

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DA ENVOLTÓRIA DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFPA

Irwing Diego Costa Gomes, irwing.g@hotmail.com¹

Kelvin Alves Pinheiro, kelvin_alves@hotmail.com¹

Rodrigo Godoy da Fonseca, rodrigo_godoy2@yahoo.com.br¹

Ivana de Fatima Cavaleiro de Macêdo Braga, ivanacmb@yahoo.com.br¹

Aminadab Ribeiro da Silva, dallamina@hotmail.com²

Aline Camila da Silva Serrão, alinecasser@hotmail.com¹

Paulo Henrique Franco Ferreira, paulohff@hotmail.com¹

Danielle Regina da Silva Guerra, daguerra@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal 479. Faculdade de Engenharia Mecânica.

²Instituto Federal do Pará, Avenida Almirante Barroso, 1155 – Marco. CEP 66093-020. Faculdade de Engenharia de Controle e Automação.

Resumo: Edificações sofrem alterações em seu projeto original por diversos motivos, seja para atender as novas necessidades dos usuários ou simplesmente por estética. Essas mudanças, em sua grande maioria não estão vinculadas a um estudo técnico dos efeitos das alterações, importando em muitos casos somente o baixo custo financeiro da alteração. Devido um aumento considerável no número de usuários do restaurante universitário (RU) do campus básico da Universidade Federal do Pará e o desconforto térmico gerado pelas elevadas temperaturas da região, fez-se necessário a instalação de uma estrutura de vidro e instalação de condicionadores de ar. Tomando como ponto de partida a persistência do desconforto térmico no horário de pico no interior do restaurante, este trabalho objetivou analisar a eficácia da utilização do vidro que circunda o restaurante em detrimento da utilização de uma parede convencional (tijolo e argamassa) ou variações desta, também foi analisado os efeitos de pequenas mudanças na cobertura objetivando uma menor taxa de transferência de calor para o interior do restaurante. Uma visita ao RU foi realizada com o intuito de obter os dados para os cálculos. O conceito de resistência térmica foi utilizado para o cálculo da TRC, a análise foi dividida em duas etapas: a TRC através da parede e através do telhado. Propostas de substituições foram feitas com suas respectivas análises de custo. Foi feita a verificação da influência que cada material pode induzir na transferência de calor, também como resultado é apresentado o cálculo de carga térmica no ambiente bem como a capacidade para refrigeração do RU.

Palavras-chave: transferência de calor, envoltória, estudo de caso, resistência térmica, análise de custo.

1. INTRODUÇÃO

Eficiência energética em prédios públicos vem recebendo uma maior atenção em diversos países, visto que esse setor é responsável por um consumo de energia elétrica significativo. Esse setor juntamente com o comercial e residencial é motivo de pesquisas e aplicações de sistemas mais eficientes voltadas ao desempenho energético (Mendes et al., 2005). O Brasil possui várias portarias, decretos e regulamentos aplicáveis em prédios públicos com o objetivo de combater o desperdício e reduzir os custos da máquina pública já que muitas vezes por pensar que tal edificação é pública não se deve ter uma postura sustentável. Um exemplo de regulamento é o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – (RTQ-C) aprovado em 2009. Ele baseia-se, para a etiquetagem, na avaliação de três requisitos principais: o desempenho térmico da envoltória; a eficiência e potência instalada do sistema de iluminação; e a eficiência do sistema de condicionamento do ar (Fossati e Lamberts, 2010).

Geralmente, devido as licitações, empresas que só se preocupam com lucros e esquecem o conceito de sustentabilidade e eficiência energética são contratadas para as manutenções, instalações e construções em prédios públicos. Na maioria das vezes, suas obras não estão vinculadas a um estudo técnico de seus efeitos, importando em muitos casos somente o baixo custo financeiro. Specht et al. (2010) ressalta que muitas vezes soluções construtivas de

baixo investimento inicial, em longo prazo, consomem muito mais energia, consequentemente seus custos financeiros se tornam maiores do que edificações energeticamente eficientes, que requerem um investimento inicial maior.

Campos et al. (2012) e Siqueira et al. (2005) compartilham a ideia de que um projeto arquitetônico adequado ao clima se torna confortável e permite minimizar o consumo de energia elétrica na fase de uso da edificação. Campos et al (2012) também afirma que grande parte das edificações desperdiçam parcelas consideráveis de energia elétrica com conforto ambiental por não incorporar em seus projetos importantes avanços ocorrido nas áreas da arquitetura bioclimática e novas tecnologias construtivas.

A escolha dos materiais da envoltória de uma edificação, que visa possuir um conforto térmico adequado, é de fundamental importância em locais caracterizados por um clima quente e úmido, como acontece em Belém – PA, por exemplo, pois seus parâmetro e características influenciam consideravelmente na transferência de calor através das partes externas e consequentemente no consumo de energia elétrica pelo uso dos condicionadores de ar.

Ataide e Souza (2010) avaliaram a sede da Prefeitura Municipal de Mariana – MG, estruturada em aço e motivo de desconforto térmico aos usuários, principalmente no verão. Os autores sugeriram algumas estratégias arquitetônicas para melhorar o desempenho térmico da edificação como a instalação de brises nas fachadas e substituição da cobertura, obtendo com as alterações uma melhoria em torno de 25% e 35 %, respectivamente, no somatório de graus.hora necessário para o resfriamento do ambiente, consequentemente no consumo de energia elétrica.

Venâncio e Pedrini (2008) avaliaram computacionalmente para três geometrias de construção, a combinação de três tipos de envoltórias, percebendo que a mudança das propriedades de envoltória influenciava fortemente o consumo, ou seja, os casos de melhor desempenho energético possuíam uma envoltória de melhor desempenho. Al-Sanea (2002) desenvolveu uma análise que avalia e compara a performance térmica de diferentes materiais em telhados de edificações através de um modelo numérico baseado no método dos volumes finitos. Seus resultados mostraram que a utilização de uma camada de 5 cm de poliestireno pode reduzir a carga de transferência de calor em um terço, enquanto que para uma manta de poliuretano esta redução chega a pouco menos de um quarto quando comparado com o telhado sem nenhum isolamento térmico. Outro estudo desenvolvido por Al-Sanea et al. (2012) analisa a influência das juntas de assentamento de argamassa na carga de transmissão térmica e na resistência térmica de paredes utilizando um modelo baseado em volumes finitos. A análise concluiu que o aumento da altura da junta de assentamento de argamassa empregada nas paredes de edificações amplia sensivelmente a transmissão de calor e diminui a resistência térmica da parede. Ozel (2014) avaliou o efeito da localização dos isolantes térmicos na transferência de calor de paredes de edificações e a otimização da espessura dos isolantes adotando um método implícito de diferenças finitas. Ele observou que as cargas de transmissão anuais e a espessura ótima do isolante não são afetadas pela localização em que o material é instalado.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a transferência de calor através da envoltória do restaurante universitário (RU) da Universidade Federal do Pará (UFPA), Fig. 1, uma edificação pública localizada na cidade de Belém – Pará, que devido ao grande número de usuários e desconforto térmico gerado pelas elevadas temperaturas da região teve seu projeto arquitetônico original alterado para a instalação de condicionadores de ar, para isso a adaptação de uma parede envidraçada foi feita. Algumas propostas de substituições foram analisadas com suas respectivas análises de custo.



Figura 1. Restaurante Universitário.

2. METODOLOGIA

Para o cálculo da carga térmica do objeto de estudo (Fig.1) ser efetuado, a envoltória do prédio foi simplificada e dividida em dois volumes de controle distintos: a cobertura e as paredes, como mostrado na Fig. 2.

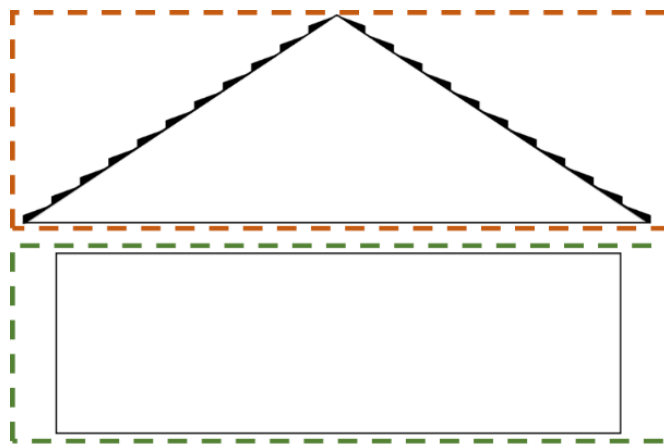


Figura 2. Volumes de controle adotados para o cálculo da carga térmica.

Algumas considerações foram adotadas a fim de possibilitar a realização dos cálculos de forma analítica, são elas: não há geração de calor, as propriedades térmicas são constantes, a transferência de calor é unidimensional. Utilizou-se o método de rede de resistências térmicas, Çengel e Ghajar. (2012), para calcular a taxa de transferência de calor por condução, convecção e radiação, dada pela Eq. (1):

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad (1)$$

Sendo que ΔT é a diferença entre temperaturas e R_{total} é a resistência térmica total do sistema em estudo. Os cálculos foram efetuados inicialmente para as condições existentes e posteriormente para as devidas alterações propostas, considerando o decreto nº 6.538 de 1983, que aborda acerca das características construtivas necessárias para o funcionamento de restaurantes. As temperaturas foram mensuradas através de um termômetro digital tipo espeto e também através de dados meteorológicos obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponível em Brasil (2016b), o qual mostra que novembro foi o mês que apresentou os mais elevados valores de temperatura ao longo do ano de 2015.

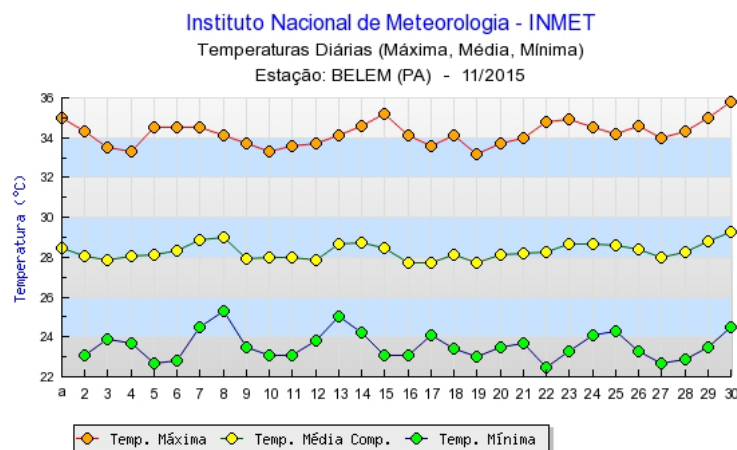


Figura 3. Picos de temperatura referente ao mês de novembro de 2015 (Brasil, 2016).

2.1. Transferência De Calor Através Da Parede

Para a parede, a transferência de calor é quantificada para o caso de uma placa plana com variação de temperatura linear a partir da Eq. (1).

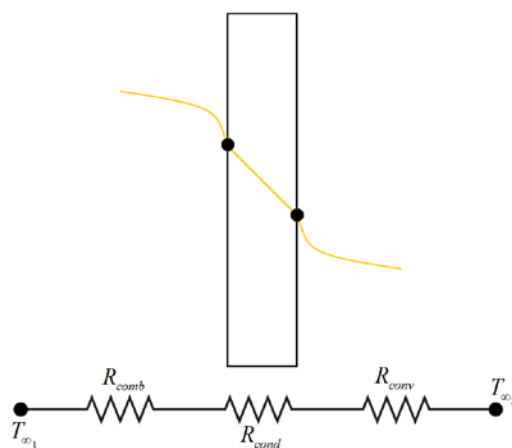


Figura 4. Rede de resistência da parede.

A resistência total para a parede é avaliada conforme a configuração do modelo representado na Fig. 4 e segundo Çengel e Ghajar (2012), a resistência térmica total da parede pode ser dada pela Eq. (2).

$$R_{total} = R_{comb} + R_{cond} + R_{conv} \quad (2)$$

Sendo que R_{comb} é a resistência externa que contabiliza tanto os efeitos da convecção quanto da radiação, R_{cond} é a resistência à condução através da parede e R_{conv} é a resistência interna que contabiliza o efeito da convecção no interior do restaurante universitário. Os valores das propriedades térmicas dos materiais utilizados no cálculo das resistências são apresentados na Tab. 1, conforme a NBR-15220-2 de 2003.

Tabela 1. Propriedades térmicas dos materiais utilizados (ABNT, 2003).

Material	ρ (kg/m ³)	k (W/mK)
Telhas de barro	1800-2000	1,05
Placas de fibro-cimento	1400-1800	0,65
Placa de gesso	750-1000	0,35
Madeira (carvalho, freijó, pinho, cedro, pinus)	450-600	0,15
Lã de rocha	20-200	0,045
Vidro comum	2500	1,0

2.1.1. Transferência de Calor Através da Cobertura

A quantidade de calor que é transferido para o interior do restaurante universitário através da cobertura é quantificada pela Eq. (1). A Fig. 5 mostra o modelo de rede de resistências adotado para a cobertura do objeto de estudo. O cálculo da resistência total através do telhado é efetuado de forma análoga ao da parede.

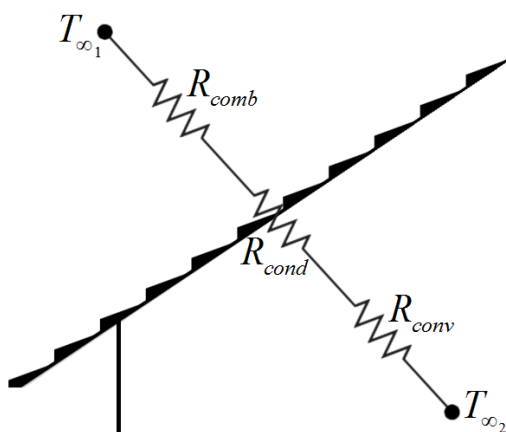


Figura 5. Rede de resistências da cobertura.

A área superficial adotada se baseia em uma simplificação da arquitetura original do restaurante universitário, como se pode observar na Fig. 2, considerando a geometria da cobertura como sendo um cone. A relação geralmente utilizada para determinar o coeficiente de transferência de calor convectivo externo à envoltória segundo ASHARE (1985) apud Jayamaha et al. (1996) pode ser calculado pela Eq. (3), sendo que v é a velocidade do vento em m/s.

$$h_e = 5,7 + 3,8v \quad (3)$$

A velocidade média do vento para a cidade de Belém segundo dados do INMET é 1,5 m/s. Internamente o coeficiente de transferência de calor devido a convecção recomendado por ASHARE (1993) apud Çengel e Ghajar (2012), para superfícies interiores de uma construção é $h_i = 8,29$ em ($W/m^2\text{°C}$).

2.2. Geração De Calor Das Pessoas

Segundo Çengel e Ghajar (2012), a taxa total de transferência de calor do corpo pode ser igualada a taxa metabólica de geração de calor no corpo, que varia de acordo com o tipo de atividade que está sendo exercida pela pessoa, na Tab. 2 são apresentados alguns valores de taxa metabólica para alguns tipos de atividade.

Tabela 2. Taxa metabólica de algumas atividades (Çengel et al., 2012)

Atividade	Taxa metabólica (W/m^2)
Dormindo	40
Em pé e relaxado	70
Sentada e quieto	60
Andando	100

A taxa de transferência de calor unitária é obtida multiplicando-se a área da superfície do corpo pela taxa metabólica. A área da superfície de um corpo é calculada por Çengel e Ghajar (2012):

$$A_s = 0,202m^{0,425}h^{0,725} \quad (4)$$

Sendo que m é a massa do corpo em (kg) e h é a altura em (m). Valores de massa e altura da população paraense foram obtidos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016a), considerando a faixa de idade 20-34 anos baseada na idade média dos frequentadores do restaurante universitário. A taxa de transferência de calor total é obtida ao multiplicar-se o total de pessoas sentadas e em pé pela taxa unitária de transferência de calor das pessoas.

2.3. Proposta de Melhorias

Tendo em vista que a transferência de calor é influenciada pela resistência térmica e o valor desta é obtido a partir do material utilizado, são propostas mudanças tanto na cobertura quanto nas paredes do restaurante. As propostas de mudanças dos materiais utilizados levam em consideração o decreto n° 6.538 de 1983, como também a possibilidade de essas alterações serem efetuadas.

As hipóteses de melhorias da envoltória consideram a substituição do vidro, que circunda o restaurante universitário, por paredes com diferentes configurações, essas configurações foram obtidas a partir do Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros (INMETRO, 2013), Fig. 6.

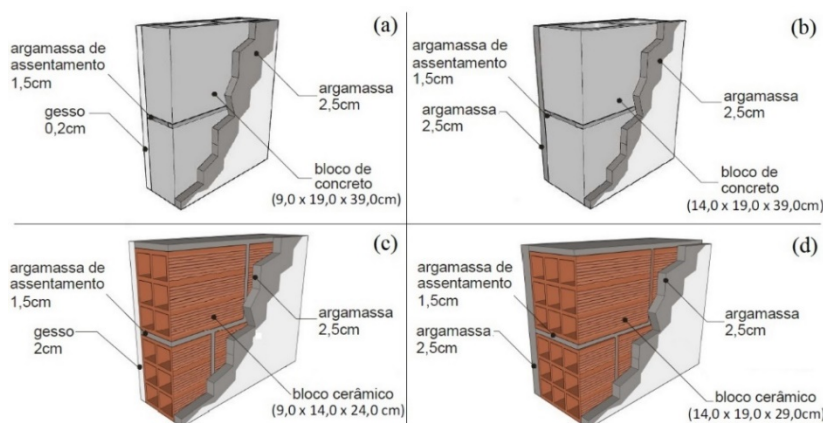


Figura 6. Modelos de paredes utilizadas (Adaptada de INMETRO, 2013).

O coeficiente global de transferência de calor (U) referente a configuração das paredes propostas está presente na Tab. 3.

Tabela 3. Coeficiente global de transferência de calor através da parede (INMETRO, 2013).

Tipo	U (W/m ² K)
a	2,69
b	2,97
c	2,37
d	1,85

Para a cobertura as hipóteses de melhoria se restringem a colocação de um forro no interior da construção. Os materiais propostos para serem usados no forro estão apresentados na Tab. 1. Segundo Çengel e Ghajar (2012), em sótãos não ventilados o valor global da resistência R depende dos efeitos combinados da resistência do telhado e no forro, bem como no espaço do sótão, é determinado por:

$$R = R_{\text{forro}} + R_{\text{telhado}} \left(\frac{A_{\text{teto}}}{A_{\text{telhado}}} \right) \quad (5)$$

3. CARGA DE ARREFECIMENTO

A carga de arrefecimento é fornecida através de 12 condicionadores de ar presentes no interior do restaurante universitário, tendo cada um uma capacidade de refrigeração de 61.193 kJ/h.

A fim de se contabilizar a carga térmica total do ambiente, além das transferências de calor através da cobertura e paredes, contabiliza-se a parcela da transferência de calor dos componentes internos.

A energia dissipada pela iluminação é quantificada para o caso de lâmpada fluorescente em um restaurante e o calor liberado pela bancada de distribuição é contabilizada para o caso de aquecimento de alimentos através de banho maria. Para ambos os casos os valores são obtidos a partir de Procel (2011) e mostrados na Tab. 4.

Tabela 4. Energia dissipada (Procel, 2011).

Tipo	Q (W/m ²)
Banho maria (por m ² de superfície)	3780
Lâmpadas fluorescentes (por m ² de área do restaurante)	15

4. RESULTADOS

Tomou-se como ponto de partida a avaliação dos picos de temperatura ao longo do ano, a fim de determinar os pontos críticos de funcionamento do sistema para o cálculo da carga térmica. Na Figura 7 é apresentada a transferência de calor ao longo do ano através da envoltória do restaurante universitário.

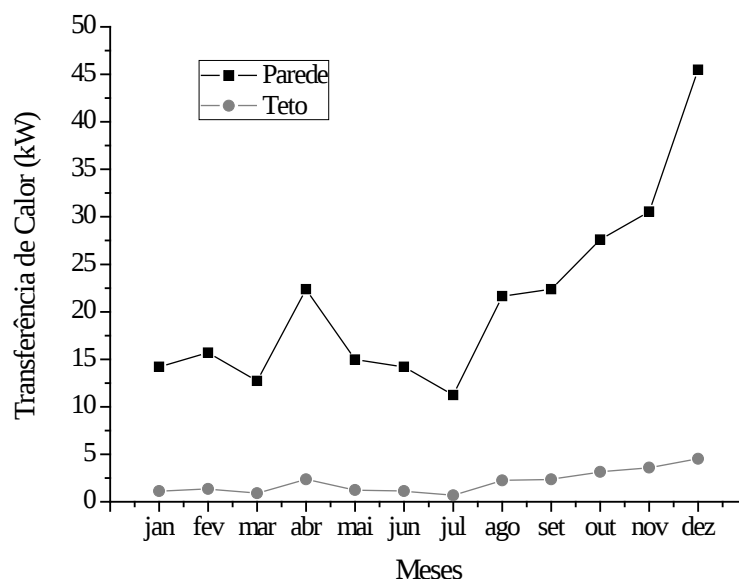


Figura 7. Transferência de calor ao longo do ano de 2015.

Durante o ano de 2015 o mês que apresentou a maior média de temperatura foi novembro, conforme mostrado na Fig. 3, entretanto o dia que apresentou o maior valor de temperatura ocorreu durante o mês de dezembro. Portanto, na Fig. 7 foi considerada a temperatura máxima obtida em cada um dos meses.

Conforme explanado na seção 2, os resultados obtidos são apresentados separadamente para a cobertura e para a parede. A quantidade de calor transferido através da cobertura para a configuração atual e para as melhorias propostas, nova configuração (telhado/sótão/forro), é exposta na Tab. 4.

Tabela 4. Carga térmica proveniente da cobertura.

Configuração	Q (kW)
Atual	43,5
Forro de placas de gesso	40,8
Forro de madeira	38,8
Forro de lâ de rocha	30,1
Forro de placa de fibro-cimento	42,8

A taxa de transferência de calor através da parede atual (vidro) e para os casos de melhorias propostos conforme mostrado na Fig. 6 (denominados por: a, b, c e d), é apresentada na Tab. 5. Cada um dos quatro tipos de paredes apresenta uma variação de uma configuração básica composta por: revestimento interno, tijolo e revestimento externo.

Tabela 5. Carga térmica proveniente das paredes.

Configuração	Q (kW)
Atual	4,51
A	1,45
B	1,56
C	1,33
D	1,10

Além do ganho de calor através da cobertura e parede, quantificou-se o a carga térmica proveniente de alguns elementos presentes no interior do restaurante universitário (Tab. 6).

Tabela 6. Carga térmica proveniente de outras fontes.

Elementos	Q (kW)
Iluminação	8,96
Balcão de distribuição	20,41
Pessoas	40,78

Considerando as melhorias propostas, realizou-se a viabilização da utilização destas através de um estudo dos custos relacionados a cada uma. Esses resultados são apresentados através de uma relação do custo do material e o custo de energia elétrica que é poupada com a utilização da nova proposta em comparação a situação atual. A economia de energia elétrica se dá através da diminuição da carga térmica, implicando em uma menor necessidade de arrefecimento do ambiente pelos condicionadores de ar.

Os custos dos materiais foram mensurados com a hipótese de sua instalação no objeto de estudo, ou seja, relacionado a quantidade de material necessário para a instalação do forro em todo o salão principal do restaurante universitário. Pode-se observar através da Fig. 8 que a Lã de rocha, material proposto para a cobertura, é o que apresenta o melhor custo-benefício, pois possui um baixo custo de aquisição e uma economia significativa no consumo de energia elétrica, este resultado era previsto tendo em vista que dentre os materiais citados este é o que apresenta o menor valor de condutividade térmica.

No que diz respeito à parede, Fig. 9, os valores dos resultados obtidos em relação à economia anual nos gastos de energia elétrica não destoam significativamente entre as hipóteses citadas. A parede (d) é a que apresenta o maior valor de economia (R\$ 3184 reais), enquanto as demais hipóteses (a), (b) e (c) economizam 11,4%, 15,3% e 7,1%, respectivamente, menos quando comparado com (d). Em relação ao custo do material, a parede (a) é a que possui o menor valor, R\$ 8414 reais, seguida pela parede (c) apenas 3,5% mais cara, enquanto as hipóteses (b) e (d) possuem um custo significativamente alto 89,8% e 84,3%, respectivamente, mais caro que a hipótese (a). Os elevados custos das paredes (b) e (d) deve-se a grande espessura de argamassa interna presente nessas duas configurações.

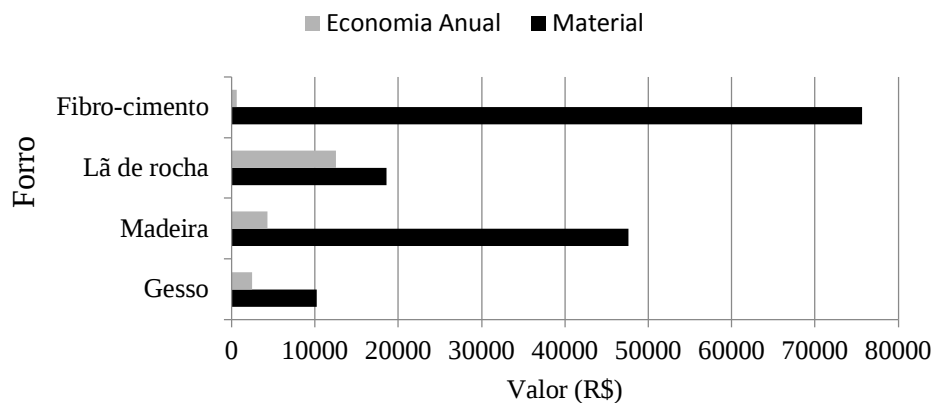


Figura 8. Comparação entre os custos relacionados aos materiais e a economia nos gastos com energia elétrica para forro.

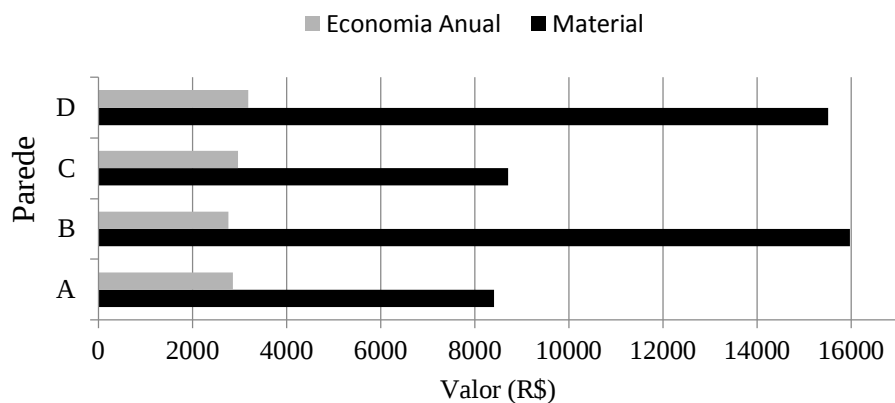


Figura 9. Comparação entre os custos relacionados aos materiais e a economia nos gastos com energia elétrica para parede.

A fim de se obter um parâmetro que defina qual parede possui melhor relação entre os valores mostrados na Fig. 9, foi efetuada a quantificação do tempo de retorno do valor investido em material através da economia nos gastos com energia elétrica resultante da implementação da melhoria proposta, estes resultados são mostrados na Fig. 10.

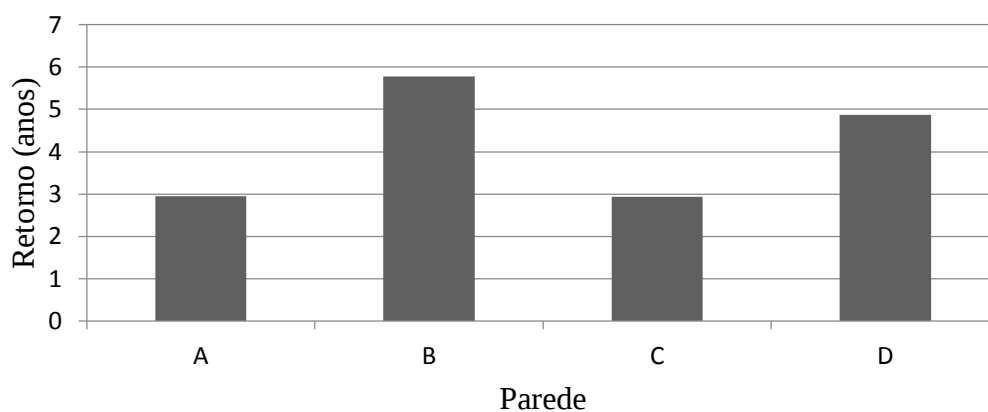


Figura 10. Tempo de retorno do valor investido com a aplicação da hipótese proposta.

Através da Figura 10, observa-se que as paredes (a) e (c) possuem um tempo de retorno de aproximadamente três anos.

5. CONCLUSÃO

O objetivo principal do trabalho foi quantificar a influência das decisões de modificação da arquitetura original do projeto do restaurante universitário, em detrimento de estética e/ou redução de custos, na quantidade de calor transferido para o seu interior. Segundo Pereira et al (2014), a transferência de calor através de superfícies semitransparentes, como é o caso do vidro que circunda o restaurante universitário, ocorre em taxas elevadas, portanto a quantificação dos efeitos da utilização desse tipo de interface se faz necessária a fim de se analisar o conforto térmico dos ocupantes, a demanda energética da edificação e, principalmente, minimizar os desperdícios de energia, daí a necessidade de quantificar a influência da decisão de circundar todo o restaurante universitário com paredes de vidro.

Além de analisar a situação atual do objeto de estudo, verificou-se a influência das melhorias propostas na carga de arrefecimento necessária para o conforto térmico do ambiente. Através da análise realizada, pautada principalmente na transferência de calor, verificou-se que o valor total da carga térmica obtido para a situação atual encontra-se muito próxima do valor de carga de arrefecimento fornecida pelos condicionadores de ar, vale resaltar que o estudo realizado possui várias simplificações e, portanto acaba por não quantificar a carga térmica total do ambiente. Um dos pontos que merece destaque é a quantidade de calor que é transferida a partir da cozinha para o salão principal do restaurante universitário, que neste estudo acabou por não ser quantificada.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal do Pará – UFPA, ao Laboratório de Transferência de Calor do Grupo EBMA (UFPA) e ao MEC pela bolsa PET concedida ao segundo autor.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT, 2003, “NBR-15220-2: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 2: Métodos de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica e do Fator Solar de Elementos e Componentes de Edificações”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Al-Sanea, S.A., 2002, “Thermal Performance of Building Roof Elements”, Elsevier, Journal of Building and Environment, Vol. 37, pp. 665-675.
- Al-Sanea, S.A. e Zedan, M.F., 2012, “Effect of Thermal Bridges on Transmission Loads and Thermal Resistance of Building Walls under Dynamic Conditions”, Elsevier, Journal of Applied Energy, Vol. 98, pp. 584-593.
- Ataíde, E.S. e Souza, H.A., 2010, “Avaliação Numérica do Desempenho Térmico do Prédio Sede da Prefeitura Municipal de Mariana-MG”, Anais do 13º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Brasil, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016a, Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa> >. Acesso em abril de 2016.
- Brasil, Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2016b, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em abril de 2016.
- Campos, N.L.F., Nogueira, M.C.J. A., Lambert, J.A. e Durante, L.C., 2012, “Avaliação de Desempenho Térmico de Edificação Pública em Cuiabá, MT: Estudo de Caso”, Monografias Ambientais, Vol. 7, No. 7, pp. 1670-1688.
- Çengel, Y.A. e Ghajar, A.J., 2012, “Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática”, Ed. McGraw-Hill, Porto Alegre, Brasil.
- Fossati, M. e Lamberts, R., 2010, “Eficiência Energética da Envoltória de Edifícios de Escritórios de Florianópolis: Discussões Sobre a Aplicação do Método Prescritivo do RTQ-C”, Ambiente Construído, Porto Alegre, Vol. 10, No. 2, pp. 59-69.
- INMETRO, 2013, Portaria N°50/2013 – Anexo Geral V: Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. Disponível em < [tp://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/PBE/regulamentos/AnexoV.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/PBE/regulamentos/AnexoV.pdf) >. Acesso em março de 2016.
- Jayamaha, S.E.G., Wijesundera, N.E. e Chou, S.K., 1996, “Measurement of the Heat Transfer Coefficient for Walls”, Elsevier, Building and Environment, Vol. 31, No. 5, pp. 399-407.
- Mendes, N., Westphal, F.S., Lambert, R. e Cunha Neto, J.A.B., 2005, “Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil”, Ambiente Construído, Porto Alegre, Vol. 5, No. 4, pp. 47-68.
- Ozel, M., 2014, “Effect of Insulation Location on Dynamic Heat-Transfer Characteristics of Building External Wall and Optimization of Insulation Thickness”, Elsevier, Journal of Energy and Buildings, Vol. 72, pp. 288-295.
- Pereira, F.L., Beyer, P.O. e Schwieder, A.O., 2004, “Avaliação da Influência Termoenergética de Parâmetros Físicos em uma Edificação com Condicionamento de Ar”, 10th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, Rio de Janeiro, Brasil.
- Procel, 2011, “Eficiência Energética de Prédios Públicos: Sistemas de Ar Condicionado”.
- Rio de Janeiro (Estado), 1983, Decreto n. 6.538, de 17 de fevereiro de 1983, “Regulamento sobre alimentos, higiene e fiscalização”, Diário oficial do estado do Rio de Janeiro.
- Specht, L.P., Borges, P.A.P., Rupp, R.F. e Varnier, R., 2010, “Análise de Transferência de Calor em Paredes Compostas por Diferentes Materiais”, Ambiente Construído, Porto Alegre, Vol. 10, No. 4, pp. 7-18.

- Siqueira, T.C.P.A., Akutsu, M., Lopes, J.I.E. e Souza, H.A., 2005, "Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações", Revista Escola de Minas, Ouro Preto, Vol. 58, No. 2, pp. 133-138.
- Venâncio, R. e Pedrini, A., 2008, "Influência de Decisões Arquitetônicas na Eficiência Energética de Edificações do Campus/UFRN", Anais do 12º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Ceará, Brasil.
- Wang, S., Yan, C., Shan, K. e Lu, Y., 2015, "A Simplified Analytical Model to Evaluate the Impact of Radiant Heat on Building Cooling Load", Elsevier, Journal of Applied Thermal Engineering, Vol. 77, pp. 30-41.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

HEAT TRANSFER ANALYSIS THROUGH THE UNIVERSITY RESTAURANT SURROUNDINGS

Irwing Diego Costa Gomes, irwing.g@hotmail.com¹

Kelvin Alves Pinheiro, kelvin_alves@hotmail.com¹

Rodrigo Godoy da Fonseca, rodrigo_godoy2@yahoo.com.br¹

Ivana de Fatima Cavaleiro de Macêdo Braga, ivanacmb@yahoo.com.br¹

Aminadab Ribeiro da Silva, dallamina@hotmail.com²

Aline Camila da Silva Serrão, alinecasser@hotmail.com¹

Paulo Henrique Franco Ferreira, paulohff@hotmail.com

Danielle Regina da Silva Guerra, daguerra@ufpa.br¹

¹Federal University of Pará, Augusto Corrêa Street, 01 – Guamá. CEP 66075-110. Mailbox 479. Mechanical Engineering College.

²Federal Institute of Education, Science and Technology of Pará, Almirante Barroso Avenue, 1155 – Marco. CEP 66093-020. Faculty of Automation and Control Engineering.

Abstract. Building designs undergo alterations in its original project due to various factors. The design adjustments can be required to meet changes in user's needs, aesthetics, and other countless reasons. In addition, a big number of design alterations do not go through the necessary technical studies and only account for the lowest financial cost of the changes in the original project. Due to an increasing number of users of the university restaurant (RU) of the basic campus of the Federal University of Pará and the thermal annoyance generated by the high regional temperatures, the installation of a glass structure and air conditioners were made necessary. Nevertheless, considering the persistence of thermal discomfort inside of the restaurant during peak hours, this study aimed to analyze the effectiveness of the surrounding glass and its substitution by a conventional wall (brick and mortar), or its variations. Additionally, the effects of small changes in the restaurant coverage were analyzed aiming at a lower heat transfer rate into the building. In order to obtain the necessary data needed for the calculations, a visit to the RU was performed. The thermal resistance concept was utilized for the heat transfer estimations, and the analysis was divided into two steps: a heat transfer through the walls, and another one through the roof. Possible substitutes for the thermal insulation materials used in the ceiling of the restaurant were proposed, and their cost analysis was also showed. The verification of the influence of each material on the heat transfer rate was displayed, and the thermal load at the environment as well as the cooling capacity of the RU, were presented as results.

Keywords: heat transfer, surroundings, case study, thermal resistance, cost analysis.