Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral

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

Fonte: INMETRO, 2010 adaptado

No método prescritivo, cada sistema gera um equivalente numérico. Estes valores serão aplicados à equação geral para obter um resultado que varia de zero a cinco, sendo os valores associados a uma avaliação final conforme a tabela 2. Embora os sistemas tenham nota máxima igual a cinco, a edificação pode receber uma nota final maior devido às bonificações, que podem chegar a um ponto extra.

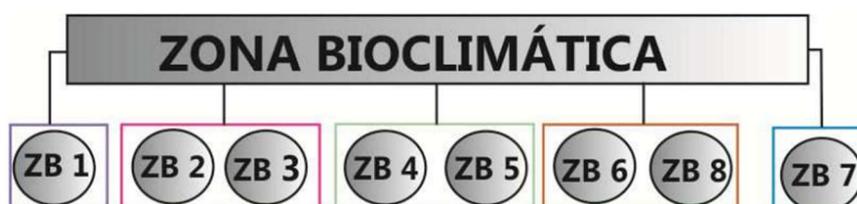
Tabela 2: Classificação final

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

Fonte: INMETRO, 2013b adaptado

Quanto ao estudo da envoltória, são considerados os percentuais de abertura nas fachadas e os ângulos de sombreamento, juntamente aos índices de fator de altura e fator forma. A equação a ser utilizada no cálculo depende da zona bioclimática onde a edificação se encontra e a área de projeção da edificação. As zonas bioclimáticas são agrupadas conforme mostrado na figura 4, e para cada grupo existem duas equações, para áreas de projeção menores ou maiores que 500 m².

Figura 4: Agrupamento das zonas bioclimáticas.



Fonte: INMETRO, 2013b.

O cálculo também leva em consideração dois fatores quanto à volumetria, como o fator forma e o fator altura, que devem respeitar os limites também definidos pelas zonas bioclimáticas. As oito zonas bioclimáticas são estabelecidas pela norma Desempenho térmico de edificações, NBR 15220/2005, na parte 3, Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

Os pré-requisitos específicos para avaliação da envoltória são relacionados à transmitância térmica, de coberturas e paredes externas, e para ambientes artificialmente condicionados ou não; cores e absorvância de superfícies; e iluminação zenital (INMETRO, 2010). O RTQ-C e o Manual para aplicação do RTQ-C não sobrepõem as implicações das

NBR 15220 ou a NBR 15575, Desempenho de edificações habitacionais, mas sim recomenda consultar as mesmas, principalmente na questão de absorvência solar (INMETRO, 2010, 2013b).

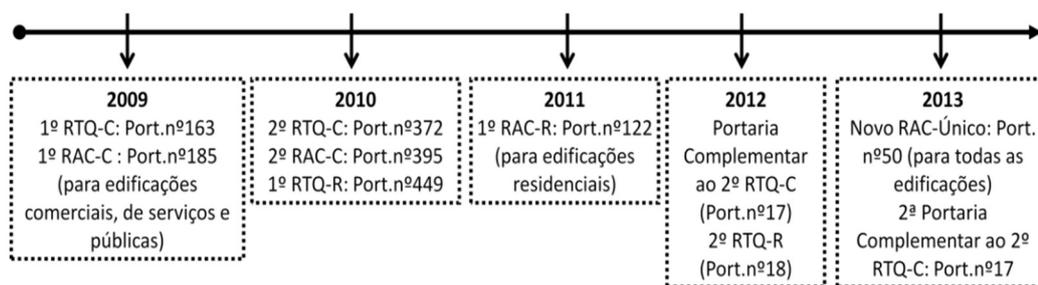
O sistema de iluminação possui pré-requisitos quanto à divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema iluminação. A divisão do circuito deve ser de forma que todos os ambientes independentes possuam um dispositivo de acionamento manual e preferencialmente que seja possível visualizar todo o ambiente iluminado, caso não seja possível será necessária uma representação gráfica da área abrangida. De forma a reduzir a utilização de iluminação artificial quando há contribuição de luz natural, para alcançar a nota B é necessário que o acionamento de luminárias próximas a janelas deve ser independente das demais. De forma a atender o último pré-requisito, necessário para alcançar o nível A, a edificação deve possuir um sistema de desligamento automático para áreas superiores a 250 m² (INMETRO, 2010, 2013b).

O cálculo da eficiência do sistema de iluminação pode ser feito mediante dois métodos, o método da área do edifício ou o método das atividades do edifício. A definição de método utilizar depende das atividades realizadas na edificação, sendo o método da área do edifício empregado em edificações com no máximo três atividades principais ou quando estas ocuparem mais de 30% da área do edifício. Em ambos os métodos, é calculado e avaliado a densidade de potência de iluminação (DPI), comparando com a DPI limite dos ambientes (INMETRO, 2010, 2013b).

A avaliação do sistema de condicionamento de ar, para condicionadores já avaliados pelo Inmetro, basta a conferência do nível da ENCE alcançada pelo mesmo na página eletrônica do Inmetro. Os sistemas não previamente avaliados, devem passar pela avaliação descrita no RTQ-C e no Manual para aplicação do RTQ-C, no item 5.4.

A primeira versão do RTQ-C, de 2009, não abrangia edificações com áreas menores que 500 m² e possuía pré-requisitos para a utilização de elevadores. Na versão utilizada atualmente é a publicada em 2010, pela portaria Inmetro n°372 com alterações das portarias Inmetro n°17 de 2012 e n°299 de 2013. As atualizações trouxeram modificações em alguns pré-requisitos, como em relação à utilização de água quente, e nas equações do índice de consumo da envoltória.

Figura 5: Linha do tempo dos principais documentos regulamentadores.



Fonte: ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC, 2013.

2.5 Estudos complementares

2.5.1 Retrofit

O retrofit, aplicado a construção civil, consiste na revitalização de edificações, renovando os sistemas complementares ou adequando às novas normas. Em muitos casos atribui-se novas funções ao edifício, mas mantendo características intrínsecas daquela obra, tornando-se assim uma alternativa atrativa para edifícios antigos ou casas históricas que se encontram subutilizadas. Esta prática iniciou nos Estados Unidos e países da Europa onde, nos centros urbanos, se encontravam dificuldades como disponibilidade de terrenos desocupados ou a preocupação com o patrimônio histórico (PORTAL AECWEB, 2019).

Segundo a Homify (2018), atualmente 50% dos projetos na Europa são devidos ao processo de retrofit. Por meio do retrofit é possível solicitar a avaliação do edifício para a concessão da ENCE. Para tal, há documentos específicos que auxiliam nas alternativas que podem ser tomadas para aumentar o nível avaliado da edificação.

2.5.2 Certificações AQUA e LEED

Há outras certificações ambientais difundidas no Brasil, como por exemplo, as certificações Alta Qualidade Ambiental (AQUA) e o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Estas certificações trabalham com o conceito de edificação

sustentável, avaliando não apenas a questão energética, mas também o consumo de água, descarte de resíduos, emissão de CO₂ (NASCIMENTO; MACIEL, 2010).

A certificação LEED possui quatro tipos de avaliação, direcionadas a novas construções, design de interiores, edifícios existentes e bairros. Cada empreendimento é avaliado em nove categorias: processo integrado; localização e transporte; terrenos sustentáveis; eficiência hídrica; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade do ambiente interno; inovação; e prioridade regional. Cada categoria possui seus próprios pré-requisitos e créditos, que atribuem a pontuação ao empreendimento, que pode variar de 40 pontos, mínimo para alcançar a certificação básica, a 110 pontos, figura 6. A certificação LEED pode ser aplicada a qualquer momento no empreendimento (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2019).

Figura 6: Classificações da certificação LEED.



Fonte: GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2019.

Tal qual a certificação LEED, a certificação AQUA pode ser aplicada para edifícios existentes ou futuros, podendo ser aplicado desde a fase de planejamento da obra. O sistema prevê auditorias e avaliações em três etapas, pré-projeto, projeto e execução, onde 14 categorias são classificadas como níveis não-conforme, base, boas práticas e melhores práticas. O mínimo necessário para alcançar a certificação é, pelo menos, três categorias classificadas como melhores práticas, e no máximo sete categorias classificadas como base, figura 7. As 14 categorias são: edifício e seu entorno; produtos, sistemas e processos construtivos; canteiro de obras; energia; água; resíduos; manutenção; conforto

higrotérmico; conforto acústico; conforto visual; conforto olfativo; qualidade dos espaços; qualidade do ar; e qualidade da água (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2019a).

Figura 7: Critérios mínimos para a certificação AQUA.



Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2019a.

Como apresentado acima, estas certificações possuem uma preocupação ambiental maior que o processo de avaliação estipulada pelo RTQ-C, onde o foco é minimizar o consumo energético e a perda de energia para o meio. A certificação AQUA pode ser trabalhada juntamente a ENCE, uma vez que o referencial de avaliação AQUA, na categoria energia, aceita as orientações estabelecidos pelo RTQ-C como justificativa e parâmetros para os critérios de concepção bioclimática da envoltória, densidade de potência de iluminação (DPI) limite para a redução de consumo de energia na iluminação artificial, e na definição de eficiência mínima dos sistemas de condicionamento de ar (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2019b).

2.5.3 Contextualização da região Norte

No estado do Tocantins ainda não há nenhuma edificação certificada pela ENCE nem órgão acreditado pelo Inmetro, para a realização da avaliação e concessão da mesma. Na região norte do país são apenas oito edificações certificadas, entre certificados de projeto geral, sendo uma em Manaus – AM, duas em Belém – PA, três em Boa Vista – RR,

e uma em Porto Velho – RO (INMETRO, 2019b). Atualmente há seis Organismos Acreditados no país sendo apenas três ativos, a tabela 3 lista estes organismos.

Tabela 3: Organismos acreditados pelo Inmetro

Nome do Organismo	UF	Cidade	Situação
CERT-FUNDAÇÃO CENTRO DE REFERENCIA EM TECNOLOGIAS INOVADORAS	SC	Florianópolis	Cancelado a Pedido do Organismo
FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI	SP	São Paulo	Ativo
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS	RS	Pelotas	Ativo
QUALI-A CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA LTDA. - EPP	DF	Brasília	Suspensão a Pedido do Organismo
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN/LABCON-OIEDIFICA	RN	Natal	Cancelado a Pedido do Organismo
HABT - EDIFÍCIO EFICIENTE ARQUITETOS LTDA.	RN	Natal	Ativo

Fonte: INMETRO, 2019b adaptado

Na Universidade Federal do Tocantins (UFT), a metodologia de avaliação do RTQ-C já foi aplicada a outra edificação. É o do Bloco J, que foi avaliado tanto pelo método prescritivo quanto pelo método por simulação. O nível alcançado pela edificação em questão foi de A, para o método por simulação, e B para o prescritivo. Segundo as autoras, esta diferença de nível se dá devido a limitações no processo de avaliação do método prescritivo, onde as equações e parâmetros são baseados em um número finito de exemplos que compõem o banco de dados (VALADARES; OLIVEIRA, 2015).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia de avaliação que será aplicada ao objeto de estudo, o Restaurante Universitário da Universidade Federal do Tocantins, seguindo o RTQ-C e as recomendações do Manual para aplicação do RTQ-C a fim de discutir sobre as decisões de projeto e execução junto à nota alcançada. A avaliação geral se dará a partir da classificação de cada um dos sistemas independentes, seguindo os passos

explicados neste capítulo. A pesquisa é de caráter qualitativo, objetivando classificar a edificação quanto ao nível de eficiência alcançado que pode variar de A a E.

3.1 Apresentação do objeto de estudo

A edificação que será utilizada como objeto de estudo deste trabalho é o Restaurante Universitário da Universidade Federal do Tocantins – Campus Palmas, mostrado na figura 8. A edificação possui área total construída de 1119,06 m² segundo o projeto arquitetônico, e o método construtivo utilizado foram estruturas aporticadas em concreto armado.

Figura 8: Restaurante Universitário.



Fonte: GOOGLEMAPS, 2019.

Inaugurado em junho de 2014, o Restaurante Universitário tem por função servir refeições balanceadas e a preços mais acessíveis à comunidade acadêmica, função social que auxilia principalmente na permanência de estudantes na universidade. O Restaurante Universitário se localiza na região norte da cidade de Palmas –TO, que, segundo a NBR 15220-3/2005, se localiza na Zona Bioclimática 7.

O Restaurante Universitário possui os seguintes ambientes: Lavatório e sanitário masculino e feminino; Atendimento e Caixa; Área de refeitório para mesas; Varanda externa contornando o refeitório com espaço para mesas; Ilha aonde serão distribuídas as bandejas; Sala para nutricionista; Sala de Higienização com saída para lixo; Área de cocção e distribuição que conta com ambientes abertos de apoio a distribuição, preparo de sucos e frutas, apoio de cocção, assepsia das mãos, assados e apoio a distribuição; Lavagem de panelas; Administrativo e financeiro; Pré-preparo de vegetais; Pré-preparo de carnes; Depósito e saída de lixo; Recepção e Pré-higienização de mercadorias; Despensa; Despensa diária; duas Câmaras frias com Ante-Câmara; Depósito de monoblocos; Desembarque de mercadorias; Depósito de material de limpeza; Vestiário e sanitário Masculino funcionários e Vestiário e sanitário feminino funcionários. No Anexo 2 são apresentadas as plantas do projeto arquitetônico.

3.2 Metodologia de avaliação de projeto pelo método prescritivo

Para este trabalho, os projetos da edificação em questão foram avaliados segundo a metodologia proposta no RTQ-C, sendo utilizado o método prescritivo nos três sistemas avaliados: envoltória, iluminação e sistema de condicionamento de ar. A avaliação da ventilação, por ser apenas feita por simulação, não foi realizada neste trabalho. De acordo com a metodologia, a classificação geral foi calculada através da equação 1.

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

Eq. 1

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;

b - Pontuação obtida pelas bonificações;

EqNumCA - Equivalente numérico do condicionamento de ar;

EqNumDPI - Equivalente numérico da iluminação;

EqNumEnv - Equivalente numérico da envoltória;

EqNumV - Equivalente numérico dos ambientes ventilados naturalmente;

PT - Pontuação total.

A equação 1 atribui pesos aos três sistemas, sendo três para a envoltória e para a iluminação e quatro para o condicionamento de ar. Para a envoltória e o sistema de condicionamento é calculada ainda a relação das áreas dos ambientes condicionados (AC), ambientes de permanência transitória e dos ambientes não condicionados de permanência prolongada com a área útil da edificação. Para o método prescritivo não é calculado o equivalente de ventilação.

Os materiais utilizados para a avaliação foram os projetos arquitetônico, elétrico, de ar condicionado e os memoriais descritivos dos restaurantes de Araguaína e Gurupi cedidos pela Coordenação de infraestrutura (Coinfra) do Campus Palmas. Em entrevistas não estruturadas e não gravadas junto a Coinfra, foi informado que o RU de Palmas fora licitado sem possuir memorial descritivo próprio, mas que os memoriais de Araguaína e Gurupi teriam sido aplicados na edificação em Palmas. Para este trabalho foram consideradas as características constantes nos memoriais, no que tange as necessidades da avaliação pelo RTQ-C. Estas mesmas foram conferidas na etapa de avaliação da edificação construída, no momento da realização das visitas técnicas.

O roteiro realizado foi: a conferência do atendimento aos pré-requisitos gerais; avaliação de cada um dos sistemas, conferindo o atendimento aos pré-requisitos específicos e a classificação de nível; conferência de possíveis bonificações; aplicação da equação 1 para classificação geral de nível de eficiência.

Os pré-requisitos são exigências que a edificação deve cumprir para alcançar os níveis mais altos da classificação. Os pré-requisitos gerais dispostos no RTQ-C são em relação aos circuitos elétricos e ao aquecimento de água. Devido ao fato de a edificação não apresentar um elevado consumo de água quente, maior ou igual a 10% do consumo de energia segundo o RTQ-C, este pré-requisito foi considerado atendido.

Quanto aos circuitos elétricos, para a obtenção dos níveis A e B os circuitos devem ser separados por uso final e possuir instalado equipamento que possibilite a medição por uso final. O Manual para aplicação do RTQ-C ressalta ainda que não é exigido que as medições sejam realizadas, mas que o circuito seja projetado para que, caso seja necessária a medição, já possua os equipamentos instalados.

3.2.1 Envoltória

Os pré-requisitos específicos das envoltórias são três itens a serem avaliados, transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital. Para os níveis A e B de eficiência, todos os três itens devem ser avaliados com o mínimo estipulado pelo RTQ-C, com diferentes limites para cada. Já os níveis C e D consideram apenas o primeiro item citado.

A transmitância térmica distingue paredes externas de coberturas, ambientes condicionados de não-condicionados e diferentes zonas bioclimáticas, aplicando limites diferentes para as combinações. A avaliação é executada da mesma forma para todos os níveis, mas com limites mais rigorosos para os níveis mais altos. A tabela 4 mostra os valores limites de cada nível de eficiência para os sistemas de cobertura, e a tabela 5 os limites para as paredes externas.

Tabela 4: Transmitância térmica de cobertura para os diferentes níveis de eficiência e zonas bioclimáticas

Zonas bioclimáticas	Ucob A (W/m ² K)		Ucob B (W/m ² K)		Ucob C e D (W/m ² K)	
	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes condicionados	Ambientes não condicionados
ZB 1 e 2	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	
ZB 3 a 8	1,0	2,0	1,5	2,0		

Fonte: INMETRO, 2013 adaptado

Tabela 5: Transmitância térmica de paredes externas para os diferentes níveis de eficiência e zonas bioclimáticas

Zonas bioclimáticas	Upar A (W/m²K)	Upar B (W/m²K)	Upar C e D (W/m²K)
ZB 1 e 2	1,0	2,0	3,7
ZB 3 a 6	3,7		
ZB 7 e 8	2,5 W/m ² K para CT < 80 kJ/m ² K		
	3,7 W/m ² K para CT > 80 kJ/m ² K		

Fonte: INMETRO, 2013 adaptado

O RTQ-C exige que o cálculo seja efetuado de acordo com a NBR 15220/2005 – Desempenho térmico de edificações, que, em sua segunda parte, Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações, onde é definida a transmitância e apresenta exemplos de cálculo. Segundo esta norma, a transmitância térmica é calculada a partir da resistência térmica, sendo uma o inverso da outra, equação 2.

$$U = 1/R_T$$

Eq. 2

Onde:

U - transmitância térmica de ambiente a ambiente;

R_T - resistência térmica total.

A resistência térmica total de um elemento, segunda a mesma NBR supracitada, é a soma das parcelas referentes à resistência térmica superficial externa, interna e a resistência térmica de superfície a superfície, equação 3. As resistências de superfície, tanto externas quanto internas, são valores tabelados, e variam em relação à direção do fluxo de calor, tabela 6.

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$$

Eq. 3

Onde:

R_T - resistência térmica total;

R_{se} - resistência térmica superficial externa;

R_t - resistência térmica de superfície a superfície;

R_{si} - resistência térmica superficial interna.

Tabela 6: Resistência térmica superficial interna e externa					
R _{si} (m ² K)/W			R _{se} (m ² K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
→	↑	↓	→	↑	↓
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04
Fonte: ABNT NBR 15220 - Parte 2, 2005 adaptado					

Com relação à resistência de superfície a superfícies, o seu valor é encontrado pela ponderação das áreas de seção dos diferentes materiais e a relação entre suas espessuras e o coeficiente de condutividade térmica, valor também encontrado em tabelas da NBR 15220/2005 – Parte 2. As equações 4 e 5 mostram os passos necessários para execução do cálculo.

No caso exclusivo das paredes externas das zonas bioclimáticas 7 e 8, o RTQ-C determina a necessidade do cálculo da capacidade térmica para o cumprimento do pré-requisito. Neste caso, o cálculo é realizado conforme a equação 6, também retirada da norma NBR 15220/2005 – Parte 2. A capacidade térmica de cada componente pode ser adquirida através do fabricante ou por valores conhecidos pela bibliografia.

$$R_t = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$

Eq. 4

$$R_n = \frac{e_n}{k_n}$$

Eq. 5

Onde:

R_t - resistência de superfície a superfície;

A_n - área da superfície de cada seção;

R_n - resistência térmica das n camadas de materiais;

e_n - espessura correspondente à camada;

k_n - condutividade térmica do material correspondente à camada.

$$C_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\left(\frac{A_a}{C_{Ta}}\right) + \left(\frac{A_b}{C_{Tb}}\right) + \dots + \left(\frac{A_n}{C_{Tn}}\right)}$$

Eq. 6

Onde:

C_T - capacidade térmica total do elemento;

A_n - área da superfície de cada seção;

C_{Tn} - capacidade térmica de cada componente.

O segundo pré-requisito a ser avaliado é o de cores e absorvância de superfícies, e para tal, o Manual para aplicação do RTQ-C exige valores de absorvância à radiação solar

(α) menores que 0,50 do espectro solar. Estes valores podem ser encontrados junto aos fabricantes do revestimento ou na bibliografia especializada.

Para o terceiro pré-requisito, a iluminação zenital, é feito um balanceamento entre a contribuição das aberturas para a iluminação dos ambientes com a carga térmica que implicam. São avaliadas as aberturas com ângulo igual ou inferior a 60° em relação ao plano horizontal, os limites são os mesmos para os níveis A e B.

A nota alcançada pela envoltória é dada utilizando de equações matemáticas, que variam de acordo com a área da edificação e com a zona bioclimática em que a mesma se encontra, como o já explicado em 2.4. Como o Restaurante Universitário se encontra na zona bioclimática 7, segundo a NBR 15220/2005, e possui área total maior que 500 m², a equação a ser utilizada é a equação 7, apresentada a seguir:

$$IC_{env} = -69,48 * FA + 1347,78 * FF + 37,74 * PAF_T + 3,03 * FS - 0,13 * AVS \\ - 0,19 * AHS + \frac{19,25}{FF} + 0,04 * \frac{AHS}{(PAF_T * FS)} - 306,35$$

Eq. 7

Para o cálculo ser realizado, é necessário o levantamento de valores que representam características da envoltória, que são eles:

Fator Forma (FF) – equação 8;

$$FF = \frac{\text{Área da envoltória}}{\text{Volume total da edificação}}$$

Eq. 8

Fator Altura (FA) – equação 9;

$$FA = \frac{\text{Área projeção da cobertura}}{\text{Área total construída}}$$

Eq. 9

Percentual de abertura na fachada (PAF) – equação 10;

$$\text{PAF} = \frac{\text{Soma das áreas de abertura}}{\text{Área total de fachada}}$$

Eq. 10

Fator Solar (FS), calculado conforme especificado na NBR 15220-2/2005 – equação 11, ou, dependendo d material, fornecido pelo fabricante;

$$\text{FS} = U * \alpha * R_{se} + \tau$$

Eq. 11

R_{se} - resistência superficial externa;

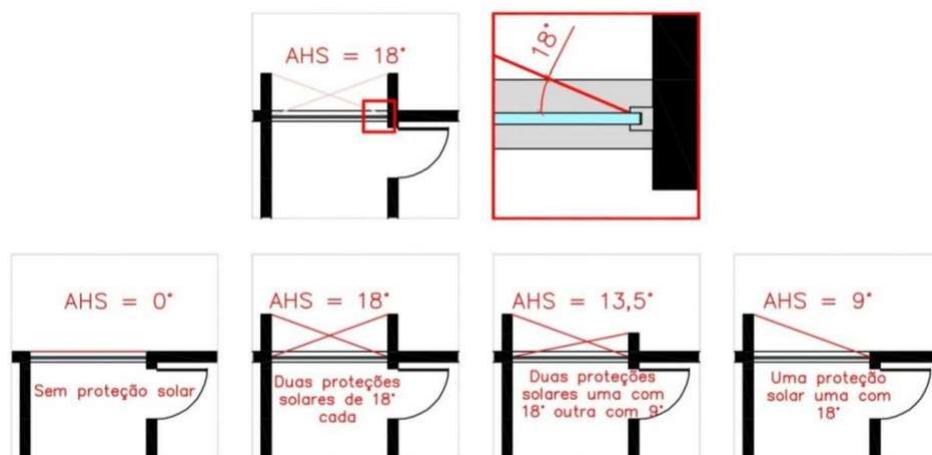
U - transmitância térmica do elemento;

α - absorvância à radiação solar;

τ - transmitância à radiação solar.

Ângulo vertical de sombreamento (AVS) e Ângulo horizontal de sombreamento (AHS), medidos por análise em corte e planta respectivamente, conforme apresentado na tabela 7. Para AHS, quando as proteções laterais são diferentes é feita a médias dos ângulos aferidos, figura 9.

Figura 9: Exemplo de cálculo para AHS



Fonte: INMETRO, 2013b.

Tabela 7: Comparação entre AHS e AVS

Indicador	Plano de medição	Tipo de proteção medida	Observação
AHS	Plano horizontal	Proteções verticais	Para análise verificar na planta
AVS	Plano vertical	Proteções horizontais	Para análise verificar no corte

Fonte: INMETRO, 2013b adaptado

Como critério de comparação, utilizando também da equação 2 é calculado o valor que representa o limite do nível D, chamado de $IC_{máxD}$, e o $IC_{mín}$, que representa o indicador de consumo mínimo para aquela envoltória. Estes dois utilizando os valores fixados para os parâmetros PAF_T , FS, AVS e AHS, conforme a tabela 8 para $IC_{máxD}$, e tabela 9 para $IC_{mín}$.

Tabela 8: Parâmetros do $IC_{máxD}$

PAF_t	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Fonte: INMETRO, 2010 adaptado

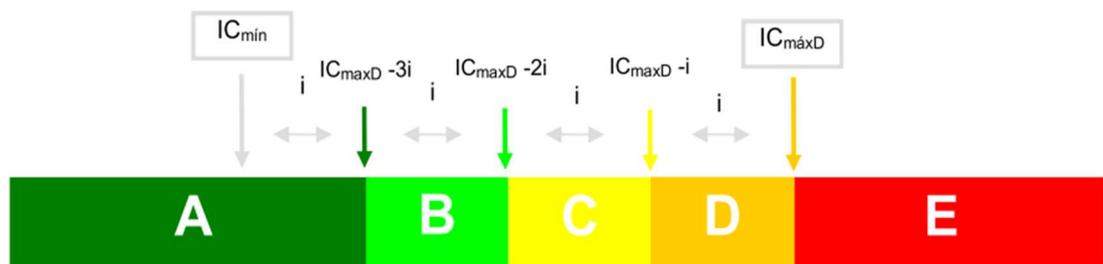
Tabela 9: Parâmetros do $IC_{mín}$

PAF_t	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: INMETRO, 2010 adaptado

O $IC_{máxD}$ e o $IC_{mín}$ ajudam a delimitar as frações de valores que atribuem a nível de A a D, figura 10. Valores superiores ao $IC_{máxD}$ recebem avaliação E.

Figura 10: Delimitação dos níveis de eficiência para envoltórias.



Fonte: INMETRO 2013b.

3.2.2 Sistema de Iluminação

A iluminação conta com três pré-requisitos de avaliação, sendo eles a divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação. Para alcançar o nível A, a edificação deve cumprir com todos os três pré-requisitos citados, já o nível B necessita apenas o cumprimento dos dois primeiros e o nível C apenas o primeiro. Para os níveis D e E os pré-requisitos de iluminação não são considerados, conforme o apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência

Pré-requisitos	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	-
Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim	-	-

Fonte: INMETRO, 2013b adaptado

Em relação ao desligamento automático do sistema de iluminação, é exigido para o cumprimento deste pré-requisito que áreas acima de 250m² possuam sistema de desligamento automático da iluminação em uma das três opções apresentadas pelo RTQ-C, sendo elas o desligamento com horário pré-determinado, desligamento por sensor de presença, ou desligamento por sinal de outro controle ou sistema que indique que a área está desocupada.

A contribuição da iluminação natural leva em conta o posicionamento dos circuitos de iluminação, e a divisão dos circuitos assume um número de dispositivos de acionamento por área do ambiente iluminado e a posição dos mesmos, de modo a garantir visibilidade de toda a área iluminada.

A avaliação do sistema de iluminação pode ser executada por dois métodos: método da área do edifício ou método das atividades do edifício. Neste trabalho foi utilizado o método da área, o qual determina a DPI para a edificação como um todo e compara com os valores limites (DPI_L) de cada nível e uso final da edificação, valores estes apresentados na tabela 8. Este método é utilizado apenas para edificações que possuam no máximo três atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área da edificação.

Para a comparação com o RU, foi escolhido o valor referente à linha “Restaurante” da tabela 11, os demais valores são apresentados a critério de conhecimento. O Manual para aplicação do RTQ-C ainda salienta que, embora o método da área avalie de forma geral, para o atendimento dos pré-requisitos os ambientes são avaliados separadamente.

Tabela 11: Limite máximo aceitável de DPI para cada nível de eficiência

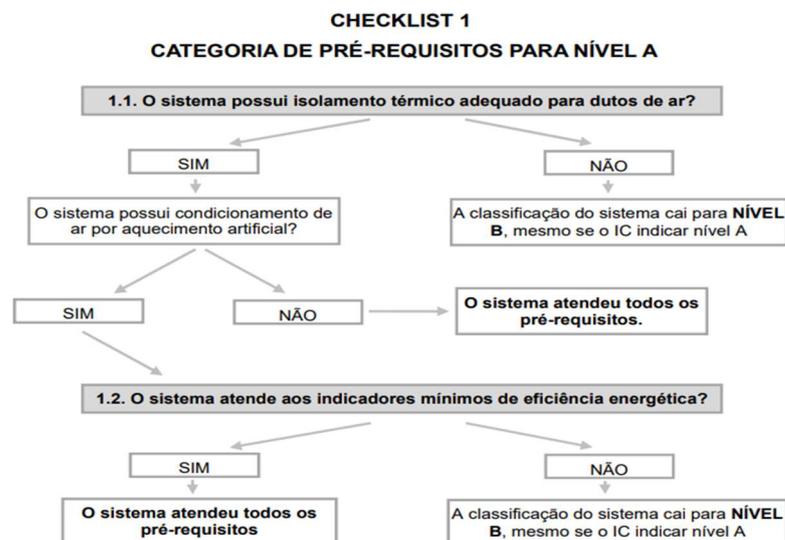
Função da edificação	Densidade de potência de Iluminação Limite (W/m ²)			
	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1

Fonte: INMETRO, 2010 adaptado

3.2.3 Sistema de Condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar possui pré-requisitos apenas para a obtenção do nível A, e eles são relacionados ao isolamento térmico dos dutos de ar e condicionamento de ar por aquecimento artificial. O Manual para aplicação do RTQ-C traz um fluxograma para avaliação destes pré-requisitos, que é apresentado na figura 11.

Figura 11: Checklist para os pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar



Fonte: INMETRO, 2013b.

O cálculo da eficiência é feito pela ponderação dos níveis de eficiência dos condicionadores de ar, classificados pelo Inmetro, e suas potências, dados fornecidos pelos fabricantes, equação 12.

$$Eq_T = \frac{Eq_1 \cdot Pot_1 + Eq_2 \cdot Pot_2 + \dots + Eq_n \cdot Pot_n}{Pot_1 + Pot_2 + \dots + Pot_n}$$

Eq. 12

Onde:

Eq_T – Equivalente total de eficiência do sistema;

Eq_n – Equivalente numérico de eficiência de cada equipamento;

Pot_n – Potência de cada equipamento.

3.3 Metodologia de avaliação da edificação por vistoria in loco

A inspeção da obra construída tem o intuito de conferir se fora executada conforme o projeto, para revalidar o cumprimento dos pré-requisitos e o nível de eficiência alcançado. Para a envoltória foram verificados os materiais empregados no sistema de cobertura, no acabamento das paredes externas e as áreas das aberturas, por exemplo.

Do sistema de iluminação, foram verificadas as divisões dos circuitos, a disposição das lâmpadas e dos interruptores e a presença de sistemas de desligamento automático nos ambientes especificados pelo pré-requisito. Do condicionamento de ar fora verificada a potência instalada nos ambientes e o nível de eficiência de cada equipamento instalado.

O RAC, no Anexo Específico A – itens 5 e 6, discorrem sobre a inspeção da edificação construída, quanto a documentação necessária para realizar a inspeção e também em relação ao conteúdo mínimo que o relatório final deve apresentar. A inspeção foi documentada por fotos e os dados coletados foram utilizados para a discussão das práticas construtivas adotadas, adoção de equipamentos e materiais.

4 RESULTADOS

Este capítulo é destinado à aplicação da metodologia de avaliação prescritiva, já descrita no capítulo 3, ao Restaurante Universitário, utilizando de dados obtidos através de projetos e documentações referentes à sua construção, e a posterior conferência e avaliação da obra pós-construção.

4.1 Análise e avaliação dos projetos

Nesta seção serão apresentadas as considerações sobre os projetos e as documentações cedidas do Restaurante Universitário de Palmas, acerca dos três sistemas dos quais o RTQ-C toma nota, sendo eles a envoltória da edificação, e os sistemas de iluminação e condicionamento do ar. Esta análise levará a avaliação individual de cada sistema, e posteriormente, com a junção das notas dos três sistemas, levará a avaliação final da edificação, as quais poderão variar entre A, maior nota, e E, menor nota.

4.1.1 Avaliação do nível de eficiência da envoltória de projeto

4.1.1.1 Análise da transmitância térmica da cobertura e das paredes externas

Para o cálculo das transmitâncias da cobertura e das paredes, conforme exige o RTQ-C, foram calculadas as resistências térmicas. Para tal, foram necessários coletar dados, como por exemplo, as propriedades térmicas dos materiais como a condutividade térmica e a emissividade de superfície. Estes valores foram coletados comparando os memoriais e projetos com a NBR 15220/2005.

Os valores para o coeficiente de condutividade térmica utilizados no cálculo são encontrados tabelados também na NBR 15220/2005 – Parte 2, e os valores utilizados neste trabalho são apresentados na tabela 12, adaptada da norma.

Tabela 12: Propriedades térmicas de materiais

Material	Densidade de massa aparente (kg/m³)	Condutividade térmica (W/m*K)	Calor específico (kJ/kg*K)
Argamassa comum	1800 – 2100	1,15	1,00
Tijolo e telhas de barro	1300 – 1600	0,90	0,92
Poliestireno expandido moldado	15 – 35	0,04	1,42
Aço, ferro fundido	7800	55,00	0,46
Concreto normal	2200 – 2400	1,75	1,00

Fonte: ABNT NBR 15220, 2005 adaptado

Aplicado ao Restaurante Universitário, a transmitância térmica da cobertura foi calculada para dois tipos diferentes de sistema, o primeiro, que será nomeado cobertura 1, possuindo um forro isover, aplicado ao refeitório, e outro, cobertura 2, com laje de pré-moldada, aplicado nos demais ambientes. Os dados utilizados para o cálculo da transmitância térmica das coberturas estão agrupados na tabela 13.

Tabela 13: Características das coberturas do Restaurante Universitário

Característica em análise	Cobertura 1 (forro isover)	Cobertura 2 (laje pré-moldada)
Cor da superfície externa	Creme/Marfim	
Emissividade	0,9	
Inclinação do telhado	16,30%	
Área de projeção	489,11m ²	357,16m ²
Altura da cumeeira	2,61m	2,45m
Espessura da camada de ar	130,5cm	122,5cm
Resistência térmica da camada de ar	0,21(m ² .K)/W	
Espessura da chapa de aço galvanizado	0,0005m	
Condutividade térmica do aço	55W/(m ² .K)	
Espessura da camada de poliuretano	0,030m	
Condutividade térmica do poliuretano	0,030W/(m ² .K)	
Espessura do forro	0,030m	0,160m
Condutividade térmica do forro	0,030W/(m ² .K)	1,75W/(m ² .K)

Fonte: SBROGLIA, 2011; ABNT NBR 15220, 2005, adaptado.

A emissividade da superfície é uma característica que depende do material ou do acabamento adotado à superfície. O projeto prevê a utilização de pintura do telhado na cor creme, enquanto o memorial menciona pintura na cor marfim. As duas cores não constam em norma, mas nos catálogos de fabricantes mencionados nos memoriais, estas se aproximam da tonalidade amarelo. Para critérios de cálculo, este trabalho utilizou do valor de emissividade da cor amarela presente na norma, tabela 14 adaptada. O mesmo raciocínio foi utilizado para avaliar a cor e absorvância de superfícies (CORAL, 2020; RENNER, 2020).

Tabela 14: Emissividade de superfície

Pintura	Emissividade
Branca	0,90
Amarela	0,90
"Alumínio"	0,50
Preta	0,90

Fonte: ABNT NBR 15220, 2005 adaptado

A espessura da camada de ar equivalente é definida pela norma como sendo metade da altura da cumeeira, que foi retirada do projeto arquitetônico. Com a espessura da camada de ar equivalente e a emissividade, é associado um valor para a resistência térmica da câmara de ar, tabelado pela NBR15220/2005, tabela 15. O valor para ambos os casos é igual e apresentado na tabela 13, adotando o fluxo de calor como descendente.

Tabela 15: Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura da câmara de ar (cm)	Resistência térmica - Rar (m ² .K/W)		
		Direção do fluxo de ar		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
Superfície de alta emissividade $\epsilon > 0,80$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e \geq 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\epsilon < 0,20$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e \geq 5,0$	0,34	0,27	0,61

Fonte: ABNT NBR 15220, 2005 adaptado

Com estes dados, e utilizando das equações de 3 a 5, foi possível calcular a resistência térmica e a transmitância térmica das coberturas 1 e 2. O valor utilizado para comparação com os limites de cada nível de eficiência é a ponderação das transmitâncias pelas áreas de projeção de cada cobertura, equações 13.

- Cobertura 1:

$$R_t = \frac{e_{aço}}{\lambda_{aço}} + \frac{e_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{e_{aço}}{\lambda_{aço}} + R_{tar} + \frac{e_{isover}}{\lambda_{isover}}$$

$$R_t = \frac{0,0005m}{55 \frac{W}{m.K}} + \frac{0,03m}{0,030 \frac{W}{m.K}} + \frac{0,0005m}{55 \frac{W}{m.K}} + 0,21 \frac{m^2.K}{W} + \frac{0,03m}{0,030 \frac{W}{m.K}}$$

$$R_t = 2,21 \frac{m^2.K}{W}$$

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

$$R_T = 0,17 + 2,21 + 0,04$$

$$R_T = 2,42 \frac{m^2.K}{W}$$

$$U_1 = 0,4132 \frac{W}{m^2.K}$$

- Cobertura 2:

$$R_t = \frac{e_{aço}}{\lambda_{aço}} + \frac{e_{poliuretano}}{\lambda_{poliuretano}} + \frac{e_{aço}}{\lambda_{aço}} + R_{tar} + \frac{e_{laje}}{\lambda_{laje}}$$

$$R_t = \frac{0,0005m}{55 \frac{W}{m.K}} + \frac{0,03m}{0,030 \frac{W}{m.K}} + \frac{0,0005m}{55 \frac{W}{m.K}} + 0,21 \frac{m^2.K}{W} + \frac{0,16m}{1,75 \frac{W}{m.K}}$$

$$R_t = 1,30 \frac{m^2.K}{W}$$

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

$$R_T = 0,17 + 1,30 + 0,04$$

$$R_T = 1,51 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$U_2 = 0,6623 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

- Ambientes condicionados:

$$U_T = \frac{A_1 \cdot U_1 + A_2 \cdot U_2}{A_1 + A_2}$$

Eq. 13

$$U_T = \frac{\left(489,11\text{m}^2 \cdot 0,4132 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}\right) + \left(57,74\text{m}^2 \cdot 0,6623 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}\right)}{546,85\text{m}^2}$$

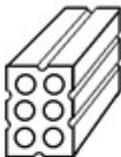
$$U_T = 0,4395 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Todos os ambientes não-condicionados da edificação possuem o segundo sistema de cobertura. Já para os ambientes condicionados, o refeitório, com área de 489,11m², recebe o sistema de cobertura com forro isover, e os ambientes de preparo de vegetais, 21,08m², preparo de carnes, 10,92m², sala da nutricionista, 13,00m², e sala administrativo e financeiro, 12,74m², recebem o segundo sistema. Neste caso é necessária a ponderação pelas áreas. Com este resultado, a edificação tem a possibilidade de alcançar o nível A, segundo os limites estabelecidos pelo RTQ-C para a zona bioclimática, explicitados na tabela 4 (INMETRO, 2010).

As paredes externas do Restaurante Universitário são compostas de tijolos cerâmicos de seis furos, de dimensões 10 x 15 x 20cm, assentados na menor dimensão com argamassa de cimento, cal e areia. As camadas de chapisco e reboco terão espessura máxima de 2,5 cm, tabela 16 (SBROGLIA, 2011). Com esta configuração, a NBR 15220/2005 já possui alguns valores de transmitância térmica e capacidade térmica calculados, tabela 17. Os valores são 2,28 W/(m².K) para transmitância térmica e 168

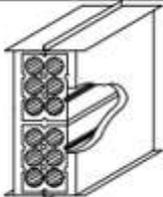
$\text{kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ para a capacidade térmica. Com este resultado a edificação cumpre com o pré-requisito, tendo a possibilidade de alcançar o nível A, segundo os limites estabelecidos pelo RTQ-C para a zona bioclimática 7, tabela 5 (INMETRO, 2010).

Tabela 16: Especificação das paredes externas do RU

Características	
Dimensões para orçamento	10 x 15 x 20
Quantidade por metro quadrado alvenaria de ½ vez (a chato)	46
Quantidade por metro quadrado alvenaria de ½ vez (de espelho)	(alv. ¼) 25

Fonte: SBROGLIA, 2011.

Tabela 17: Transmitância e capacidade térmica para a parede de projeto

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7

Fonte: ABNT NBR 15220, 2005 Adaptado

4.1.1.2 Análise das cores e absorvância de superfícies

Os valores de absorvância do edifício são adquiridos segundo o tipo de superfície ou segundo a cor da pintura sobre o elemento e a comparação com a tabela da NBR 15220/2005 apresentada aqui como tabela 18, de acordo com recomendações do RTQ-C.

No restaurante universitário, as superfícies em análise receberam revestimento em pintura e foram avaliadas de acordo com suas respectivas cores.

Tabela 18: Absortância para radiação solar

Pintura	Absortância
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
"Alumínio"	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

Fonte: ABNT NBR 15220, 2005 adaptado

Figura 12: Acabamento das paredes externas do Restaurante Universitário



Fonte: SBROGLIA, 2011.

Na avaliação do RU, o projeto determina as cores das telhas como creme, e as cores das paredes são determinadas pelo memorial descritivo, figura 12, onde a predominância é

o branco gelo. Assim, segundo a tabela 16, o valor de absorvência solar da cobertura é de 0,30 e o das paredes de 0,20. Com estes valores, menores que o limite de 0,50 estipulado pelo RTQ-C, foi cumprido o pré-requisito de nível A (SBROGLIA 2011).

4.1.1.3 Análise da iluminação zenital

A análise da iluminação zenital pelo RTQ-C é feita a partir das aberturas zenitais, ponderando entre o benefício da iluminação e o ganho térmico que as mesmas podem acarretar. O RTQ-C considera aberturas zenitais aquelas que possuem ângulo igual ou inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Como a edificação em questão não possui este tipo de abertura, não há a possibilidade de análise e o pré-requisito foi retirado da avaliação (INMETRO, 2010).

4.1.1.4 Nível de eficiência da envoltória

O cálculo do índice de consumo da envoltória foi calculado conforme a equação 7, apresentada no item 3.2.1. Para tal, também foram utilizadas as equações 8 a 11 para os cálculos do ICenv, ICmín e ICmáxD para a formulação da escala de comparação. A seguir é apresentada a sequência de cálculo para a obtenção do ICenv, com o cálculo de cada um dos fatores necessários para tal. Os valores utilizados para os cálculos foram retirados dos projetos e do memorial descritivo da edificação, e são apresentados compilados na tabela 19.

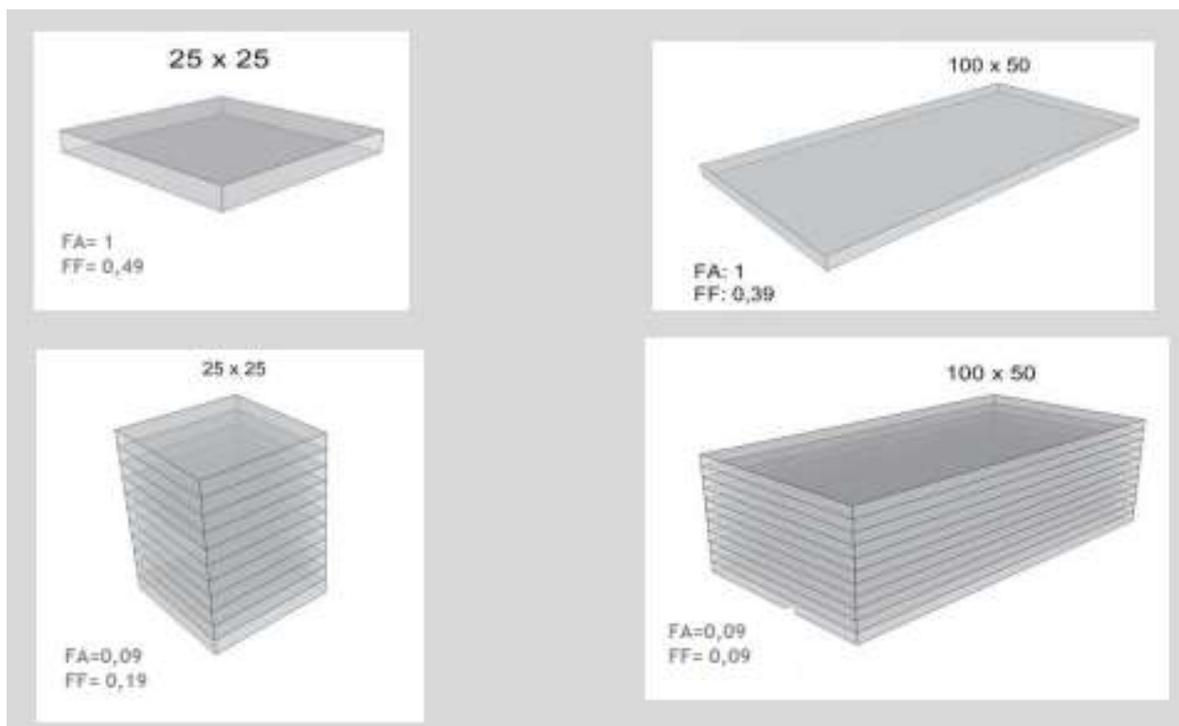
Tabela 19: Componentes de cálculo para ICenv

Fator de forma	0,24
Fator altura	1,0
Percentual de abertura em fachadas	17,38%
Fator solar	0,60
Ângulo horizontal de sombreamento	0°
Ângulo vertical de sombreamento	46,347°

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

O Fator de Forma e o Fator Altura consideram a geometria da edificação, e para encontra-los foram retiradas das plantas as áreas de ambientes, fachadas e calculado um volume para a edificação. O Manual para aplicação do RTQ-C (INMETRO, 2013b), apresenta exemplos de cálculos destes fatores, mostrados na figura 13.

Figura 13: Exemplo de cálculo para FF e FA



Fonte: INMETRO, 2013b.

O Fator de Forma, calculado pela equação 8, envolve encontrar a área da envoltória e o volume total da edificação. A área da envoltória é a soma das áreas de todas as fachadas mais a área de projeção da cobertura. Para encontrar o volume, foram utilizadas a área da projeção da cobertura, que para esta edificação é coincidente com a área total construída considerada para cálculo, e a altura de pé-direito predominante. A tabela 20 mostra estes valores extraídos do projeto arquitetônico. O cálculo do Fator de Forma é demonstrado a seguir. O valor encontrado foi maior que o limite mínimo definido pela zona bioclimática e a área da edificação, portanto será utilizado na equação de eficiência da envoltória.

Tabela 20: Cálculo do Fator de Forma

FATOR DE FORMA	0,24
Área da envoltória	1407,32m²
Volume total da edificação	5910,74m³
Área da projeção da cobertura	846,27m ²
Área da fachada leste	204,27m ²
Área da fachada oeste	203,76m ²
Área da fachada norte	76,54m ²
Área da fachada sul	76,48m ²
Soma das áreas das fachadas	561,05m ²
Altura predominante	4,20m

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

$$FF = \frac{1407,32\text{m}^2}{5910,74\text{m}^3} = 0,24$$

Quanto ao Fator Altura, utilizam-se os valores de área da projeção da cobertura e área total construída, equação 9. De modo geral, o Fator Altura tem valor diferente de 1,0 quando há mais de um pavimento construído. Para o caso do RU, como já mencionado, os valores de área da projeção da cobertura e a área total construída utilizada em cálculo são coincidentes, tabela 21.

Tabela 21: Cálculo do Fator Altura

FATOR ALTURA	1,0
Área da projeção da cobertura	846,27m²
Área total construída	846,27m²

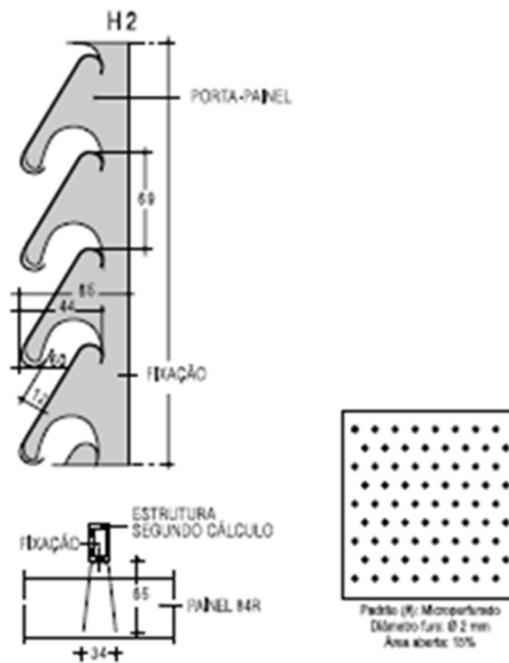
Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

Para o cálculo do PAF, foram medidas as áreas de todas as aberturas não protegidas por brises da edificação. Segundo o RTQ-C, para proteções à radiação nas aberturas do tipo brise, com distância da janela maior que a distância entre as aletas, deve-se considerar apenas as áreas das aberturas vistas ortogonalmente entre as aletas (INMETRO, 2010).

De acordo com o projeto arquitetônico, este sistema de brises protege parte das janelas nas fachadas leste e oeste, e o detalhamento presente no memorial descritivo, figura

14, mostra que, as aletas possuem inclinação de modo a não permitir incidência de radiação ortogonal às aberturas. Portanto, para o cálculo do PAF, estas aberturas sob a proteção dos brises foram consideradas como elementos opacos.

Figura 14: Sistema de proteção de incidência solar por brises



Fonte: SBROGLIA, 2011.

O PAFt calculado foi de 15,46% e o PAFo 17,38%. Executando a verificação, o valor de PAFo calculado é menor que o valor de PAFt acrescido em 20%, portanto utilizou-se do valor do PAFt no cálculo da eficiência. O valor de FS, para vidros fumês de 6mm, conforme especificado no memorial, de acordo com a bibliografia é de 0,60 (BALSAMO; CABRAL; SANFELICE, 2019), tabela 22.

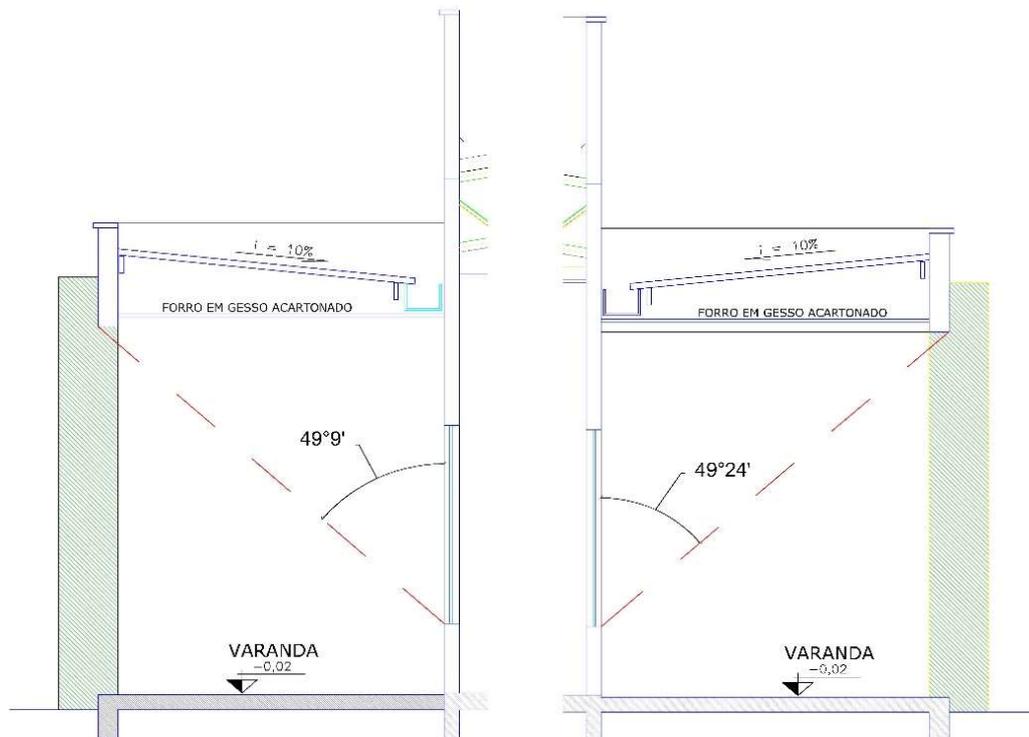
O projeto não prevê proteções que geram ângulos horizontais de sombreamento. Para os ângulos verticais será considerada a proteção feita pela cobertura das áreas de circulação externas, conforme recomendação do RTQ-C. O valor final dos AVS foi calculado como a média dos ângulos, medidos a partir dos cortes apresentados nos projetos, sobre todas as aberturas não protegidas por brises. A figura 15 mostra os cortes das fachadas oeste e leste, respectivamente.

Tabela 22: Valores de fator solar para diferentes tipos de vidro

Vidros	Transparentes (simples)	
	3mm	0,87
	6mm	0,83
	Transparente (duplo)	
	3mm	0,75
	Cinza (fumê)	
	3mm	0,72
	6mm	0,60
	Verde	
	3mm	0,72
	6mm	0,60
	Reflexivo	
	3mm	0,26 - 0,37

Fonte: BALSAMO; CABRAL; SANFELICE, 2019

Figura 15: Ângulos de sombreamento das fachadas oeste e leste



Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO, 2011.

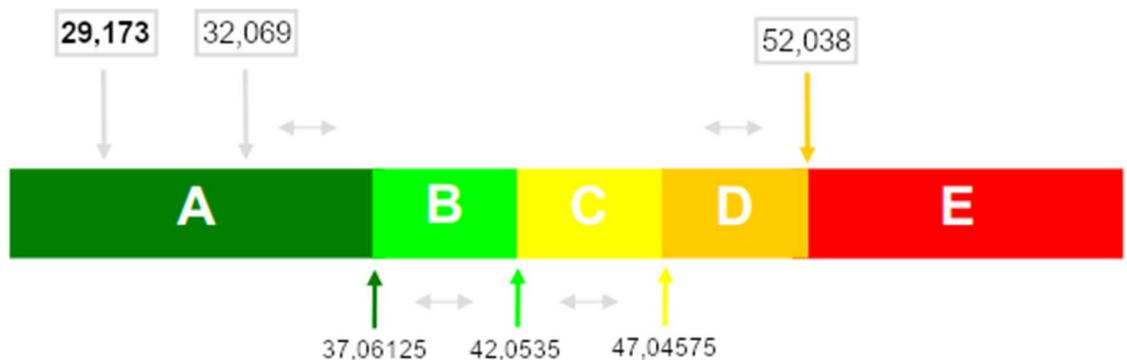
O valor calculado para o IC_{env} foi de 29,173. Utilizando também da equação 7, também foram calculados o $IC_{mín}$ e o $IC_{máxd}$, aplicando os valores das tabelas 5 e 6. Os valores encontrados são 32,069 para $IC_{mín}$ e 52,038 para $IC_{máxd}$. A figura 16 reuni estes valores em uma escala de eficiência, sendo os intervalos de níveis calculados como a quarta parte do intervalo entre $IC_{mín}$ e $IC_{máxd}$.

$$IC_{env} = -96,48 \cdot 1,0 + 1347,78 \cdot 0,24 + 37,74 \cdot 0,1546 + 3,03 \cdot 0,60 - 0,13 \cdot 46,347$$

$$- 0,19 \cdot 0 + \frac{19,25}{0,24} + 0,04 \cdot \frac{0}{0,1546 \cdot 0,60} - 306,65$$

$$IC_{env} = 29,173$$

Figura 16: Escala de classificação da envoltória



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

Como o observado na figura 16, a eficiência da envoltória do RU, calculada com base nos projetos e pelo método prescritivo, se encontra no intervalo correspondente ao nível A. Como a edificação também cumpre todos os pré-requisitos específicos para o nível A, a envoltória receberá o mesmo nível e contribuirá com o coeficiente 5 no cálculo da pontuação total.

4.1.2 Avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação de projeto

Neste item será avaliado o sistema de iluminação, com a observância dos pré-requisitos, de acordo com a tabela 7 do item 3.2.2, e utilizando do método da área do edifício para a obtenção do nível de eficiência do sistema.

4.1.2.1 Desligamento automático do sistema de iluminação

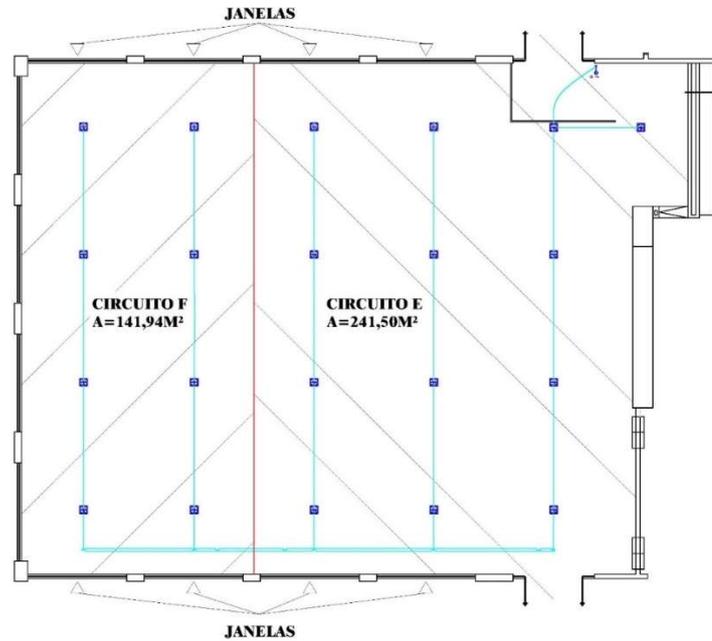
Os sistemas de iluminação eficientes são pensados a fim de garantir seu funcionamento apenas quando efetivamente necessário. Assim o RTQ-C busca dar maior nota em edificações que, quando possível, buscam implementar sistemas de desligamento automático. Do restaurante universitário, o único ambiente com área superior a 250m² é o refeitório, e o mesmo não apresenta em projeto um destes sistemas de desligamentos citados. Portanto, a edificação não cumpre com este pré-requisito e não poderá receber nota A.

4.1.2.2 Contribuição da luz natural

A contribuição da luz natural pelo RTQ-C exige que, para alcançar o nível B ou superior, os ambientes que possuem aberturas para o ambiente externo e que contenham fileiras de luminárias paralelas às aberturas, possuam sistema de acionamento independente da fileira mais próxima à abertura.

O ambiente do refeitório possui aberturas para o meio externo e luminárias paralelas as mesmas. Entretanto, os circuitos são dispostos de forma ortogonal, conforme mostrado na figura 17, e devido a isto não cumpre com este pré-requisito e não poderá receber nota B ou superior.

Figura 17: Circuitos de iluminação do refeitório



Fonte: PROJETO ELÉTRICO, 2011 adaptado.

4.1.2.3 Divisão dos circuitos de iluminação

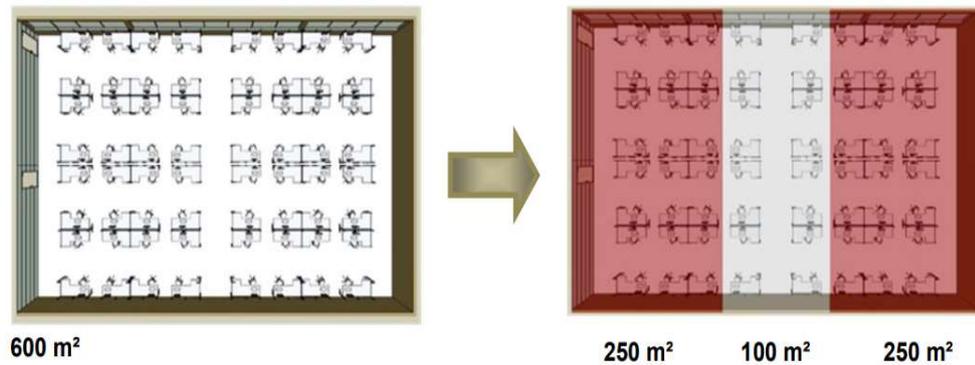
Para o cumprimento deste pré-requisito basta que em cada ambiente, fechado por paredes ou divisórias até o teto, possua um ou mais dispositivos de acionamento manual da iluminação interna deste ambiente. Este dispositivo deve ter localização de fácil acesso e ter visão de todo o sistema controlado. O RTQ-C ainda apresenta a solução de instalação de representação gráfica da área abrangida pelo sistema de iluminação para o caso de não ser possível a visualização de todo o ambiente.

A quantidade de dispositivos de acionamento também é abordada neste pré-requisito e o RTQ-C determina que: em ambientes com até 1000m², cada dispositivo deve possuir área de abrangência de até 250m²; em ambientes maiores que 1000m², cada dispositivo deve possuir área de abrangência de até 1000m².

Quanto aos ambientes do RU, todos possuem áreas inferiores à 1000m², pelo menos um dispositivo de acionamento, e apenas o refeitório possuem área maior que 250m²,

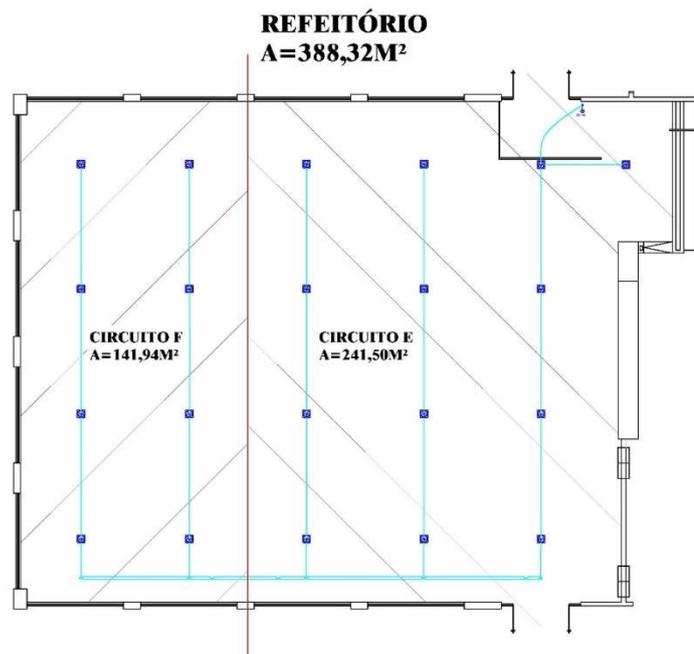
exigindo assim maior quantidade destes dispositivos. A figura 18 é o exemplo de aplicação deste pré-requisito, constante no RTQ-C, e a figura 19 mostra a disposição dos circuitos de iluminação do refeitório do RU. O refeitório possui área de 383,43m², sendo a divisão aproximadamente dois terços da área para o circuito “e”, 241,50m², e um terço para o circuito “f”, 141,93m². Esta configuração cumpre com a primeira parte do pré-requisito.

Figura 18: Exemplo de divisão de iluminação para ambientes com mais de 250m²



Fonte: INMETRO, 2010.

Figura 19: Área de abrangência dos circuitos de iluminação do refeitório



Fonte: PROJETO ELÉTRICO, 2011 adaptado.

Analisando a segunda parte do pré-requisito, três circuitos não cumprem a normativa, sendo eles:

- Circuito “e”, “f” do Refeitório;
- Circuito “q”, circulação próximo ao ambiente Caixa e atendimento;
- Circuito “ah”, do ambiente Mercadorias recepção / pré-higienização.

Todos os ambientes obedecem à relação entre número de circuitos e área de abrangência. Mas, em contrapartida estes três circuitos citados acima não cumprem com o pré-requisito devido à existência de barreira física impedindo a visualização de todo o ambiente. Portanto, a edificação não poderá receber nota C ou superior.

4.1.2.4 Nível de eficiência do sistema de iluminação

Utilizando do método da área do edifício, foi calculada uma DPI para toda a edificação, e esta comparada com as DPI_L apresentadas na tabela 11, item 3.2.2, para a determinação do nível de eficiência do sistema. O cálculo da DPI, conforme mostra a equação 14, depende da potência total instalada e a área útil avaliada. Os valores de potência instalada do sistema de iluminação foram retirados do projeto elétrico da edificação e são apresentados no anexo 1.

$$DPI = \frac{P_{Ti}}{\text{Área Útil Avaliada}}$$

Eq. 14

Onde:

DPI – Densidade de potência de iluminação;

P_{Ti} - Potência total instalada, referente à área avaliada.

Para a realização do cálculo, segundo o RTQ-C, são desconsideradas áreas externas. Nestes casos, a potência instalada nestas áreas também não é computada no cálculo da DPI.

Dos circuitos apresentados em anexo, os nomeados “g”, “h”, “i” e “j”, não participarão do cálculo por abrangerem áreas de circulação externa, os circuitos “k”, “l”, “m” e “n” são de iluminação dos banheiros externos. O circuito “o” também será desconsiderado do cálculo por ser de uso exclusivo para propaganda, conforme recomenda o RTQ-C. Assim, para critérios deste cálculo, a potência total instalada é de 6031 watts.

Aplicando os valores de área útil e de potência total instalada, obtém-se um valor de DPI igual a 7,99 W/m², o que alcançaria um nível de eficiência A. Mas, devido ao fato de não cumprir os pré-requisitos, o sistema receberá o nível D.

$$DPI = \frac{6031 \text{ W}}{754,58 \text{ m}^2} = 7,9925 \text{ W/m}^2$$

4.1.3 Avaliação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar de projeto

Como já explicado no item 3.2.3, para a avaliação do sistema de condicionamento de ar é utilizada a avaliação de eficiência energética de cada componente do sistema, calculada pelo Inmetro, e suas áreas de incidência. Quando os aparelhos em questão não possuem avaliação do Inmetro, é necessário obter dados relativos ao seu funcionamento, tais como tipo de equipamento, tipo de aquecimento ou resfriamento e capacidade ou potência. Em posse destes dados, o RTQ-C apresenta tabelas com eficiência mínima para comparação para cada caso e o nível de eficiência atribuído ao equipamento, a ser utilizado no cálculo de eficiência do sistema.

Os projetos e documentos disponibilizados para a execução deste trabalho não possuíam todos os dados necessários para a avaliação deste sistema, não comprovam a espessura da tubulação exigida pelo pré-requisito específico, nem possuem informações para calcular a eficiência. Assim, não será possível o cálculo da eficiência do sistema de condicionadores de ar, sendo então, para fins deste trabalho, desconsiderado este sistema no cálculo da eficiência.

4.2 Análise e avaliação da edificação construída

Nesta etapa é feita a verificação dos dados constantes nos projetos e memoriais, para a validação ou não da eficiência calculada para cada sistema e para a avaliação final. Onde houveram distinções entre o projetado e o executado foram feitos novos cálculos, para que a eficiência represente a obra tal qual executada.

As visitas às obras foram feitas entre os dias 07 a 10 de junho de 2020, realizadas nos períodos matutino e vespertino, com o acompanhamento da fiscal do contrato Elisama Costa Lopes. Na ocasião das visitas, os ambientes da Despensa e o Depósito de material de limpeza não puderam ser acessados, devido ao fato destes ambientes estarem trancados à critério da empresa contratada.

4.2.1 Avaliação do nível de eficiência da envoltória para a edificação construída

Nesta avaliação foram verificados os materiais empregados na construção da envoltória e suas características e dimensões, como por exemplo, as áreas de aberturas, a cor dos acabamentos e texturas, a área de atuação dos brises e o material aplicado no sistema de cobertura da edificação.

A figura 20 mostra, respectivamente, as fachadas sul (a) e oeste (b) e a figura 21 traz o sistema de cobertura do RU, com ênfase na sua pintura (a) e no detalhamento do material (b). Por estas imagens é possível constatar que o acabamento das paredes externas e a pintura das telhas metálicas forma executadas conforme previsto em projeto.

Todos os demais elementos da edificação também foram vistoriados e fora verificado executados tal qual descritos em projeto e nos memoriais, no que diz respeito aos elementos componentes da envoltória. Desta forma, a mesma nota obtida pela edificação em sua avaliação de projeto pode ser replicada nesta avaliação, alcançando assim, o nível A de eficiência.

Figura 20: Acabamento das fachadas do RU



(a)

(b)

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

Figura 21: Telhado empregado no sistema de cobertura do RU



(a)

(b)

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

4.2.2 Avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação para a edificação construída

A avaliação do sistema de iluminação foi direcionada em confirmar o cumprimento ou não dos pré-requisitos específicos, visto que nenhum dos pré-requisitos foi cumprido na fase de avaliação de projeto.

Quanto ao sistema de desligamento automático, nenhum implemento foi adicionado ao empreendimento, e o pré-requisito continua como não cumprido. Quanto à divisão dos circuitos, estes foram posicionados tal qual o projeto, portanto, os mesmos circuitos, nomeados “e”, “f”, “q” e “ah”, não cumprem com o pré-requisito.

Devido também ao posicionamento, a edificação não cumpre com o pré-requisito de contribuição natural. Os circuitos “e” e “f”, de iluminação do refeitório, estão posicionados de maneira ortogonal às aberturas do ambiente, como já explicado na avaliação de projeto. A figura 22 mostra a iluminação do refeitório, sendo respectivamente o circuito “f” (a), e o circuito “e” (b).

Figura 22: Circuitos de iluminação do refeitório



(a)

(b)

Fonte: PRÓPRIO AUTRO.

A avaliação de edificação construída de iluminação poderia ter sido diferente da avaliação de projeto se tivessem sido implementadas melhorias ou adequações construtivas que alterassem os elementos avaliados. Como não há alterações entre o projeto e a

edificação executada em relação aos componentes avaliados, a nota alcançada pela edificação foi a mesma alcançada pelo projeto, nível D

4.2.3 Avaliação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar para a edificação construída

No RU existem quatro modelos diferentes de condicionadores de ar, e um total de 13 unidades. São nove unidades dispostas no refeitório e uma unidade em cada um dos seguintes ambientes, sala de administração, sala da nutricionista, pré-preparo de vegetais e pré-preparo de carnes. Os dados utilizados para avaliação deste sistema foram adquiridos na visita técnica feita ao RU e em documentos de patrimônio.

Os condicionadores de ar localizados no refeitório são todos do tipo piso-teto, marca Fujitsu, de 45000BTUs. A área de abrangência destes equipamentos engloba, além do refeitório, as áreas do atendimento e linha de distribuição, somando uma área de 429,20m². A eficiência dos equipamentos foi encontrada em tabelas fornecidas pelo Inmetro, e os equipamentos do refeitório possuem nível de eficiência B. A tabela 23 mostra um resumo das características de todos os equipamentos junto de suas respectivas áreas de abrangência e nível de eficiência.

Tabela 23: Característica dos condicionadores de ar

Localização	Quantidade	Potência (BTU)	Marca	Faixa de eficiência
Refeitório	9	45000	Fujitsu	B
Açougue	1	18000	Fujitsu	A
Sala da Administração	1	9000	Carrier	B
Sala da nutricionista	1	9000	Carrier	B
Hortifruti	1	24000	Philco	B

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

A eficiência total foi calculada pela ponderação das potências e o nível de eficiência de cada unidade pela potência total instalada, equação 12. O nível de eficiência do sistema de eficiência do sistema de condicionamento de ar recebeu nota B, conforme mostram os

cálculos a seguir. Esta é a avaliação máxima que poderia alcançar sem a comprovação do pré-requisito específico.

$$Eq_T = \frac{9 \cdot (4 \cdot 45000) + (5 \cdot 18000) + 2 \cdot (4 \cdot 9000) + (4 \cdot 24000)}{465000}$$

$$Eq_T = 4,04 = \mathbf{B}$$

4.2.4 Bonificações para a edificação construída

Embora seja possível ver que há instalação de placas fotovoltaicas nos telhados do RU, figura 18, não foram disponibilizados dados para a avaliação da economia de energia elétrica pela edificação. Portanto, o RU não recebeu pontos devido a bonificações.

4.2.5 Nível de eficiência da edificação construída

Com a visita técnica ao RU, foi possível verificar que não houve alterações significativas que interferissem os sistemas da envoltória e de iluminação do prédio. Estes sistemas receberão a mesma nota que lhes fora aplicada na avaliação de projeto. Quanto ao sistema de condicionamento de ar, foi possível a avaliação do sistema com os novos dados provenientes da visita técnica, incluindo-o assim na avaliação geral do prédio.

Utilizando da equação 1, foi calculado a eficiência geral. Os dados necessários para estes cálculos se encontram agrupados na tabela 24. O sistema de envoltória, que recebeu a nota A, contribuirá com um valor de EqNumEnv igual a 5,0. O mesmo é feito em relação aos demais sistemas, sendo atribuído 2,0 para o sistema de iluminação, por receber nota D, e 4,0 para o sistema de condicionamento de ar, por receber nota B. Como resultado da equação 1, foi retornado o valor de 3,11 pontos, pontuação esta que avalia a eficiência da edificação no nível C.

Tabela 24: Distinção das áreas para cálculo da eficiência energética

Área condicionada (AC)	486,76m ²
Área de permanência transitória (APT)	163,56m ²
Área não condicionada – com conforto comprovado (ANC)	0,0m ²
Área útil (AU)	830,85m ²

Fonte: SBROGLIA, 2011

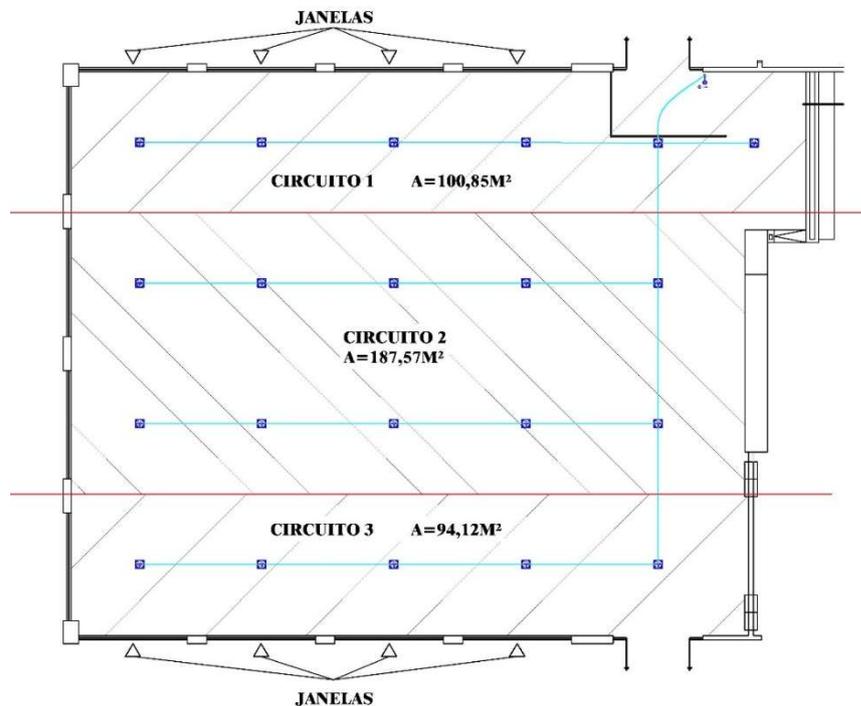
$$\begin{aligned}
 PT &= 0,30 \cdot \left(\left(\frac{5,0 \cdot 486,76}{830,85} \right) + \left(\frac{5,0 \cdot 163,56}{830,85} + \frac{1,0 \cdot 0,0}{830,85} \right) \right) + \\
 &\quad 0,30 \cdot 2,0 + \\
 &\quad 0,40 \cdot \left(\left(\frac{4,0 \cdot 486,76}{830,85} \right) + \left(\frac{5,0 \cdot 163,56}{830,85} + \frac{1,0 \cdot 0,0}{830,85} \right) \right) + 0 \\
 PT &= 3,11 = \mathbf{C}
 \end{aligned}$$

4.3 Interpretação dos resultados

A edificação alcançou uma nota C de eficiência total, nota mediana, mesmo alcançando bons resultados quanto a avaliação da envoltória, nota A, e do sistema de condicionamento de ar, nota B. Isto se deve principalmente a dois fatores, a baixa avaliação do sistema de iluminação da edificação e a relação entre sua área condicionada e não-condicionada.

O sistema de iluminação possui uma potência instalada adequada ao fim que a edificação se propõe. Mas por não possuir sistema de desligamento automático, e pela disposição dos circuitos e das lâmpadas não respeitarem aos pré-requisitos específicos do RTQ-C, a sua avaliação caiu da nota A pra D. Algumas das faltas em relação aos pré-requisitos podem ser consertados com medidas não muito complexas, como realocação dos interruptores dos circuitos, para uma melhor visão de suas áreas de abrangência, e uma nova divisão dos circuitos do refeitório, como por exemplo, o apresentado na figura 20, para um melhor aproveitamento da luz natural. Estas medidas aumentariam a nota da edificação para B.

Figura 23: Proposta de divisão de circuitos para o refeitório



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

O Restaurante Universitário possui área útil de 830,85m², onde 21,7% desta área são de ambientes não-condicionados, destinados ao preparo e cocção de alimentos. Para o método prescritivo de avaliação, estas áreas não contribuem para a pontuação final, por não terem comprovação de conforto.

A própria estruturação da equação da pontuação total, equação 1, imbui uma grande diferença quanto a avaliação dos ambientes. No caso da utilização do método prescritivo, adotado neste trabalho, a área computada para os ambientes não condicionados é zero.

Apenas com a utilização do método por simulação, se comprovado o conforto, estes ambientes poderão interferir positivamente na avaliação final. O valor da área dos ambientes de conforto comprovado é multiplicado pelo EqNumV, que também só pode ser encontrado pela simulação.

Para o condicionamento de ar, a única maneira prevista pelo método prescritivo de aumentar o nível de eficiência do sistema é a troca dos equipamentos já instalados por equipamentos de maior eficiência energética pela avaliação do Inmetro. Os equipamentos

em questão são as nove unidades localizadas no refeitório, que possuem avaliação B. Também é necessária a comprovação das espessuras da tubulação, como cumprimento do pré-requisito específico, para receber a nota A.

A instalação das placas fotovoltaicas nos telhados caracteriza um implemento contabilizado nas bonificações. A depender da economia de energia apresentada, a edificação pode receber um incremento de até um ponto na avaliação final. Outras iniciativas podem contribuir para alcançar esta pontuação bônus, como por exemplo, alternativas para a racionalização do consumo de água. Estas também devem apresentar comprovação.

A avaliação de projeto não é necessária para obras já finalizadas, mas se fosse solicitada para o Restaurante Universitário, não seria possível calcular a pontuação total pela falta da avaliação do sistema de condicionamento de ar. Para projeto, a edificação receberia uma ENCE Parcial, com apenas a avaliação da envoltória como A e da iluminação como D, figura 24.

Figura 24: Exemplo de ENCE parcial para o RU



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

A avaliação da edificação construída, por outro lado, receberia a ENCE Geral, por ser possível avaliar todos os três sistemas. Esta receberia nível C geral, alcançada com a pontuação de 3,11, e traria discriminadas as avaliações de cada um dos sistemas, e suas respectivas pontuações, figura 25.

Figura 25: Exemplo de ENCE geral para o RU



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

5 CONCLUSÃO

O sistema de avaliação de eficiência de edificações, concebido pela parceria entre Inmetro, Procel-Edifica e LabEEE, apresentado neste trabalho, diferentemente das demais certificações presentes no mercado, não trabalha com o conceito de edificação sustentável, mas sim com a eficiência de três sistemas distintos julgados como os de maior interferência no consumo energético das edificações. Estes sistemas são a envoltória do prédio, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar.

O estudo do Restaurante Universitário mostra que, mesmo não sendo a intenção primária da edificação a busca pela eficiência, algumas das práticas construtivas consideradas eficientes foram empregadas na edificação, por serem práticas já consolidadas na edificação civil. O RU não foi projetado com o intuito de ser avaliado nos quesitos do RTQ-C, mas ainda assim conseguiu alcançar o nível C de eficiência.

Dos sistemas avaliados, cabe ressaltar que a envoltória recebeu uma avaliação de nível A, cumprindo com todos os pré-requisitos e alcançando valor de IC_{env} ainda menor que o IC_{mín}. Isto decorre da utilização de diversas práticas construtivas, desde o sistema de cobertura com telhas isotérmicas e a proteção das aberturas das fachadas por brises, até as mais simples, como a utilização de cores com baixa absorvância à radiação solar nas fachadas.

O RU tem potencial para alcançar a nota de eficiência A e receber o selo Porcel-Edifica, se for solicitada a avaliação. Mas para tal, como já comentado, são necessários alguns ajustes quanto ao sistema de iluminação, e a organização da documentação conforme o exigido no RAC.

O método prescritivo, utilizado neste trabalho, em comparação com o método por simulação, se mostra mais simples, mas com algumas limitações. Estas limitações se encontram principalmente quando é aplicada à edificação soluções arquitetônicas para a ventilação de ambientes e comprovação de conforto térmico para ambientes não-condicionados. A própria equação 1 possui valores que, como só podem ser comprovados por simulação, são omitidos quando utilizando o método prescritivo.

Vale ainda ressaltar que a avaliação aplicada não indica diretamente que a edificação consome menos energia, mas sim que, em comparação a outras edificações de mesmo porte, é a que possui menor desperdício de energia. Em outras palavras, a edificação poderia ter um consumo menor de energia, mas sem alcançar os mesmos padrões de qualidade em relação a quantidade de iluminação ou mesmo conforto térmico.

Como já dito anteriormente, para a edificação apresentar a eficiência demonstrada em cálculo, é necessário que sua operação esteja de acordo com o projetado. Isto inclui a realização das manutenções rotineiras, quando previstas em projeto, e a utilização, e quando necessária a realização de troca, de equipamentos e peças mantendo as

características tal qual descritas nos memoriais e projetos, como por exemplo, a potência de lâmpadas e condicionadores de ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

25 ENERGY EFFICIENCY POLICY RECOMMENDATIONS. Paris: IEA, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 2019. Londres: BpStatistical Review Of World Energy, v. 68, n. 68, 2019. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2019.

BRASIL. Decreto nº 4059, de 19 de dezembro de 2001. Brasília, DF, 19 dez. 2001a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. Decreto nº 9864, de 27 de junho de 2019. Brasília, DF, 27 jun. 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9864.htm#art19>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. Brasília, DF, 17 out. 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 11 set. 2019.

CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, Roberto. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios: Parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 10, p.7-26, abr./jun. 2010. Trimestral.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A.: Regulamento para concessão do selo Procel de economia de energia. 4 ed. Rio de Janeiro: Procel, 2013. 12 p.

CORAL (Brasil). **Encontre uma cor.** Disponível em: https://www.coral.com.br/pt/paletas-de-cor/h_yellow. Acesso em: 21 ago. 2020.

BALSAMO, Amanda Cristina Rustici; CABRAL, Bruna Vieira; SANFELICE, Rafaela Cristina. Estudo comparativo entre materiais a base de vidro e policarbonato em projetos de superfícies transparentes. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 327-345, 30 set. 2019. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. <http://dx.doi.org/10.18554/rbcti.v4i3.3904>.

ELETROBRAS/PROCEL; INMETRO; CB3E/UFSC. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Rio de Janeiro, 2013. 12 p.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Guia prático do referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício**. Disponível em: https://vanzolini.org.br/download/Guia_Pratico_Referencial_Avaliacao_Qualidade_Ambiental_Edif%C3%ADcio.pdf. Acesso: 21 nov. 2019a.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE em detalhes**. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-em-detalhes/>. Acesso em: 16 nov. 2019b.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Conheça a certificação LEED**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 16 nov. 2019.

HOMIFY (Brasil). **O Que é Retrofit e Como Aplicar Essa Tendência na Arquitetura**. 2018. Disponível em: https://www.homify.com.br/livros_de_ideias/5822534/o-que-e-retrofit-e-como-aplicar-essa-tendencia-na-arquitetura. Acesso em: 21 nov. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Organismos Acreditados**. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado_consulta.asp. Acesso em: 21 nov. 2019a.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **PORTARIA Nº 50: Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013a. 104 p. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/RTAC001961_2.pdf. Acesso em: 19 set. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **PORTARIA N° 372**: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Rio de Janeiro: INMETRO, 2010. 96 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **PORTARIA N° 372**: Manual para aplicação do RTQ-C. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013b. 203 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabelas de consumo/eficiência energética**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>. Acesso em: 14 maio 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de edificações comerciais, de serviços e públicas**. Rio de Janeiro: INMETRO. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2019b.

NASCIMENTO, Admilson Lima; MACIEL, Evandro. Certificado Ambiental de Edifícios AQUA, LEED e PROCEL Edifica. Santo André, v. 1, n. 1, p.49-56, jan. 2010.

PÉREZ-LOMBARD, Luis et al. A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 41, n. 3, p.272-278, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.004>.

PORTAL AECWEB. **Retrofit, oportunidade para a sustentabilidade**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/retrofit-oportunidade-para-a-sustentabilidade_2247_10_20>. Acesso em: 21 nov. 2019.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Selo Procel Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F%7D>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

RENNER. **Conheça nossos produtos**. Disponível em: <http://www.tintasrenner-deco.com.br/produtos>. Acesso em: 21 ago. 2020.

SBROGLIA, Luciano. **Memorial descritivo**: obra institucional. Palmas, 2011.

UNITED NATIONS POPULATION FUND. United Nations. **World population trends**. 2010. Disponível em: <<https://www.unfpa.org/world-population-trends>>. Acesso em: 19 set. 2019.

VALADARES, Nathália de Almeida; OLIVEIRA, Mariela Cristina Ayres de. RACIONALIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO USO DA ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DE PALMAS UFT. **Desafios**: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, v. 2, p.137-155, 3 dez. 2015.

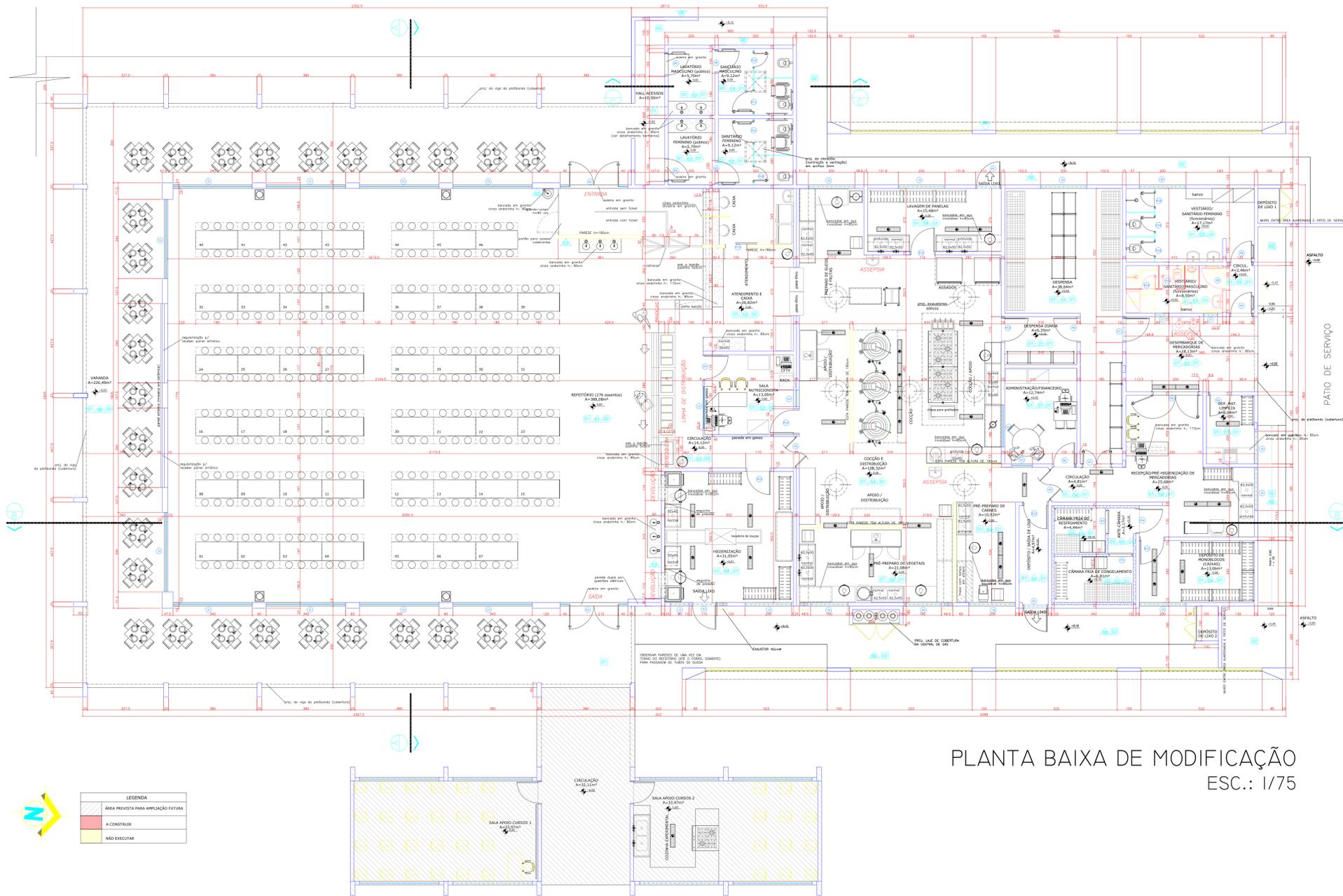
ANEXO 1: POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO

Descrição	Iluminação (W)							Potência Total Avaliada (W)
	26	32	40	60	85	100	250	
Iluminação do Salão					21			1785
Circuito e					13			1105
Circuito f					8			680
Iluminação Cocção		52						1664
Circuito ab		6						192
Circuito ai		4						128
Circuito aj		8						256
Circuito al		12						384
Circuito y		12						384
Circuito z		10						320
Iluminação Fundos	3	36		3		3		1710
Circuito ac		4						128
Circuito ad		8						256
Circuito ae		2						64
Circuito af		4						128
Circuito ag		2						64
Circuito ah		2						64
Circuito ak		6						192
Circuito am				3				180
Circuito r	1							26
Circuito s						3		300
Circuito t		2						64
Circuito u	1							26
Circuito v		2						64
Circuito w		4						128
Circuito x	1							26
Iluminação Frente		24						768
Circuito c		4						128
Circuito d		8						256
Circuito p		6						192
Circuito q		6						192
Iluminação Externa	25						4	104
Circuito k	1							26
Circuito l	1							26
Circuito m	1							26
Circuito n	1							26
Potência Total Avaliada (W)								6031

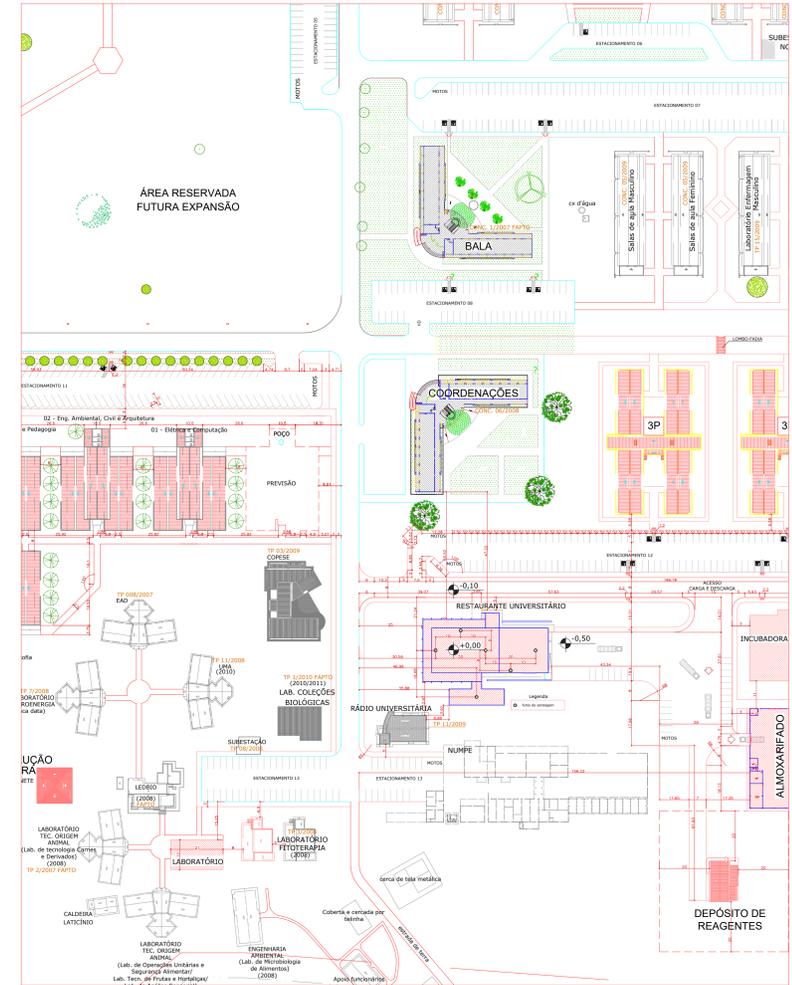
Fonte: PROJETO ELÉTRICO, 2011 adaptado.

ANEXO 2: PROJETO ARQUITETÔNICO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO CAMPUS PALMAS

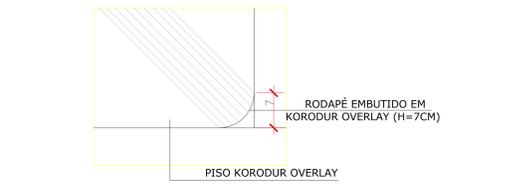
Plantas do projeto arquitetônico cedidas pela Coordenação de Infraestrutura (Coinfra), do campus Palmas, utilizadas para a execução deste trabalho.



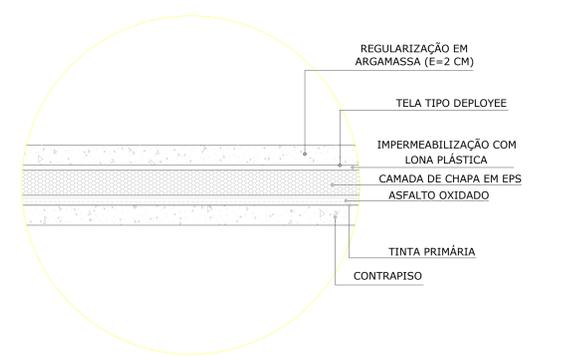
PLANTA BAIXA DE MODIFICAÇÃO
ESC.: 1/75



IMPLANTAÇÃO
ESC.: 1/1000



DETALHE RODAPÉ ABAAULADO
ESC.: 1/5 (PARA OS SETORES DE PRÉ-PREPARO E COCÇÃO)



DETALHE PISO CÂMARA FRIA
ESC.: 1/5

QUADRO DE ABERTURAS			
PORTAS ELEMENTOS	DIMENSÕES	ESPECIFICAÇÕES	QUANT.
P1	100x210-45	ABRIR UMA FOLHA + BANDEIROLA SUPERIOR FIXA VIDRO LAMINADO 6MM FUMÊ - CEDRO LISA COM VERNIZ MOGNO E COM MOLA HIDRÁULICA	04
P2	40-210-40x210-60	METAL+VIDRO LAMINADO 6MM FUMÊ - ABRIR 2 FOLHAS + BANDEIROLAS SUPERIOR E LATERAIS FIXAS	02
P3	100x200	ESPECIAL PARA CÂMARA FRIA - ABRIR 1 FOLHA EM INOX 430	02
P4	100x210	ABRIR 01 FOLHA - PRANCHA DE MADEIRA PARA PINTURA ESMALTE SINTÉTICO BRILHANTE COR BRANCO GELO / COM MOLA HIDRÁULICA	03
P5	135x210	ABRIR VAI E VEM, 02 FOLHAS - PRANCHA DE MADEIRA PARA PINTURA ESMALTE SINTÉTICO BRILHANTE COR BRANCO GELO, COM VISORES 20X60 CM (1 EM CADA FOLHA)	02
P6	90x210	ABRIR 01 FOLHA - PRANCHA DE MADEIRA PARA PINTURA ESMALTE SINTÉTICO BRILHANTE COR BRANCO GELO	02
P7	120x210	ABRIR 02 FOLHAS - PRANCHA DE MADEIRA PARA PINTURA ESMALTE SINTÉTICO BRILHANTE COR BRANCO GELO	01
P8	200x210	VENEZIANA NÃO-VENTILADA DE ALUMÍNIO, DE ABRIR - 02 FOLHAS, COR BRANCO GELO	01
P9	90x210	ABRIR UMA FOLHA - CEDRO LISA COM VERNIZ MOGNO, COM BARRA DE APOIO PARA PNE E MOLA HIDRÁULICA	07
P10	60x170	ALUMÍNIO DE ABRIR - 01 FOLHA	07
P11	90x170	ALUMÍNIO DE ABRIR - 01 FOLHA, COM BARRA DE APOIO PARA PNE	02
P12	100x210	ABRIR 01 FOLHA - PRANCHA DE MADEIRA PARA PINTURA ESMALTE SINTÉTICO BRILHANTE COR BRANCO GELO / COM MOLA HIDRÁULICA E COM VISOR EM VIDRO COMUM 4 MM	06
P13	90x170	CORRER 01 FOLHA - PRANCHA DE MADEIRA PARA PINTURA ESMALTE SINTÉTICO BRILHANTE COR BRANCO GELO	01

JANELAS ELEMENTO			QUANT.
JANELAS ELEMENTO	DIMENSÕES	ESPECIFICAÇÃO	QUANT.
J1	30x200 / 70	ESQUADRIA ALUMÍNIO 4 FOLHAS - PIVOTANTE VERTICAL	10
J2	80x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 2 FOLHAS - CORRER COM TELINHA METÁLICA EXTERNA	01
J3	200x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 4 FOLHAS - CORRER COM TELINHA METÁLICA EXTERNA	06
J4	160x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 4 FOLHAS - CORRER COM TELINHA METÁLICA EXTERNA	02
J5	185x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 4 FOLHAS - CORRER COM TELINHA METÁLICA EXTERNA	01
J6	160x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 2 FOLHAS - MÁXIMO AR	01
J7	60x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 1 FOLHA - MÁXIMO AR	02
J8	200x80 / 180	ESQUADRIA ALUMÍNIO 4 FOLHAS - MÁXIMO AR	01
V1	180x120 / 100	ESQUADRIA ALUMÍNIO 2 FOLHAS - FIXA	02
V2	90x120 / 100	ESQUADRIA ALUMÍNIO 1 FOLHA - FIXA	01
V3	70x120 / 100	ESQUADRIA ALUMÍNIO 1 FOLHA - FIXA	01

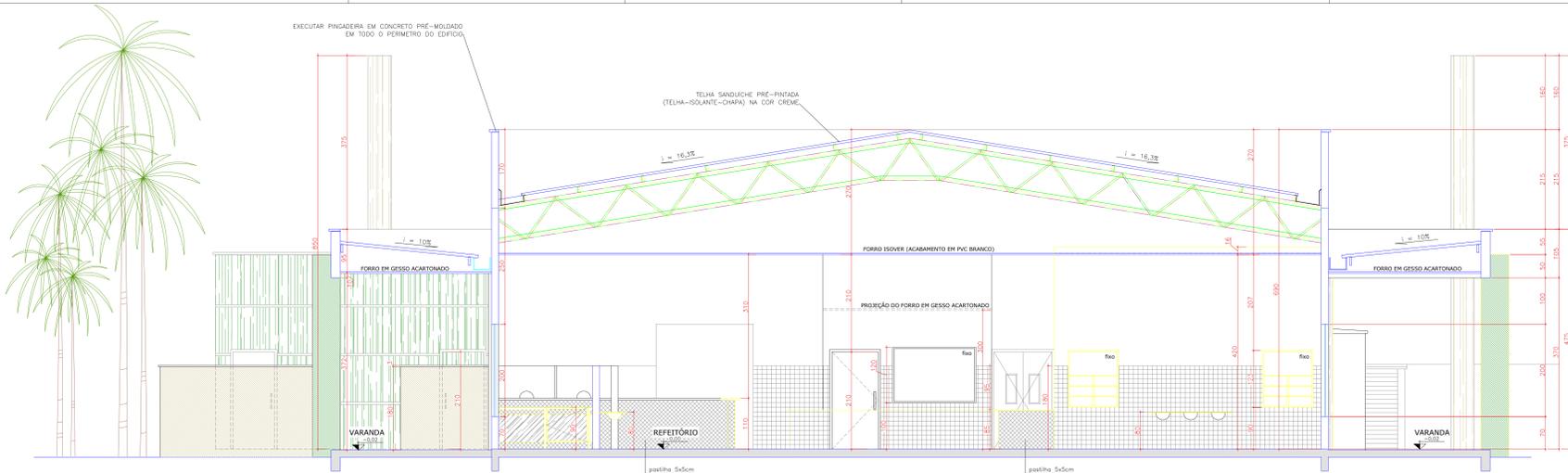
* INSTALAR PROTEÇÃO EM AÇO INOXIDÁVEL A MEIA ALTURA (LARGURA = 20 CM) E PRÓXIMO AO PISO (L=30 CM) PARA CHOQUE DE CARRINHOS, EM AMBOS OS LADOS DE CADA FOLHA.
OBS.: OS VIDROS DAS ESQUADRIAS SERÃO DE VIDRO LAMINADO 6MM FUMÊ (CINZA)

OBS.: 1- BANCADAS E DIVISÓRIAS SERÃO EM GRANITO CINZA ANDORINHA
OBS.: 2- LOUÇAS DOS SANITÁRIOS SERÃO DE COR BRANCA
OBS.: 3- ACESSÓRIOS SANITÁRIOS SERÃO CROMADOS
OBS.: 4- RALOS EM INOX COM TAMPAS ESCAMOTEÁVEL

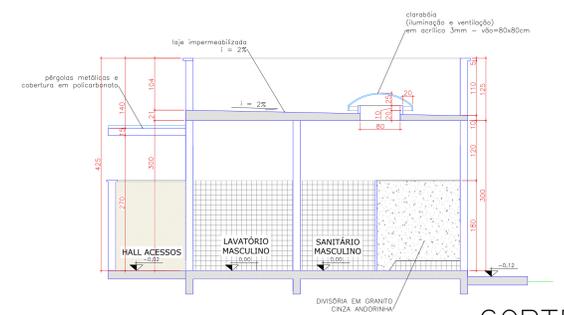
LEGENDA MATERIAIS	
PISO	01. PISO KORODUR OVERLAY, RODAPÉ EMBUTIDO NO MESMO MATERIAL COM 70MM DE ALTURA OBS.: NOS SETORES DE PRÉ-PREPARO E DE COCÇÃO, OS ENCONTROS PISO-RODAPÉ DEVERÃO SER ARREDONDADOS CONFORME DETALHE
	02. PISO CIMENTADO PARA ÁREA EXTERNA
	03. PISO ISOLANTE - PRÓPRIO PARA CÂMARA FRIA - VER DETALHE
PAREDE	01. ALVENARIA COM REBOCO, EMASSAMENTO E PINTURA ACRÍLICA, COR BRANCO GELO
	02. DIVISÓRIA EM GESSO ACARTONADO COM PINTURA ACRÍLICA COR BRANCO GELO
	03. SANIT. DE USO PÚBLICO - CERÂMICA ESMALTADA 25x40CM - CECRISA WHITE BASIC LUX OU SIMILAR - PEI 4 (ATÉ H=200CM) + PINTURA ACRÍLICA BRANCO GELO OUTROS AMBIENTES - CERÂMICA ESMALTADA 25x40CM - CECRISA WHITE BASIC LUX OU SIMILAR - PEI 4 (ATÉ H=180CM) + PINTURA ACRÍLICA BRANCO GELO
	04. PINTURA EPOXI BRANCO GELO ATÉ O TETO
	05. PAINEL ISOLANTE PARA CÂMARA FRIA
	06. ALVENARIA COM REBOCO E PINTURA A SEGUIR ESPECIFICAÇÃO FACHADAS
FORRO	01. LAJE PRÉ-MOLDADA COM REBOCO, EMASSAMENTO PVA E PINTURA ACRÍLICA COR BRANCO NEVE
	02. FORRO ISOVER (FORROVID OMNI), ACABAMENTO EM PVC BRANCO, DENSIDADE:60kg/m³, ESPESSURA 20 MM
	03. FORRO EM GESSO ACARTONADO

OBS.: NOS BALCÕES DOS CAIXAS, ATENDIMENTO E LINHA DE DISTRIBUIÇÃO, SERÁ USADA PASTILHA CERÂMICA 5X5 CM NA PARTE FRONTAL E PINTURA EPOXI BRANCO GELO NA PARTE POSTERIOR. USAR PASTILHA JATOBÁ 5X5 CM, LINHA ARENA, CR 0081 BONE OU PASTILHA SIMILAR EM COR E QUALIDADE.

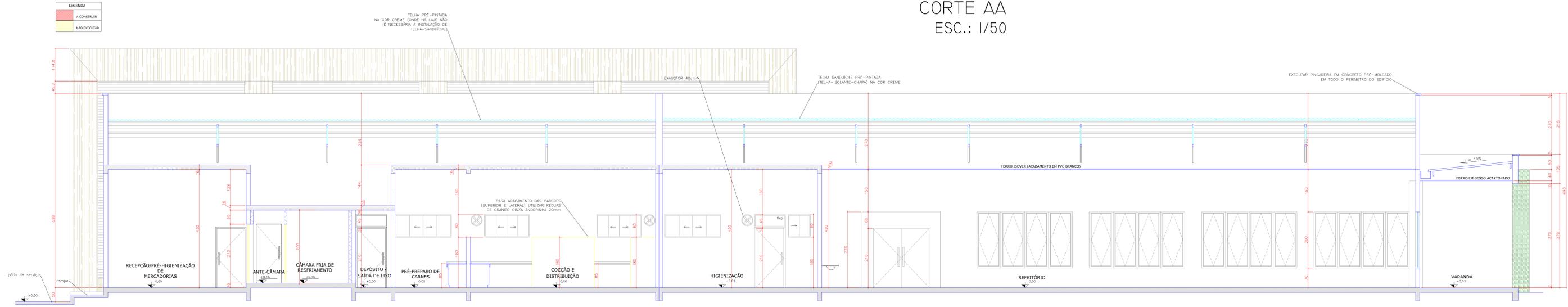
PREFEITURA	CREA
BOMBONEIRO DE NATURALIS	
PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICAÇÃO SEM ACRÉSCIMO DE ÁREA	
PRANCHAS: 1/6	
OBRA: RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO - RU PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS ENDEREÇO: QD. 109 N. AV. NS. 15. ALCOVO 14. PALMAS - TO	
UFT UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS	
ÁREAS CONSTRUÇÃO: 1.119,06m² ÁREA PREVISTA AMPLIAÇÃO FUTURA: 109,83m²	
PROPRIETÁRIO:	ASS: NOME: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
AUTOR DO PROJETO:	ASS: NOME: ARO E LIRE JANAÍRA CÂNDIDA DA SILVA
CO-AUTOR DO PROJETO:	ASS: NOME:
CREA:	ASS: NOME:
FIRMA RESPONSÁVEL:	ASS: NOME:
CREA:	ASS: NOME:
ART:	ASS: NOME:
ESCALAS:	DATA: Junho / 2011
INDICADA:	CONFERIDO:
DESEJADA:	DESEJADA:
REV. 00	DESEJADA: 000
CONTEÚDO: PLANTA BAIXA DE MODIFICAÇÃO, IMPLANTAÇÃO, QUADRO DE ABERTURAS, LEGENDA MATERIAIS, DETALHE PISO CÂMARA FRIA, DETALHE RODAPÉ ABAAULADO	



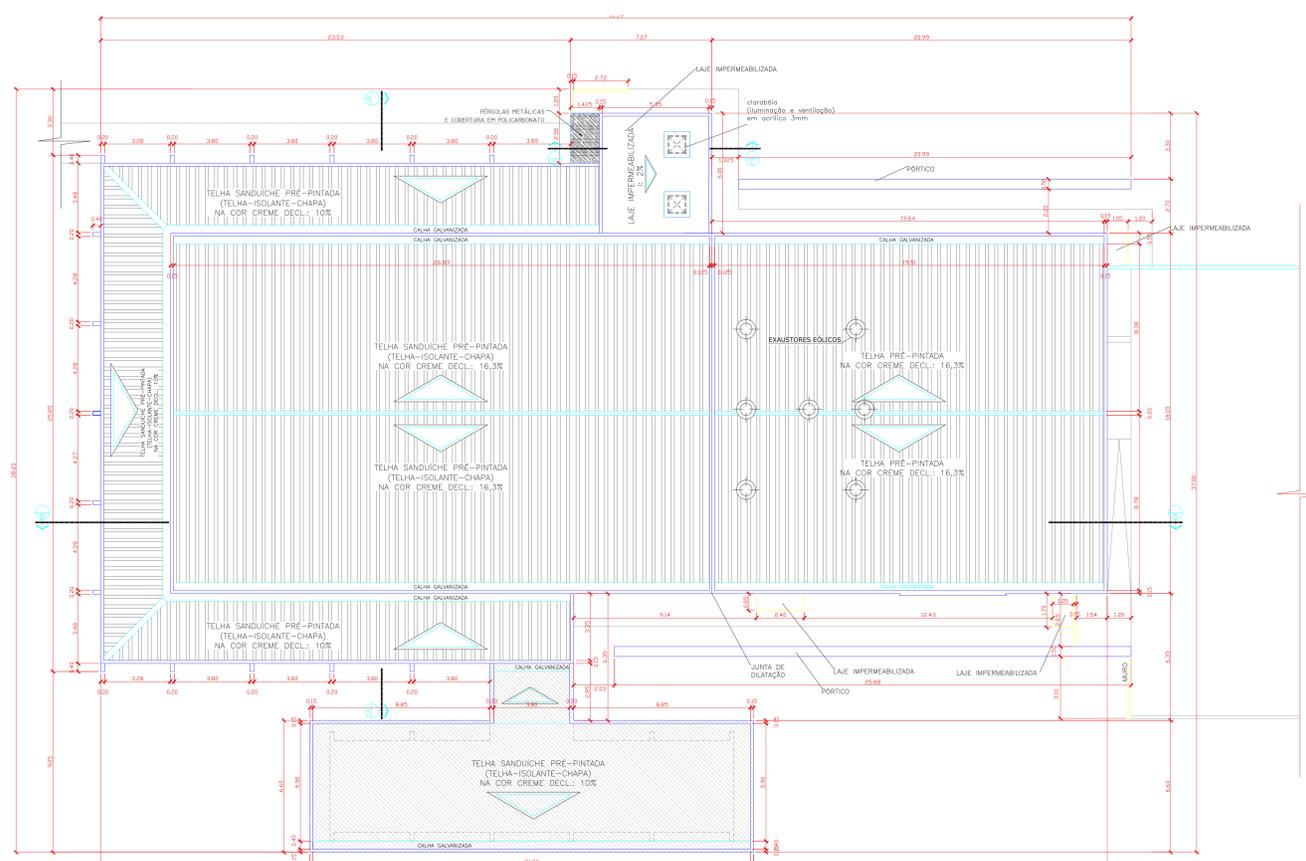
CORTE AA
ESC.: 1/50



CORTE CC
ESC.: 1/50



CORTE BB
ESC.: 1/50



PLANTA DE COBERTURA
ESC.: 1/125

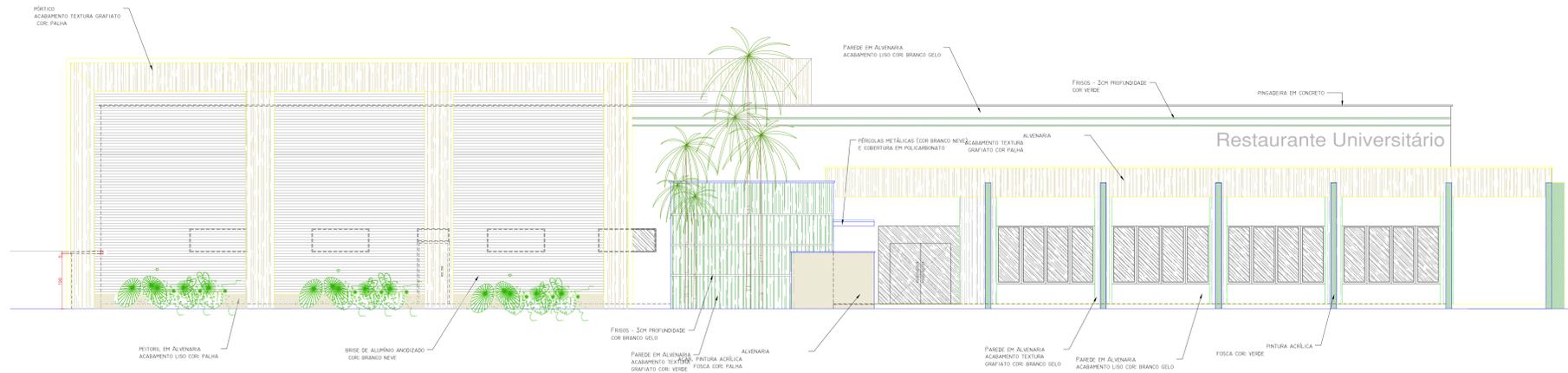
AO

REVISÃO		DATA	
1	PRELIMINAR	01/06/2011	01
2	REVISÃO	01/06/2011	02

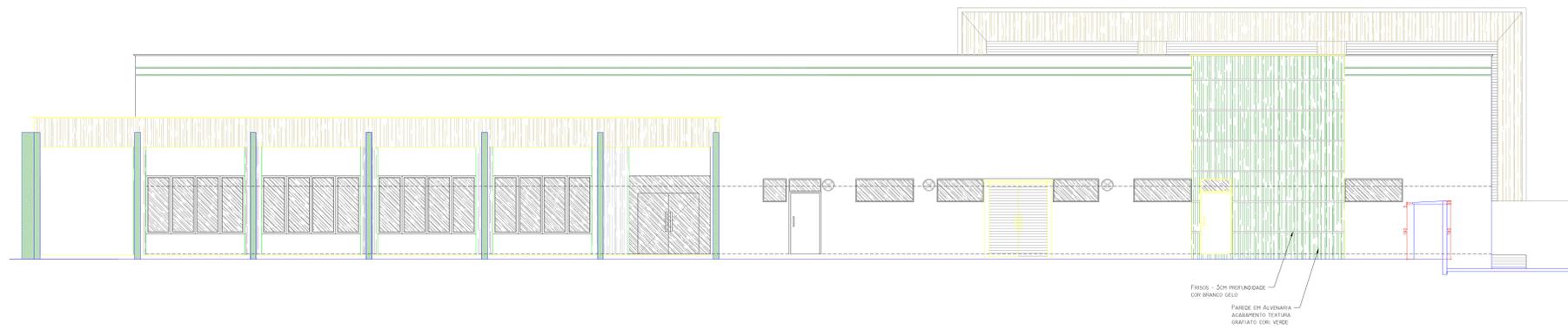
PREFEITURA	CREA
BOMBEIRO OU NATURALISTA	

PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICAÇÃO SEM ACRÉSCIMO DE ÁREA		PRANCHA: 3/6
---	--	------------------------

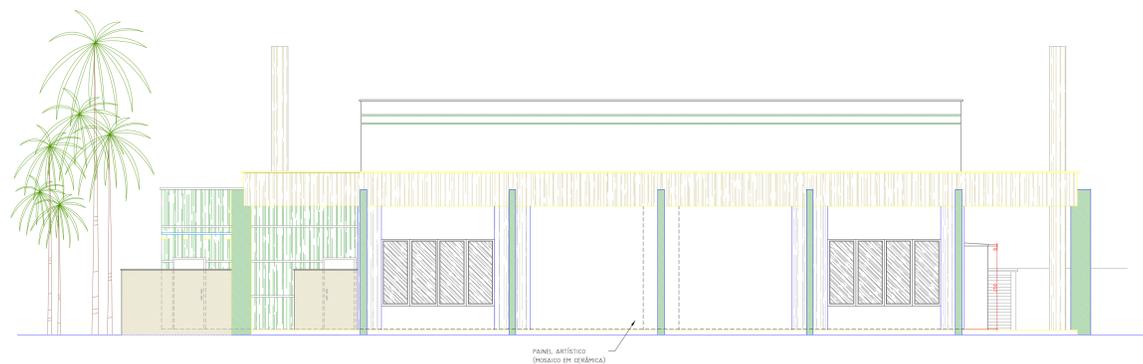
OBRA: RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO - RU PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS ENDEREÇO: QD. 109 N. AV. NS.15, ALÇNO 14, PALMAS - TO			
ÁREAS CONSTRUÇÃO: 1.119,06m² ÁREA PREVISTA AMPLIAÇÃO FUTURA: 109,83m²	PROPRIETÁRIO: ASS.: NOME: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS AUTOR DO PROJETO: ASS.: CREA-TO: 201354V CO-AUTOR DO PROJETO: ASS.: NOME: ARQ. E URB. JANAÍNA CÂNDIDA DA SILVA CREA: NOME: FIRMA RESPONSÁVEL: ASS.: CREA: NOME: ART: NOME:	ESCALAS: INDICADA DATA: JUNHO / 2011 CONFERIDO: CADASTRADO: REV. 00 DESENHO: DOC	UFT UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CONTEÚDO: CORTE AA, CORTE CC, CORTE BB PLANTA DE COBERTURA			



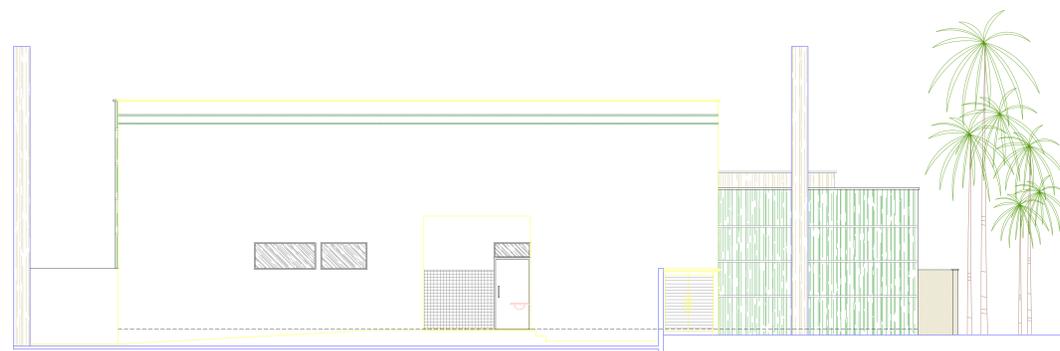
FACHADA FRONTAL
ESC.: 1/75



FACHADA POSTERIOR (SEM O PÓRTICO POSTERIOR)
ESC.: 1/75



FACHADA LATERAL ESQUERDA
ESC.: 1/75



FACHADA LATERAL DIREITA
ESC.: 1/75

REVISO		DATA	
PREFEITURA		CREA	
BOMBEIRO OU NATURALISTA			
PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICAÇÃO SEM ACRÉSCIMO DE ÁREA			PRANCHA: 4/6
OBRA: RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO - RU PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS ENDEREÇO: QD. 109 N. AV. NS.15, ALCNO 14, PALMAS - TO			
ÁREAS CONSTRUÇÃO: 1.119,06m² ÁREA PREVISÃO AMPLIAÇÃO FUTURA: 109,83m²		PROPRIETÁRIO: ASS: NOME: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS AUTOR DO PROJETO: ASS: NOME: JAVIANA CÂNDIDA DA SILVA CREA: TO. 201354V CO-AUTOR DO PROJETO: ASS: NOME: CREA: FIRMA RESPONSÁVEL: ASS: NOME: CREA: ART:	
ESCALA:	DATA:	CONFERIDO:	DESENHO:
INDICADA	JUNHO / 2011		DOC
CONTEÚDO: FACHADA FRONTAL, FACHADA POSTERIOR, FACHADA LATERAL DIREITA, FACHADA LAT. ESQUERDA			



**ANEXO 3: PROJETO ELÉTRICO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO
CAMPUS PALMAS**

Planta do projeto elétrico cedida pela Coordenação de Infraestrutura (Coinfra), do campus Palmas, utilizada para a execução deste trabalho.

