

AVALIAÇÃO DE UNIDADES HABITACIONAIS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Camila Ely¹, Naiara Fachinelli², Pâmela Wehner³, Cassia Zart⁴,
Cristiano Zluhan⁵, Rodrigo Spinelli⁶

Resumo: Atualmente as edificações são pensadas priorizando a eficiência energética, que consiste em um maior conforto térmico e conseqüentemente uma significativa economia de energia. Para que este conforto seja alcançado, faz-se necessário diminuir a troca de calor entre os ambientes, utilizando materiais que possuem em suas propriedades o isolamento térmico. No presente estudo foram analisados quatro apartamentos com posições geográficas diferentes, situados no último pavimento de uma das torres de um conjunto habitacional na cidade de Lajeado - RS. Comparou-se a carga térmica transmitida pelas paredes das áreas de vivência, cobertura e janelas dos quatro apartamentos, em duas situações: uma com a materialidade original da edificação e outra utilizando isolantes térmicos. Para o isolamento foi utilizado poliestireno expandido (EPS) abaixo do reboco das paredes, janelas de vidro duplo insulado e cobertura de telhas sanduíche com chapas de aço galvanizado e interior de EPS. A análise foi efetuada através de um padrão de cálculos, onde foram determinadas carga térmica e gastos com climatização para as duas situações. Com isso, pôde-se comprovar a eficiência dos materiais isolantes térmicos, que para alguns apartamentos diminuiu os gastos com climatização em até 80%.

Palavras-chave: Eficiência energética; Isolamento térmico; Conforto térmico; Carga térmica.

1 Aluno do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari – Unitaves.

2 Aluno do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari – Unitaves.

3 Aluno do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari – Unitaves.

4 Aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Taquari – Unitaves.

5 Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

6 Docente dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, Universidade do Vale do Taquari - Univates.

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura, tem como uma de suas funções oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas (OLIVEIRA, 2015).

A avaliação do desempenho térmico das edificações consiste na determinação de valores limites para a transmitância e capacidade térmica da envoltória, e um método detalhado, que prevê a realização de simulações computacionais do comportamento térmico do edifício nos dias típicos de projeto para o período de verão e de inverno.

Segundo Goulart (1993), o processo de construir uma edificação adaptada ao clima pode ser dividido em quatro passos, dos quais o último é a expressão arquitetônica. O primeiro passo em direção ao ajuste ambiental é o levantamento de elementos climáticos de um local e a análise destes dados meteorológicos. Sendo o homem a medida fundamental na arquitetura e o abrigo, projetado para satisfazer suas necessidades biológicas, o segundo passo é avaliar cada impacto do clima em termos psicofisiológicos. Como terceiro passo, uma solução tecnológica deve ser aplicada para cada problema conforto-clima. Essa solução pode ser obtida por métodos de cálculos, onde se analisam a orientação, necessidade ou não de sombra, forma da edificação, movimento de ar, e ainda balanço de temperatura interna que pode ser conseguido com uso cuidadoso de materiais. No estágio final, estas soluções combinadas de acordo com sua importância, resultam em harmonia arquitetônica.

O clima afeta a execução, a segurança, o conforto e o desempenho de edificações. Portanto, o estudo da climatologia aplicada à construção é imprescindível em todas as fases do projeto arquitetônico, além disso, envolve um processo iterativo, onde devem ser levada em conta a influência do clima na edificação e a influência da edificação sobre o clima do entorno (GOULART, 1993).

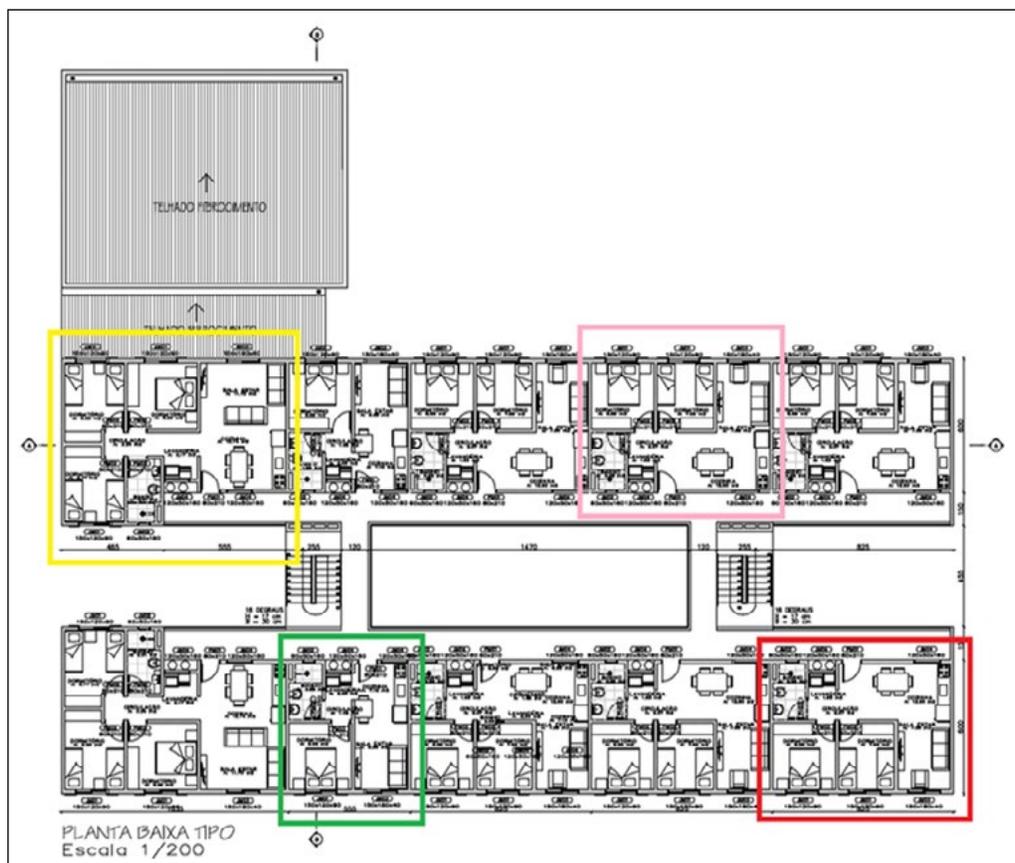
O empreendimento em estudo encontra-se na cidade de Lajeado - RS, Bairro Centenário localizado na região Geomorfológica Planalto da Araucária, com o clima predominante temperado úmido, consiste em temperaturas médias de 22°. Em períodos de regime de chuvas atinge média anual de 1600 mm, nos dozes meses do ano a direção predominante dos ventos se localizam em coordenadas Norte - Nordeste, Leste - Sudeste e Norte- nordeste. O clima característico da região no verão é de temperaturas altas e tempo seco, inverno frio e úmido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo analisou os ambientes de permanência de quatro apartamentos situados em uma das torres de um conjunto habitacional de interesse social, localizado na cidade de Lajeado/RS. Conforme destacadas na figura 1, as unidades escolhidas foram: apartamento de 2 dormitórios com posição solar norte e leste (destaque em vermelho); apartamento de 1 dormitório com posição solar leste (verde); apartamento de 3 dormitórios com posição solar sul e oeste (amarelo); apartamento de 2 dormitórios com posição solar oeste (rosa).

A determinação de distribuição térmica das unidades escolhidas foi verificada através de duas situações: situação 1, com a materialidade original da edificação; e situação 2, trazendo a proposta de isolamento térmico. O conjunto habitacional caracteriza-se por alvenaria estrutural, a materialidade original conta com paredes de blocos estruturais de concreto (15 x 19 x 29 cm); aberturas de vidro simples (3 mm); e cobertura com laje de concreto armado e telhas de fibrocimento. Para a situação com isolamento térmico utilizou-se para as paredes placas de poliestireno expandido, com 5cm de espessura sob o reboco, e para a cobertura telhas sanduíche de chapa de aço galvanizado com interior de poliestireno.

Figura 1- Planta baixa dos apartamentos



Fonte: Dos autores(2019).

2.1 Resistência Térmica e Transmitância

Segundo a NBR 15220 (ABNT, 2003), resistência térmica total de um fechamento (R_T), equação 1, consiste no somatório da resistência térmica da materialidade (R), resistência térmica interna (R_{si}) e resistência térmica externa (R_{se}). Para R_{si} e R_{se} a norma citada traz valores tabelados conforme direção do fluxo de calor. Para R são descritos cálculos onde a condutividade térmica (λ) é relacionada à espessura de cada material, conforme equação 2.

$$R_T(m^2 \cdot K)/W = R_t + R_{si} + R_{se} \quad (1)$$

Onde:

RT: resistência térmica total;

R: resistência térmica do fechamento, m². K/W;

R_{si}: resistência superficial interna-fluxo de calor descendente=0,17 m². K/W, conforme NBR 15220 (ABNT, 2003);

R_{se}: resistência superficial externa-fluxo de calor descendente=0,04 m². K/W, conforme NBR 15220 (ABNT, 2003).

$$R(m^2 \cdot K)/W = \frac{e}{\lambda} \quad (2)$$

Onde:

R: resistência térmica do fechamento;

λ : condutividade térmica (W/m.°C);

e: espessura do material (m).

A transmitância térmica (U), descrita na equação 3, é o fluxo de calor transmitido por unidade de área e diferença de temperatura. Sendo U inversamente proporcional a RT, quanto maior a resistência do fechamento, menor será a transmitância.

$$U(m^2 \cdot K/W) = \frac{1}{RT} \quad (3)$$

Onde:

U: transmitância térmica;

RT: resistência térmica total (m².K/W).

Para as situações 1 e 2 foram utilizadas as equações anteriores, e seus resultados podem ser observados no quadro 1.

Quadro 1 - Resistência térmica total e transmitância dos fechamentos

Fechamento	Situação 1 - Materialidade Orginal		Situação 2 - Isolamento Térmico	
	RT (m ² k/w)	U (w/m ² k)	RT (m ² k/w)	U (w/m ² k)
Parede	0,386	2,591	1,466	0,682
Cobertura	0,557	1,796	3,457	0,289
Vigas/grautes	0,299	3,34	1,549	0,65
Janela	0,173	5,79	0,67	1,5

Fonte: Dos autores (2019).

2.2 Fluxo Térmico

O fluxo térmico (q) representa uma taxa de calor que é transferida para dentro dos ambientes através de suas superfícies, para fechamentos opacos utilizou-se a equação 4. Este fluxo considera a absorvida de das cores, incidência solar e diferenças de temperaturas entre os meios.

$$q_{FO} (W/m^2) = U(\alpha * I * R_{se} + \Delta t) \quad (4)$$

Onde:

q_{FO} : fluxo térmico para fechamento opaco;

U : transmitância térmica (W/m^2k), valores verificados no Quadro 1;

α : absorvida de da superfície externa do fechamento, neste caso utilizou-se o valor de 0,67 referente a cor azul imperial utilizada nas fachadas; e 0,745 para o telhado, cor concreto.

I : Índice de radiação solar (W/m^2), utilizam-se os valores críticos correspondentes à posição geográfica das fachadas no dia 22 de dezembro e latitude 30°;

R_{se} : resistência superficial externa, neste caso com fluxo de calor descendente, valor de 0,04 $m^2.K/W$ (ABNT, 2003);

Δt : variação de temperatura entre meio externo e interno, cujos valores foram considerados de 34°C e 24°C respectivamente.

Para fechamentos translúcidos, neste caso as janelas de vidro, utilizou-se a equação 5.

$$q_{FT} (W/m^2) = q_A + q_S \quad (5)$$

Onde:

q_{FT} : fluxo térmico para fechamento translúcido;

$q_A = U * \Delta t$;

$q_S = F_S * I$, onde o fator solar (F_S) é a quantidade de calor que o vidro transmite o ambiente interno, dada pelo fabricante. Para o vidro simples 3 mm, $F_S = 87\%$. Para o vidro duplo insulado de controle solar neutro $F_S = 27\%$.

2.3 Carga Térmica

A quantidade total de calor que entra no ambiente é chamada de carga térmica, esta considera os fechamentos e suas áreas de contribuição. Além da carga dos ambientes e suas materialidades, este estudo considerou também

uma carga de 150W para cada ocupante e/ou equipamentos situados em cada cômodo, conforme equação 6.

$$Q(W) = \sum_{q_o} * A + \sum_{q_t} * A + 150 * P \quad (6)$$

Onde:

Q: carga térmica total do ambiente;

q_o : fluxo térmico de fechamento opaco (W/m²);

A: área de contribuição de determinado fechamento (m²);

q_t : fluxo térmico de fechamento translúcido (W/m²);

P: soma de ocupantes e equipamentos, considerando 2 pessoas e 2 equipamentos em cada dormitório, mais 2 equipamentos na sala.

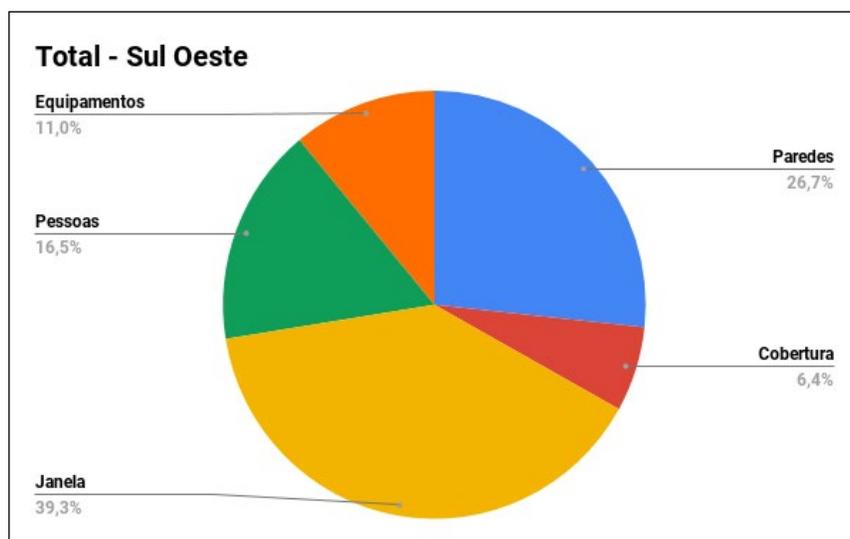
Com o valor da carga térmica total relacionado ao custo do Kw/h, de R\$0,62 em maio, para a cidade de Lajeado, foi possível calcular a diferença de consumo energético e a economia de valor entre as duas situações estudadas para os quatro apartamentos. Além disso, calculou-se a diferença no sistema de climatização artificial para os ambientes com isolamento e sem isolamento, deste modo cada 1 W de carga térmica equivale a 3,412 British Thermal Unit (BTUs), unidade de energia utilizada para a comercialização de ar condicionado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O posicionamento geográfico em relação algumas acomodações fazem com que a contribuição térmica pelo fluxo de calor seja maior em algumas fachadas do que em outras. Nos gráficos a seguir podemos verificar melhorias em questões de isolamento térmico com redução no consumo de energia.

O gráfico 1 apresenta a carga térmica total do apartamento Sul – Oeste de 3 dormitórios, para parede, janela e cobertura, assim como para pessoas e equipamentos com seu porcentual relacionado à carga transmitida. A maior contribuição de calor aconteceu pela janela ficando num total de 39,3% e a segunda maior nas paredes com 26,7%.

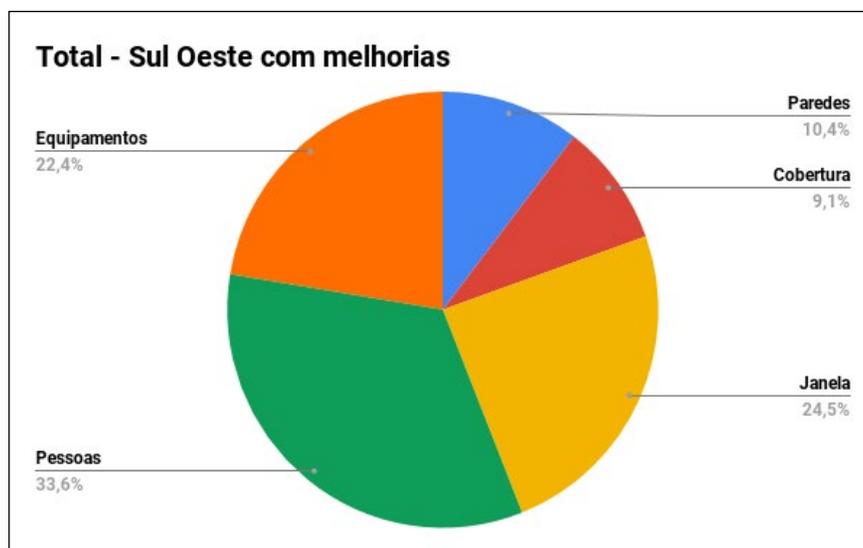
Gráfico1–Carga térmica total da Fachada Sul-Oeste sem melhorias



Fonte: Dos autores (2019).

Com a aplicação de isolamento térmico, que utilizou na cobertura a telha sanduíche de EPS e aço galvanizado, nas paredes placas de EPS e na janela o vidro duplo insulado, conseguimos ver no gráfico 2, uma diminuição de 14,8% para a carga transmitida pelas janelas e 16,3% pelas paredes.

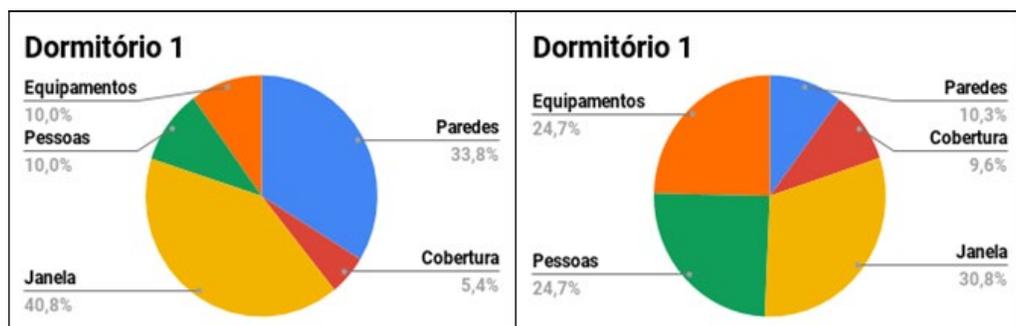
Gráfico 2 – Carga térmica total da Fachada Sul-Oeste com melhorias



Fonte: Dos autores (2019).

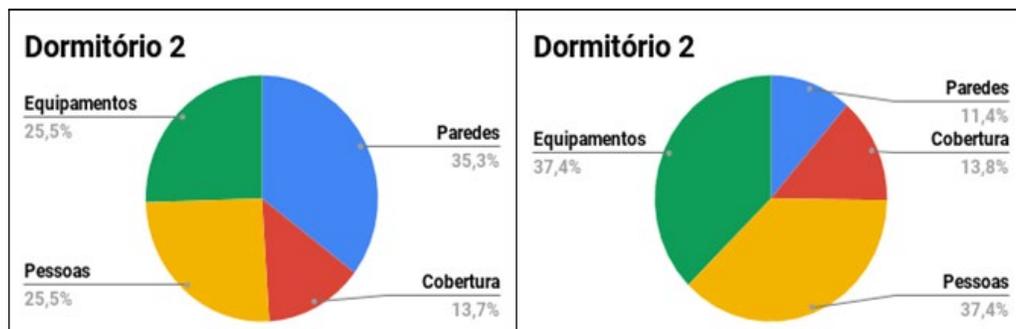
Os gráficos 3 a 6 trazem as diferenças nos percentuais de carga térmica em cada cômodo do apartamento Sul - Oeste, separadamente. À esquerda estão as cargas sem isolamento térmico, e à direita com isolamento térmico. Percebe-se que na situação sem isolamento as maiores cargas transmitidas são pela janela e paredes, já na situação com isolamento estas cargas diminuem, deixando equipamentos e pessoas em primeiro plano.

Gráfico 3 – Carga térmica total do Dormitório1 sem e com melhorias



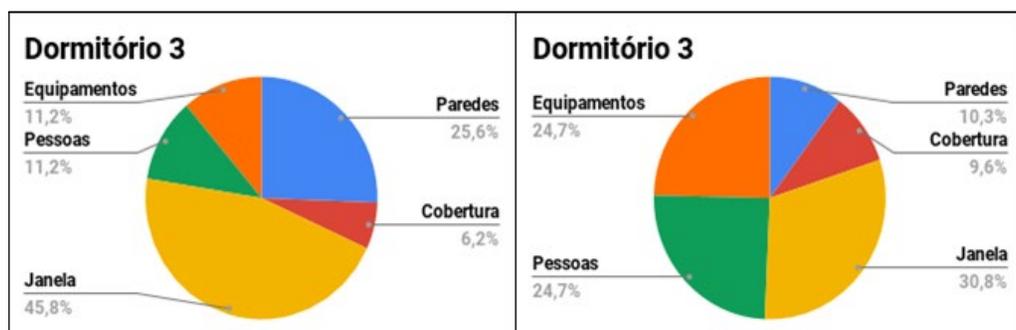
Fonte: Dos autores (2019).

Gráfico 4 – Carga térmica total do Dormitório 2 sem e com melhorias



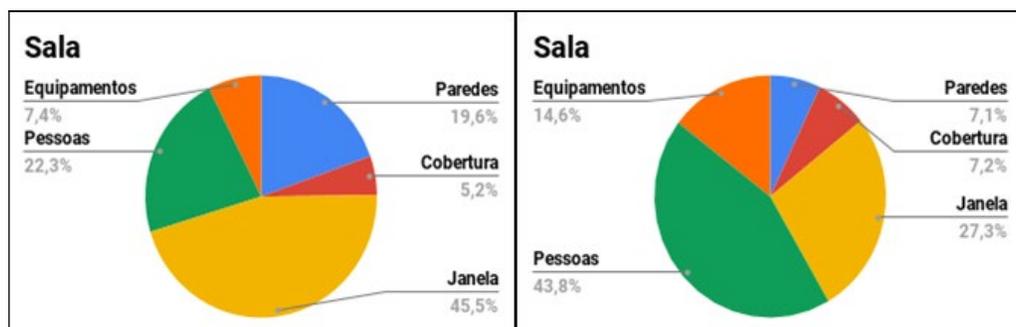
Fonte: Dos autores (2019).

Gráfico 5 – Carga térmica total do Dormitório 3 sem e com melhorias



Fonte: Dos autores (2019).

Gráfico 6 – Carga térmica total da Sala sem e com melhorias



Fonte: Dos autores (2019).

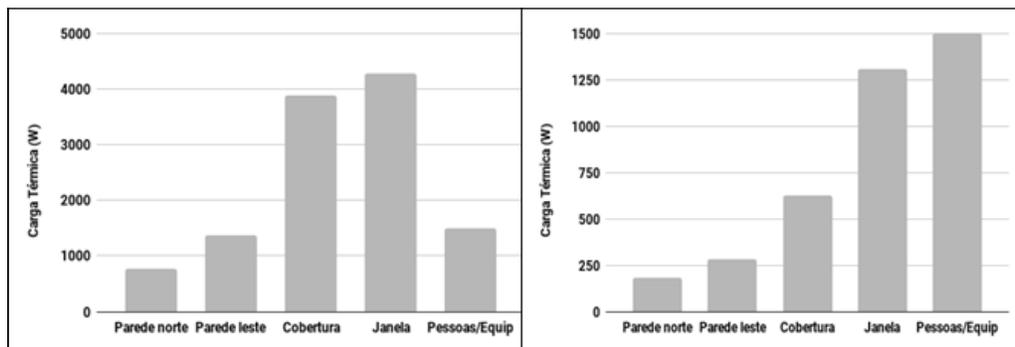
O fator solar (FS) do vidro simples utilizado no projeto é 0,87, isso significa que 87% da radiação solar (quantidade de calor) com incidência sobre o vidro entram no ambiente, como utilizamos para possíveis melhorias o vidro duplo insulado que possui seu FS de 0,27, conseguimos ver nos gráficos as melhorias significativas, diminuindo até 40% no gráfico 6.

As placas de EPS, moldadas a partir do poliestireno expandido de alta densidade, utilizadas nas paredes, tem como objetivo aumentar o isolamento térmico, proporcionando um maior conforto térmico da edificação. Prova-se um material muito eficaz diminuindo a carga térmica das paredes em até 70%, conforme gráfico 4. O mesmo se trata de um material leve, versátil e possui baixa geração de resíduos ao término da utilização.

Para os demais apartamentos, foi calculado apenas a carga térmica total das áreas de vivência, sem dividir por cômodos, como nos gráficos 1 a 6 acima analisados. Os gráficos 7, 8 e 9, apresentam a redução de contribuição térmica das paredes, da janela e da cobertura dos mesmos, o que também se deve ao

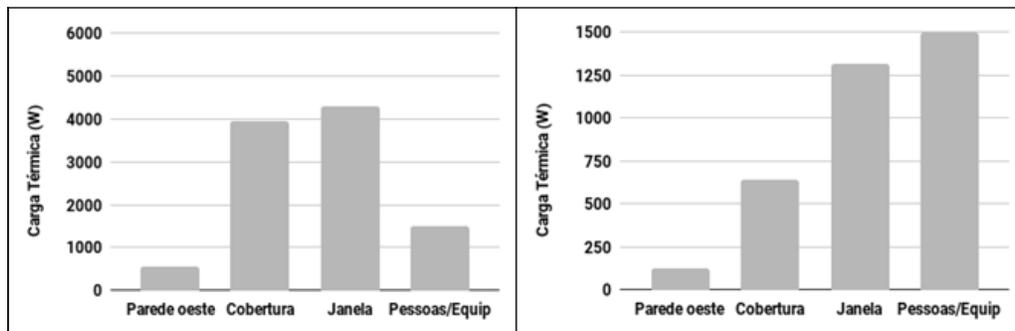
dimensionamento dos materiais de maior eficiência para diminuição da carga térmica total, diminuindo assim a transferência de calor do ambiente externo para o interno. Proporcionando um maior conforto térmico para os ocupantes da edificação, diminuindo o calor gerado pelo mesmo e evitando um maior consumo energético também. À esquerda de cada gráfico está a situação sem isolamento, e à direita a situação com isolamento térmico.

Gráfico 7- Carga térmica do Apartamento Norte – Leste 2 dormitórios sem e com melhorias



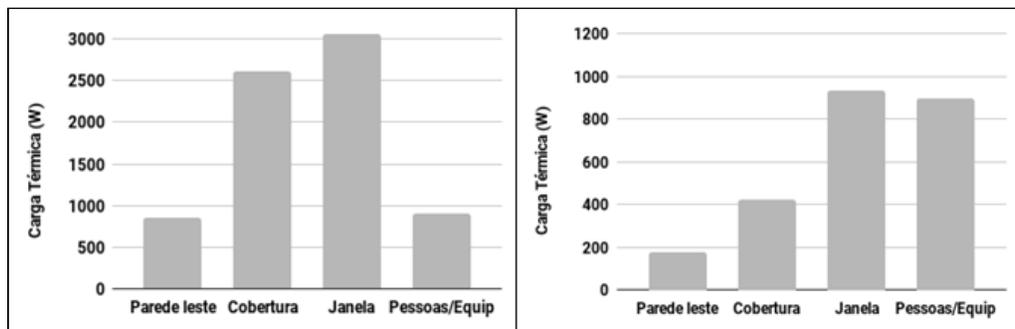
Fonte: Dos autores (2019).

Gráfico 8 - Carga térmica do Apartamento Oeste com 2 dormitórios sem e com melhorias



Fonte: Dos autores (2019).

Gráfico 9 - Carga térmica do Apartamento Leste com 1 dormitório sem e com melhorias



Fonte: Dos autores (2019).

Nos gráficos 7 a 9 também é possível observar a considerável redução da carga térmica transmitida pela telha sanduíche, podendo chegar em quase 80% e oferecendo uma resistência nas trocas constantes de calor interno e externo da edificação.

O quadro 2, mostra o consumo de climatização artificial, indicando a carga térmica total dos ambientes do apartamento detalhado nos gráficos 1 a 6. Quando comparados os valores com e sem isolamento térmico, consegue-se perceber claramente que com os materiais isolantes além de ter reduzido a carga térmica total, reduziu também o consumo energético. Fez-se a comparação apenas do apartamento Sul - Oeste de 3 dormitórios, e apenas o dormitório 2 não apresentou uma diferença significativa, devido à falta de janela na posição solar estudada. Os outros dois dormitórios e a sala geraram uma economia de 50%.

A sigla BTUs, que significa *British Thermal Unit* (Unidade térmica britânica) são as unidades de resistência para aparelhos de climatização artificial disponíveis no mercado, por meio desta resistência obtêm-se a potência de refrigeração do aparelho. Assim, quanto maior a potência, maior o conforto térmico e conseqüentemente, maior o consumo de energia. Desta forma tomou-se como referência o valor calculado de carga térmica total em Wats para cada ambiente e converteu-se em BTUs. Com a quantidade de BTUs pôde-se comparar o gasto econômico dos ambientes com e sem isolamento térmico, conforme Quadro 2. Utilizou-se o valor do Kw/h para a cidade de Lajeado em maio de 2019.

Quadro 2–Consumo de climatização artificial

Ambiente		Carga Térmica Total (W)	Climatização (BTUs)	BTUs para compra	Valor Kw/h	Horas/mês= 8h*20dias	TOTAL R\$ SEM ISOLAMENTO	TOTAL R\$ COM ISOLAMENTO
Dormitório 1	Sem isolam	2998,84	10232,04	12000	R\$ 0,62	160	R\$ 297,48	-
	Com isolam	1283,53	4379,39	7000	R\$ 0,62	160	-	R\$ 127,33
Dormitório 2	Sem isolam	1176,19	4013,14	7000	R\$ 0,62	160	R\$ 116,68	-
	Com isolam	802,36	2737,64	7000	R\$ 0,62	160	-	R\$ 79,59
Dormitório 3	Sem isolam	2674,93	9126,87	12000	R\$ 0,62	160	R\$ 265,35	-
	Com isolam	1216,57	4150,95	7000	R\$ 0,62	160	-	R\$ 120,68
Sala	Sem isolam	4037,72	13776,7	15000	R\$ 0,62	160	R\$ 400,54	-
	Com isolam	2055,29	7012,67	9000	R\$ 0,62	160	-	R\$ 203,88
1 W = 3,412 BTU/h						TOTAL:	R\$ 1.080,06	R\$ 531,49

Fonte: Dos autores (2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme especificado por Goulart (1993), o desempenho das edificações passa pelo estudo da climatologia, ou seja, se a utilização de EPS nas paredes com maior incidência solar da construção for pensada ainda na fase de projeto, podem-se evitar maiores gastos em aparelhos de ar condicionado e consequentemente, obtêm-se um maior conforto térmico para os usuários.

Através deste estudo confirma-se o que Oliveira (2015) fala sobre a arquitetura oferecer conforto e melhores condições de vida ao homem, pois a diferença de desempenho entre os ambientes com e sem isolamento térmico é considerável. Desta forma, o auxílio de um profissional capacitado se faz imprescindível na busca por um bom desempenho térmico das edificações e menor consumo energético, citando não apenas o menor custo mensal em contas de energia, mas também pensando no meio ambiente e no conceito de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de edificações. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2003.

GOULART, Solange V. G **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC. 1993

OLIVEIRA, Patrícia Lima de; SOARES, Raquel Gomes; SANTOS, Silvio Xavier. **Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas.** Revista Petra, Belo Horizonte (MG) v. 2, n. 1, p.36-55, jan. 2016.