

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Cidades Sustentáveis e Inteligentes

**DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA DE EDIFICAÇÃO
PÚBLICA EM CACHOEIRA DO SUL/RS DE ACORDO COM O MÉTODO PRESCRITIVO RTQ-C**

**DETERMINATION OF THE HEALTH PERFORMANCE LEVEL OF THE PUBLIC BUILDING WRAP
IN SOUTHERN CACHOEIRA / RS ACCORDING TO RTQ-C PRESCRIPTION METHOD**

Ana Elisa Moraes Souto e Tássia Fanton

RESUMO

O desempenho térmico e energético de uma edificação está relacionado diretamente com as condições climáticas, representadas principalmente pela temperatura do ar, velocidade e direção dos ventos, umidade e radiação solar, além de outras variáveis. Neste contexto, a utilização de dados climáticos é essencial para que profissionais da área de projeto possam conceber edificações dentro do conceito de arquitetura bioclimática. No Brasil, onde as edificações, em geral, representam 52% do consumo de energia elétrica, a concepção de edificações levando em conta o conhecimento das características climáticas onde estas serão executadas torna-se importante ferramenta. Os materiais construtivos desempenham um papel muito importante para assegurar o conforto térmico. Em um prédio público as questões econômicas pesam bastante na definição dos materiais empregados. As propriedades térmicas de um determinado produto devem ser especificadas na etapa de seleção dos materiais que o compõem. Nesse sentido o trabalho busca avaliar tanto a implantação através da análise do projeto arquitetônico, bem como a influência dos elementos construtivos na determinação do nível de desempenho térmico da envoltória das edificações, através do método prescritivo RTQ-C, dos prédios B1 e B2 do campus da UFSM, localizados na cidade de Cachoeira do Sul. O clima da cidade, subtropical úmido, caracterizado por médias de temperatura abaixo de 20°C e amplitude anual variável entre 9°C e 13°C, com invernos rigorosos e chuvas fartas e bem distribuídas. Esse clima apresenta verão e inverno bem caracterizados. Conforme a NBR 15220-3 Cachoeira do Sul se localiza na zona 2 e as principais estratégias bioclimáticas para esta região são o aquecimento solar e a grande inércia térmica nas vedações internas. Trabalhar com a integração entre edificação e clima desde a concepção do edifício é condição favorável a que se tenha um desempenho ambiental adequado, como também um bom nível de conforto aos seus usuários.

Palavras-Chave: Conforto térmico, Desempenho materiais, Eficiência Energética

ABSTRACT

The thermal and energy performance of a building is directly related to climatic conditions, represented mainly by air temperature, wind speed and direction, humidity and solar radiation, among other variables. In this context, the use of climate data is essential for project professionals to design buildings within the concept of bioclimatic architecture. In Brazil, where buildings generally account for 52% of electricity consumption, the design of buildings taking into account the knowledge of the climatic characteristics where they will be built becomes an important tool. Constructive materials play a very important role in ensuring thermal comfort. In a public building economic issues weigh heavily in defining the materials employed. The thermal properties of a given product must be specified in the selection step of the materials that compose it. In this sense, the work seeks to evaluate both the implementation through the analysis of the architectural project, as well as the influence of the building elements in the determination of the thermal performance level of the buildings envelope, through the prescriptive method RTQ-C, of the B1 and B2 buildings of the campus. UFSM, located in the city of Cachoeira do Sul. The humid subtropical climate of the city is characterized by temperature averages below 20°C and annual amplitude varying between 9°C and 13°C, with severe winters and abundant and well distributed rainfall. This climate presents well characterized summer and winter. According to NBR 15220-3 Cachoeira do Sul is located in zone 2 and the main bioclimatic strategies for this region are solar heating and the large thermal inertia in the internal fences. Working with the integration between building and climate from the conception of the building is a favorable condition to have an adequate environmental performance, as well as a good level of comfort to its users.

Keywords: Thermal comfort, Material performance, Energy Efficiency

DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE DESEMPENHO TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA DE EDIFICAÇÃO PÚBLICA EM CACHOEIRA DO SUL/RS DE ACORDO COM O MÉTODO PRESCRITIVO RTQ-C

1 INTRODUÇÃO

Eficiência energética é definida por Lamberts, Dutra e Pereira (1997) como “a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais (internas) com menor consumo de energia”. A forma arquitetônica condiciona a quantidade de radiação solar, ventilação e luz natural que incide sobre o edifício (MASCARÓ, 1991). Também os materiais construtivos da envoltória são determinantes quanto ao nível de desempenho energético. Com relação aos fechamentos transparentes, a grande maioria apresenta alto índice de ganho de calor, quando o ideal seria alta transmissão de luz visível e baixo ganho de calor (SANTOS, 2002).

Segundo o Balanço Energético Nacional referente ao ano base 2013, o setor público e comercial atingiu um consumo de 10.808Mtep, o qual superou o consumo do setor residencial que alcançou um consumo de 10.741Mtep. Tendo em vista que o consumo final de energia elétrica, considerando todos os setores consumidores, cresceu 3,6%, paralelo a um crescimento do PIB de 2,3 %, iniciativas relacionadas à redução do consumo e a métodos para avaliação das variáveis envolvidas mostram-se imprescindíveis.

No âmbito de edificações públicas federais, de acordo com a Instrução Normativa Nº 2, de 4 de junho de 2014 (pág.102-103), publicada no Diário Oficial da União em 05/06/2014, “os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe A”- e “após a obtenção da ENCE Geral de Projeto classe A, a construção da nova edificação deve ser executada ou contratada de forma a garantir a obtenção da ENCE Geral da Edificação Construída classe A”. A partir desta normativa a necessidade de minimizar o consumo de eletricidade assume caráter compulsório a ser controlado pelos órgãos competentes. (LABEEE/UFSC, 2015)

A análise a partir do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (BRASIL, 2013) se apresenta como uma possibilidade que considera a realidade construtiva e as condições climáticas brasileiras, conforme apontam Lamberts e Carlo (2010). Segundo os referidos autores, o método prescritivo constante no RTQ-C “consiste em uma série de parâmetros predefinidos ou a calcular que indicam a eficiência do sistema”, sendo um método que, apesar de não contemplar todas as possíveis soluções arquitetônicas, aplica-se a grande maioria de tipologias construtivas.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste artigo é apresentar a avaliação do nível de classificação da eficiência energética da envoltória dos Blocos B1 e B2 do campus da Universidade Federal de Santa Maria em Cachoeira do Sul, RGS, segundo os procedimentos do método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos (RTQ-C). Ressalta-se a importância da adoção de padrões arquitetônicos relacionados ao clima no qual se insere a edificação através da bioclimatologia bem como o cuidado na especificação e escolha dos materiais construtivos. Evidencia-se o fato de que um bom projeto de arquitetura deve responder simultaneamente à eficiência energética e às necessidades de conforto do usuário em função das informações obtidas da análise climática e formuladas no programa de necessidades.

3 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho está dividido nas seguintes etapas: descrição dos edifícios objeto de estudo, análise arquitetônica levando em consideração a implantação e a materialidade das edificações, levantamento de dados necessários a aplicação do método prescritivo, procedimento de cálculo e determinação dos pré-requisitos específicos.

3.1 DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS OBJETOS DE ESTUDO

As edificações analisadas possuem caráter público e se localizam na Rodovia Taufik Germano, número 3013 no Bairro Passo da Areia em Cachoeira do Sul. Os prédios fazem parte de um complexo formado por oito edificações. Para o estudo foram analisados os blocos B1 e B2, edificações que estão prontas para o uso, pois os demais blocos ainda estão em construção. As duas edificações fazem parte de um complexo de oito blocos destinadas ao ensino de graduação da UFSM.

A edificação está implantada longitudinalmente segundo a direção do eixo Leste-Oeste. A fachada norte possui a maior área envidraçada que corresponde às aberturas das salas de aula, sendo que estas recebem a proteção parcial dos dispositivos de sombreamento paralelos à fachada.

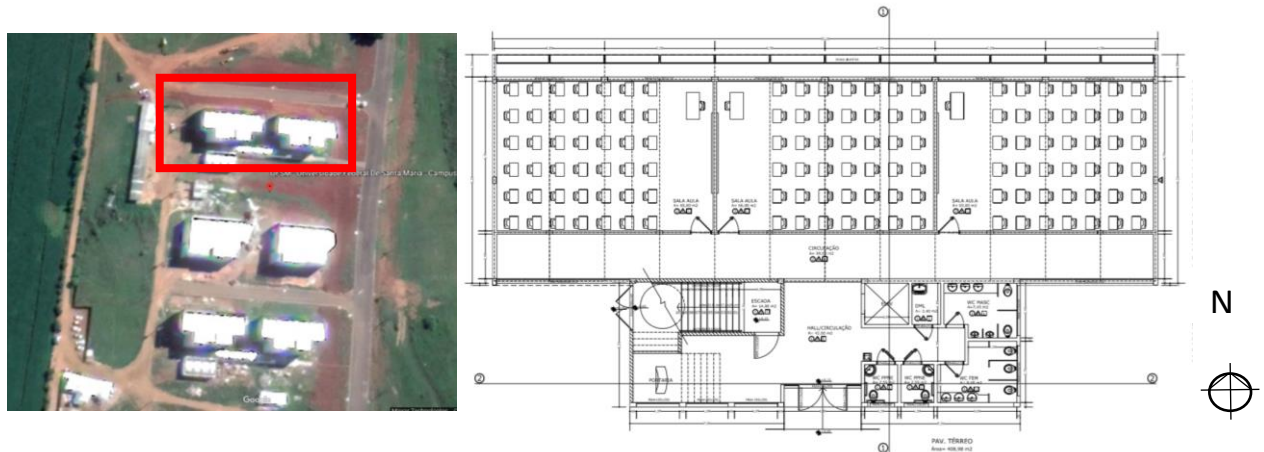
As edificações contam com uma volumetria definida por um prisma que constitui o bloco principal de 9,25m de largura por 30,00m de comprimento, de três pavimentos com salas de aulas de 6,70m por 5,0m e um corredor com largura de 2,0 metros. Centralizado a esse volume principal está o bloco do acesso, hall e circulações, bloco de 5,50m de largura por 17,70m de comprimento. A fachada principal está orientada a norte e as circulações a sul. As duas empenas cegas estão orientadas a leste e oeste.

Figura 1 – Vista aérea da implantação do campus UFSM/Cachoeira do Sul



Fonte: Google Maps.

Figura 2 –Prédios B1 e B2 analisados



Fonte: Google Maps.

Figura 3 –Fotografia fachada norte à direita e sul à esquerda



Fonte: fotografia autores.

Cada bloco possui uma área total de 1.226,94m² dividida em três pavimentos. A fachada norte apresenta brises metálicos horizontais brancos. Os materiais construtivos utilizados são convencionais na construção civil. As alvenarias são de tijolo de oito furos com dimensão de 11,5x19,0x24,0cm, assentados na dimensão de 19,0 cm. O revestimento é argamassado com a espessura de 2,5cm externamente e 2,0cm internamente. A cobertura é de telha galvalume 0,05mm, com laje em concreto sobre tabelas de EPS de 30cm e com vigotas de concreto. A fachada norte e sul é branca e a empena leste e oeste é azul escura.

A forma arquitetônica afeta o conforto ambiental em uma edificação e o seu consumo de energia, pois interfere diretamente nos fluxos de ar no interior e no exterior, bem como nas quantidades de luz e calor solar recebidos pelo edifício. A quantidade de radiação solar que incide em cada superfície externa de uma edificação é variável conforme a orientação e a época do ano. As edificações foram implantadas levando em consideração as questões de conforto térmico, pois a maior dimensão está orientada a norte/sul e a menor dimensão a leste/oeste onde existe maior incidência de carga térmica. A determinação da cor branca nas fachadas maiores também contribui para a reflexão da luz solar.

A orientação da edificação é uma variável que só pode ser alterada na fase de projeto, define o comportamento térmico devido à influência de radiação solar e dos ventos predominantes, basicamente.

Para um desempenho energético adequado, a arquitetura deve respeitar as condições climáticas de cada local, além das demais necessidades dos seus usuários. A forma e a função não são mais os únicos objetivos de uma edificação. Agora a eficiência energética e os requisitos ambientais também devem ser considerados nos empreendimentos que pretendem atingir elevados níveis de satisfação dos seus clientes. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004, p. 51), o projeto eficiente sob o ponto de vista energético deve garantir uma perfeita interação entre o homem e o meio em todas as escalas da cidade: global, regional e local. As condições climáticas de cada região fornecem os subsídios para as decisões sobre a forma arquitetônica a ser projetada, os materiais utilizados e a distribuição funcional dos espaços em relação à orientação solar mais favorável para cada ambiente. As estratégias são utilizadas para minimizar o uso de recursos artificiais.

Entender os fatores climáticos locais (orientação solar, umidade do ar, ventos predominantes de cada local) é importante para observar o custo versus os benefícios proporcionados pela utilização de estratégias de projeto que melhoram o conforto térmico

4 ZONA CLIMÁTICA

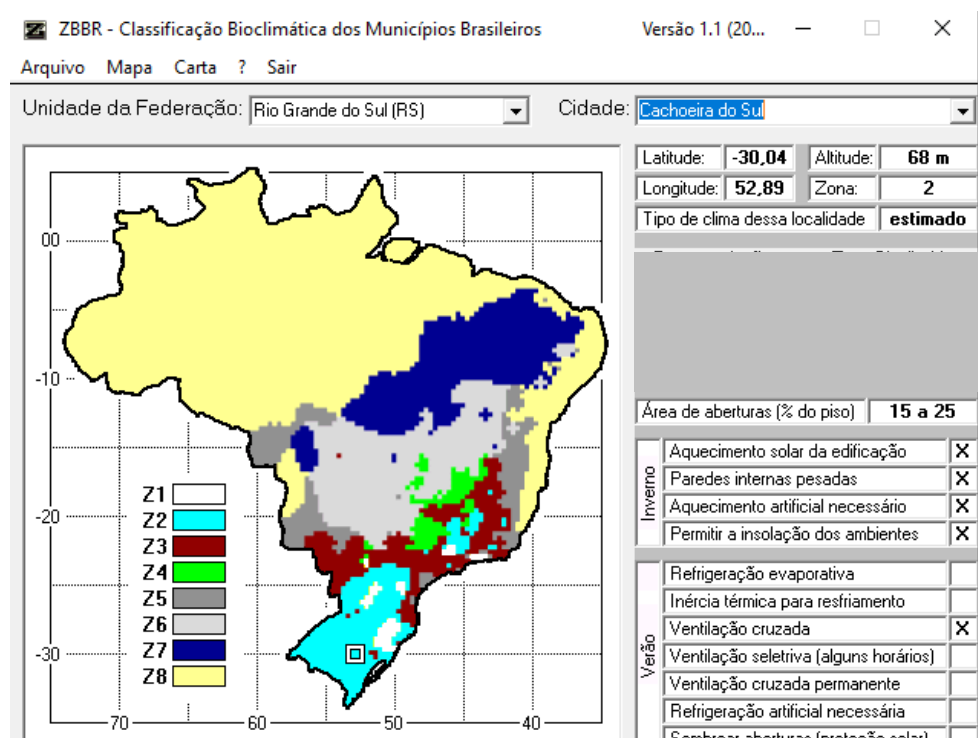
O clima é o principal determinante das condições térmicas nas edificações. O ajuste necessário para atingir as condições de conforto no interior da edificação, podem ser passivos ou ativos. O primeiro não requer meios artificiais, o segundo requer o uso de instalações baseadas em consumo de energia extra, como a elétrica, por exemplo. O projetista deve estudar as possibilidades viáveis para eliminar ou, quando isso não for possível, reduzir, os ajustes ativos.

A zona bioclimática tem por objetivo determinar as estratégias que um edifício deve seguir para obter o conforto térmico dos seus ocupantes. Desta forma, uma Zona Bioclimática é o resultado geográfico do cruzamento de três tipos diferentes de dados: zonas de conforto humano, dados objetivos climáticos e estratégias de projeto e construção para atingir o conforto térmico. Existem oito zonas bioclimáticas no Brasil, definidas segundo dados climáticos (de temperatura e umidade), para a determinação das estratégias de projeto necessárias para atingir o conforto térmico de moradias de interesse social. Além do método de definição do zoneamento pelas normas climatológicas brasileiras, a norma: NBR 15.220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro apresenta a lista de 330 cidades pertencentes à sua Zona Bioclimática.

Determinadas as estratégias adequadas para cada cidade ou localidade geográfica, as mesmas são agrupadas por uso de estratégias criando assim uma Zona Bioclimática. O município de Cachoeira do Sul, está localizado na depressão central do Rio Grande do Sul, com latitude de 30°04'35" sul e longitude 52°89'33" oeste e altitude de 68 metros. O clima caracteriza-se por subtropical úmido e a zona bioclimática é a dois. O clima subtropical úmido, caracterizado por médias de temperatura abaixo de 20°C e amplitude anual variável entre 9°C e 13°C, com invernos rigorosos e chuvas fartas e bem distribuídas. Esse clima apresenta verão e inverno bem caracterizados.

A zona dois tem como diretrizes construtivas no verão a necessidade de ventilação cruzada, sombreamento das aberturas de forma a permitir o sol do inverno e o uso de paredes e coberturas de inércia térmica leve, sendo as coberturas idealmente isoladas. No inverno o aquecimento solar da edificação, as paredes internas pesadas, o aquecimento artificial necessário, e permitir a insolação dos ambientes.

Figura 5 –Software ZBBR-Zoneamento Bioclimático dos Municípios Brasileiros



Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbbr>

A envoltória de uma edificação exerce uma grande influência em seu consumo de energia, principalmente por estar sujeita às questões térmicas que ocorrem em seu entorno. O processo construtivo e a especificação de materiais podem diretamente influenciar o desempenho energético dos sistemas prediais como um todo alterando o consumo de energia.

A envoltória pode ser entendida como a pele, isto é, o conjunto de elementos do edifício que estão em contato com o meio exterior e compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação aos ambientes externos. Os elementos que compõem a envoltória delimitam espaços e fronteiras através dos quais a energia térmica pode ser transferida. Há economia de energia quando a troca de calor entre a edificação e o ambiente exterior é reduzida e os ganhos de calor solar e de fontes internas são controlados.

5.1 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

5.1.1 Determinação dos Pré-requisitos específicos

Para a determinação da eficiência da envoltória é necessário, primeiramente, o atendimento a pré-requisitos específicos, os quais são referentes às características dos materiais de construção da envoltória em relação a zona bioclimática onde a edificação está inserida, no caso em estudo ZB2.

Assim sendo, para a análise em questão utilizou-se a norma NBR 15220 (2005) – parte 2, para calcular a transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico dos componentes construtivos utilizados, os resultados encontrados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico dos componentes construtivos paredes e cobertura

Descrição Materiais		Resultados Obtidos
Cobertura dos edifícios	Telha galvalume trapezoidal 0.5mm, pré laje em EPS com 20cm, concreto com 10 cm e emboço teto com 2cm	$U_{\text{verão}} = 0,97 \text{ W/m}^2\text{K}$ $C_T = 404,47 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ $\Phi_{\text{verão}} = 11,9\text{h}$
		$U_{\text{inverno}} = 1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ $C_T = 404,47 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ $\Phi_{\text{inverno}} = 8,4\text{h}$
Paredes dos edifícios	Tijolo 8 furos (11,5x19x24) Emboço interno 2cm Emboço externo 2,5cm	$U = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ $C_T = 199,56 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ $\phi = 5,2\text{h}$

Fonte: autores

Para a determinação da absorvância térmica utilizou-se dos valores fornecidos pela NBR 15220(2005) e do trabalho apresentado por Dorneles em (2008). É válido destacar que os valores ideais para o cálculo da absorvância deveriam ser obtidos em laboratório, no entanto, como o próprio regulamento RTQ-C destaca, tais medições demandam de grande recurso econômico o que não a torna viável, por conta disso podem ser considerados valores aproximados para esses parâmetros. Assim sendo, no Quadro 2 são apresentados os valores adotados para as absorvância dos materiais.

Quadro 2 – Absorvância dos materiais construtivos paredes e cobertura

Descrição Materiais		Resultados Obtidos
Cobertura dos edifícios	Telha galvalume	$\alpha = 0,20$
Paredes dos edifícios	Parede c/ pintura branca	$\alpha = 0,20$
	Parede c/ pintura azul	$\alpha = 0.67$

Fonte: autores

De acordo com o RTQ-C a transmitância térmica e a absorvância são pré-requisitos na classificação da edificação, assim sendo, de acordo com o regulamento para a zona bioclimática 02 a classificação segue o exposto no Quadro 3. É válido destacar que como no presente momento os ambientes não são climatizados, utilizou-se do valor de referência para a transmitância térmica da cobertura para ambientes não condicionados.

Quadro 3 – Valores dos pré-requisitos para classificação da edificação Zona Bioclimática 2

Parâmetros	Nível A	Nível B	Nível C e D
$U_{\text{cob}} [\text{W/m}^2\text{K}]$	1,00	1,50	2,00
$U_{\text{par}} [\text{W/m}^2\text{K}]$	1,00	2,00	3,70
α_{cob}	$\leq 0,50$	$\leq 0,50$	Igual ao modelo real
α_{par}	$\leq 0,50$	Igual ao modelo real	Igual ao modelo real

Fonte: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (2013).

5.1.2 Cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória

Para a determinação da classificação da eficiência da envoltória da edificação, utilizou-se do indicador de consumo baseado na equação do RTQ-C para a ZB2 para edifícios com área de projeção da edificação menor ou igual a 500m². Assim sendo, é apresentada a seguir a Equação 1 para a determinação do indicador de consumo da envoltória.

$$IC_{env} = -175,30.FA - 212,79.FF + 21,86.PAF_T + 5,59.FF - 0,19.AVS + 0,15.AHS + 275,19.\frac{FA}{FF} + 213,35.FA.FF - 0,04.PAF_T.FS.AVS - 0,45.PAF_T.AHS + 190,42 \text{ [Eq. 1]}$$

Os valores obtidos para os parâmetros levados em conta na equação para as edificações em questão são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros para o cálculo do índice de Consumo da Envoltória

Parâmetros	Edificação
Área projeção do edifício (Ape) [m²]	408,98
área total de piso contruída (Atot) [m²]	1226,94
Área da envoltória (Aenv) [m²]	1575,81
Área de projeção da cobertura (Apcob) [m²]	408,98
Ângulo vertical de sombreamento (AVS) [°]	18,67
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS) [°]	5,71
Fator de altura (FA)	0,33
Fator de forma (FF)	0,30
Fator solar (FS)	0,53
Percentual de abertura na fachada total (PAFT)	0,28

Fonte: autores

Assim sendo, o índice de consumo alcançado para a envoltória desta edificação foi de $IC_{env} = 398,13$.

5.1.3 Índice de consumo máximo e mínimo

Por meio da Equação 1, apresentada anteriormente, calcula-se o limite máximo do indicador de consumo $IC_{máxD}$ e o limite mínimo do indicador de consumo $IC_{mín}$. Para tanto, mantém-se os valores de FA e FF da edificação e modifica-se os valores dos parâmetros PAF_T , FS , AVS e AHS para os limites máximos e mínimos, conforme o regulamento. A Tabela 2 apresenta os parâmetros utilizados para o cálculo do $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$.

Tabela 2 – Parâmetros para os cálculos dos índices de consumo máximo e mínimo

Parâmetros	$IC_{máxD}$	$IC_{mín}$
Ângulo vertical de sombreamento (AVS) [°]	0,00	0,00
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS) [°]	0,00	0,00
Fator de altura (FA)	0,33	0,33
Fator de forma (FF)	0,30	0,30
Fator solar (FS)	0,61	0,87
Percentual de abertura na fachada total (PAFT)	0,60	0,05

Fonte: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (2013).

Os resultados obtidos foram $IC_{máxD} = 409,09$ e $IC_{mín} = 398,52$. Com os resultados obtidos para o $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$, foi possível calcular o intervalo dentro do qual a edificação deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes (i), a subdivisão do intervalo é calculada com a Eq. 2.

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{mín})}{4} \quad [Eq2]$$

O resultado obtido foi de $i = 2,64$, com o valor de i , pode-se calcular os intervalos para os níveis de eficiência de acordo com as equações da Tabela 3, a partir dos quais o IC_{env} deve ser comparado para se identificar o nível do projeto em questão, a Figura 6 apresenta a escala em nível de eficiência da envoltória em função dos indicadores de consumo. Já os limites calculados para as edificações em análise são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i$ + 0,01	$IC_{máxD} - 2i$ + 0,01	$IC_{máxD} - i$ + 0,01	$IC_{máxD}$ + 0,01
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (2013).

Figura 6 –Escala do nível de eficiência da envoltória em função do Indicador de Consumo



Fonte: Carlos e Lamberts (2010)

Tabela 4 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência calculados para a edificação

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	401,17	403,82	406,46	409,10
Lim Máx	401,16	403,81	406,45	409,09	-

Fonte: autores.

5.3.4 Determinação do nível de eficiência da envoltória

De acordo com os cálculos realizados verifica-se que o índice de consumo da envoltória se enquadra dentro do nível de classificação A para a edificação. No entanto, ao analisar os pré-requisitos verifica-se que a transmitância térmica para a cobertura no inverno e a transmitância térmica das paredes ultrapassam os limites para o nível A, se enquadrando no nível B, além disso, o nível de absortância para as fachadas leste e oeste ultrapassam o valor de 0,5. Assim sendo, a classificação do nível de eficiência da envoltória da edificação a partir do método prescritivo é de nível B.

6 CONCLUSÃO

As análises demonstram que os aspectos arquitetônicos e construtivos da envoltória analisada influenciaram o desempenho energético das edificações situados no clima subtropical úmido e localizados na Zona Bioclimática 2. O desempenho está diretamente relacionado às características arquitetônicas da envoltória das edificações e a influência destes elementos no ganho térmico da construção, consequentemente, nos efeitos deste ganho no conforto térmico.

A implantação adotada contribui para o conforto térmico ao determinar a maior dimensão dos blocos na orientação norte e sul e a menor dimensão a leste/oeste onde existe maior incidência de carga térmica. A determinação da cor branca nas fachadas norte/sul também contribui para a reflexão da luz solar e menor incidência solar. Apesar das fachadas leste/oeste serem empenas cegas a determinação da cor azul escuro interfere na absorção da luz solar incidente.

Além disso, a partir da aplicação do método prescritivo do RTQ-C a classificação da envoltória da construção foi classificada no nível B, sendo que tal regulamento apresenta 5 níveis de classificação sendo o A o de maior eficiência e E de menor. No entanto, é válido destacar que a classificação das edificações analisadas foi limitada pela transmitância térmica calculada para as paredes e para a cobertura nas condições de inverno e, ainda, pela absortância da cor azul escura utilizada nas fachadas leste e oeste. Uma vez que o índice de consumo da envoltória, o qual leva em considerações aspectos do projeto da edificação a classificaria no nível A. Deste modo, alerta-se para a utilização de materiais de construção com melhor desempenho térmicos nas vedações deste tipo de prédio público e de cores claras com menor nível de absortância, sendo sugerido para o alcance de nível A paredes duplas com bolsa de ar ou com o uso de um isolante térmico, já para a cobertura o uso de um isolante térmico ou de telhas com isolante fariam com que o prédio atingisse nível conforto térmico A. Por fim, destaca-se que o prédio em nível de classificação obteve um bom resultado, pois o nível B de para a edificação já é considerado eficiente.

A próxima etapa da pesquisa visa analisara a eficiência do conforto térmico das edificações por meio do método de simulação com o software Energy Plus para confrontar os resultados aqui obtidos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações, parte 3. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT, 2013

AYOADE, J. O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

BURATTI, Cinzia; RICCIARDI, Paola. Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 674–687, 2009.

CÂNDIDO, C. et al. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Building and Environment**, v. 45, n. 1, p. 222–229, 2010.

CAMPOS, Nadine Lessa Figueiredo et al. Avaliação de Desempenho térmico de edificação pública em Cuiabá, MT: Estudo de Caso. **Revista Monografias Ambientais**, v. 7, n. 7, p.1670-1688, 2012.

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

DORNELLES, K. A.; RORIZ, Maurício - Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações. In: **X Congresso Internacional de Tintas**. 2007. p. 12.

DORNELLES, K. A. **Absortância Solar de Superfícies Opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. Campinas, 2008. 160 f. 2008. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2017: ano base 2016. Brasília. EPE. 2017a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica DEA 001/2017: Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026). Brasília. EPE. 2017b.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering**. 1. ed. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 244 p.

FROTA, Anésia Barros. SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo. Editora Studio Nobel, 2009. 8ª Edição.

GIVONI, Baruch. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy & Buildings**, v. 1, p. 11–23, 1992.

HEYWOOD, Huw. **101 regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético**. São Paulo: Gustavo Gilli, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. RTQ-C: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 2. ed. Revisada, São Paulo, 2004. 192 p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 3. ed., São Paulo, 2014. 382 p.

MACHADO, F. P. Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1950.

OCHOA, Juliana H.; ARAÚJO, Daniel L.; SATTLER, Miguel Aloysio. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído: revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. v. 12, n. 1, p. 91–114, 2012.

POHLMANN, Valeria; LAZZARI, Marcondes. Caracterização climática da região de Cachoeira do Sul (Rio Grande do Sul) quanto à temperatura do ar. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v.4, n5, p. 643-650, 2018.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL de CONSERVAÇÃO de ENERGIA ELETRICA Manual para Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C. Rio de Janeiro: Procel/Eletrobras, 2010. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 14/06/2011.

PROCEL - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro: Procel/Eletrobras, 2010. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 14/06/2011.

PROCEL/ELETOBRAS e Labee/UFSC - Manual de Uso da Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – 2009

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 2001.

SANTOS, K. P.; COSTA, G. M. da; BARROS, B. R. Conforto Ambiental Em Instituições De Ensino: Análise Do Campus Do Sertão Da UFAL. In.: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v.15. p.865–874, 2014.

SANTOS, J.C. P. dos. **Desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TELI, Despoina; JENTSCH, Mark F.; JAMES, Patrick A.B. B. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166–182, 2012.

THUMANN, Albert; YOUNGER, William J. - Handbook of Energy Audits, 6th edition, Fairmont Press, 2005.

XAVIER, A. A. de P. **Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2o grau na região de Florianópolis**. 1999. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.