

ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE UMA CASA POPULAR PADRÃO PARA UMA CASA EFICIENTE NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA

João T. S. da Silva (1); Gabriel de A. Lemos (2); Vanessa V. S. Ferreira (3); Marlon B. Santos (4); Aarão F. Lima Neto (5)

(1) Engenheiro Civil, joaotiagoserra@gmail.com

(2) Engenheiro Civil, Eletrobrás/Eletronorte, adeluciasouza@hotmail.com

(3) Engenheira Civil, Mestranda no PPGINDE/NDAE, UFPA, engavanessavaleria@outlook.com

(4) Engenheiro Civil, Mestrando no PEBGA/NDAE, UFPA, marlonbraga19@gmail.com

(5) Doutor, Professor do NDAE, UFPA, aaraon@ufpa.br

Rod. BR 422, KM 13, s/n, Canteiro de Obras da UHE - CEP: 68464-000, Tucuruí – PA, CAMTUC/UFPA

RESUMO

Engenheiros e empresários buscam cada vez mais projetar e construir edificações de maneira sustentável, gerenciando e utilizando de forma adequada os recursos naturais. Sendo assim, o presente trabalho busca desenvolver uma proposta para adequar uma casa com padrão popular para uma casa eficiente no município de Tucuruí no estado do Pará, onde foram feitas adequações no projeto, afim de melhorar o desempenho térmico dos usuários, o seguinte trabalho realizou alterações no projeto arquitetônico original da residência proposta, e foi realizada uma simulação computacional utilizando o software comercial EnergyPlus para saber se as alterações surtiram efeito positivo e atenderam à avaliação de desempenho térmico da NBR 15575 (2013). Também foi elaborada uma proposta de adequar o projeto elétrico a um sistema de energia fotovoltaica conectada à rede elétrica de energia, para diminuir o custo com energia elétrica na residência, e foi dimensionado um sistema de captação de águas pluviais para uso não potável, utilizando dados pluviométricos da região e assim reduzir o consumo de água potável, principalmente na descarga do vaso sanitário e na torneira do jardim tornando a edificação sustentável. Os resultados das alterações mostraram-se satisfatórios, tendo em vista que a alteração no projeto arquitetônico ocasionou uma redução de 1,37 °C na temperatura média interna da casa e atingiu níveis de desempenho térmico mínimo recomendado pela NBR 15575 (2013). A energia fotovoltaica gerou uma economia de 90% na conta mensal e anual de energia elétrica e a instalação do sistema de captação de águas pluviais reduziu 29,62% o consumo mensal de água potável da residência.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Energia fotovoltaica; Desempenho térmico; Captação de águas pluviais.

ABSTRACT

Engineers and entrepreneurs are increasingly seeking to design and build buildings in a sustainable manner, properly managing and using natural resources. Therefore, the present work seeks to develop a proposal to adapt a house with a popular standard for an efficient house in the municipality of Tucuruí in the state of Pará, where adjustments were made in the projects. In order to improve the thermal comfort of the users, the following work carried out changes in the original architectural design of the proposed residence in order to improve the thermal comfort and a computational simulation was performed using the EnergyPlus commercial software to determine if the changes had a positive effect and attended to Evaluation of thermal performance of NBR 15575 (2013). It was also elaborated a proposal to adapt the electrical project to a photovoltaics system connected to the electric power grid, to reduce the cost with energy in the proposed residence, and was designed a rainwater capture system for use, using data rainwater in the region and thus reduce the consumption of drinking water, especially in the discharge of toilet and in the garden faucet making the building sustainable. The results of the alterations in the projects were satisfactory, considering that the alteration in the architectural design was able to reduce the average internal temperature of the house by 1.37° C and reached satisfactory levels of thermal performance as recommended by NBR 15575 (2013). Photovoltaic energy generated a 90% saving in the monthly and annual electricity bill and the installation of the rainwater harvesting system reduced the monthly consumption of drinking water by 29.62%.

Keywords: Sustainability; Photovoltaics; Thermal comfort; Rainwater catchment.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil tem apresentado um grande crescimento na construção civil. Novas tecnologias estão sendo aplicadas a fim de melhorar as edificações e a qualidade de vidas das pessoas, com a intenção de obter uma edificação que aproveite os recursos naturais de uma forma sustentável, com necessidade reduzida de consumo de energia, visando minimizar os impactos ambientais gerados pela construção civil.

Na área da Engenharia Civil, a preocupação ambiental se intensifica devido ao fato de que, durante as execuções das obras, as mudanças do meio, bem como a utilização de recursos naturais não renováveis, provocam muitos impactos no ambiente. Na tentativa de minimizar esses impactos, o homem vem buscando novas ideias e soluções inteligentes para um melhor aproveitamento e economia de recursos como água e energia elétrica, além da redução da poluição, entre outros, para evitar que a construção civil, no futuro, seja o pilar de um caos ambiental (GRITTI; LANDINI, 2010).

A implementação de energia fotovoltaica, captação de águas pluviais para reaproveitamento e a melhoria no desempenho térmico das edificações aparecem como uma proposta de reduzir custos com energia elétrica e gerar sustentabilidade. No Brasil e, especificamente no estado do Pará, as técnicas de construções sustentáveis ainda são empregadas de modo incipiente, porém com o passar do tempo estão sendo vistas como alternativas eficientes para tornar as edificações cada vez mais sustentáveis. Uma construção sustentável tem início na concepção do projeto, que procura utilizar os recursos da natureza, procedendo ao estudo da insolação e do clima da região para a otimização do consumo de energia elétrica e conforto ambiental da construção (GRITTI; LANDINI, 2010).

A cidade de Tucuruí, localizada no sudeste paraense, foi o local de estudo para uma proposta de adequar um projeto de casa com padrão popular para um modelo de casa eficiente. O bom índice de insolação anual, altas temperaturas e a boa precipitação média na cidade fazem com que estudos para aproveitamento de energia solar, assim como a melhoria do desempenho térmico e o reaproveitamento de águas pluviais se tornem mais frequentes, tornando viável a implantação de um projeto de casa eficiente nesta cidade.

2. OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo, elaborar uma proposta de adequação do projeto de uma edificação com modelo padrão de casa popular, para que se torne uma casa eficiente, atingindo níveis de desempenho térmico aceitáveis, como recomendado na NBR 15575-1 (2013) e obtendo-se uma economia no consumo e no gasto com energia elétrica e com água potável.

3. MÉTODO

O presente trabalho fez uso do modelo de projeto padrão de construção popular, cedido pela empresa Construnorte Ltda-Me, para propor e avaliar possíveis melhorias, tomando como referência a Casa Eficiente no município de Tucuruí, no Pará, que pertence à Eletrobrás/Eletronorte. Desta maneira, buscou-se entender os mecanismos ali presentes e suas funcionalidades, para assim aplicar as mesmas em um projeto de casa popular padrão.

A seguir é feito um detalhamento das alterações feitas no projeto arquitetônico, elétrico e hidráulico.

3.1. Alteração no projeto arquitetônico

As alterações foram pensadas basicamente no sentido de aumentar a ventilação interna da casa e diminuir os efeitos da irradiação solar e com isso melhorar o desempenho térmico da edificação. São elas:

- Aumento das dimensões de esquadrias, afim de melhorar a ventilação cruzada. Segundo a NBR 15220-3 (2005), a zona 8 do zoneamento bioclimático brasileiro, onde se encontra o estado do Pará, ter suas aberturas para ventilação em torno de 12% da área do piso. Sendo assim, as portas dos quartos, que eram de (70 x 210) cm passaram a ser de (80 x 210) cm, mesma dimensão da porta externa e as janelas que eram de (120 x 110) cm, passaram a ser de (180 x 210) cm;
- Pintar telhas, paredes externas e internas com cores claras, assim a parte externa ao receber incidência de sol consegue refletir melhor os raios solares;

- Utilizar manta térmica para reduzir o calor gerado na estação mais quente, impedindo que a irradiação do calor penetre dentro da casa;

Além destas alterações, já prevendo a instalação dos painéis solares e sabendo que os mesmos não podem ter nenhum tipo de sombreamento, resolveu-se elaborar um telhado com apenas duas águas, uma na parte da frente da casa e outra na parte de trás, diferente do projeto original que possui 4 águas.

Para saber se as alterações surtiram efeito positivo desejado, foi realizada uma avaliação de desempenho térmico através do Software EnergyPlus, como sugere a NBR 15575-1(2013).

3.2. Análise computacional

Para a geometria do modelo de simulação, considerou-se cada ambiente da edificação como uma zona térmica distinta. Na composição de materiais para a simulação, empregaram-se os dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos disponibilizados pela NBR 15220-2 (2005) como referência.

Para efeito de simulação, a habitação é constituída por paredes de blocos cerâmicos com dimensões de (9x19x19) cm, com oito furos quadrados, assentados na sua menor dimensão e utilizando argamassa de assentamento com espessura de 1 cm. A parede idealizada apresentava reboco em ambas as faces com argamassa comum e espessura de 2,5 cm, levando a vedação a ter espessura total de 14 cm.

Com o auxílio do plug-in Legacy OpenStudio 1.0.13 para o Google SketchUp (programa de modelagem tridimensional), a geometria e os componentes da residência foram criados na linguagem do EnergyPlus. Através dele, também foram modeladas quatro zonas térmicas (Figura 14):

- Zona 01: corresponde ao Quarto Q2. Possui uma janela na fachada sul e uma porta interna na parede oeste;
- Zona 02: banheiro. Essa zona não foi considerada na análise, uma vez que não corresponde a um ambiente de longa permanência;
- Zona 03: corresponde ao Quarto Q1. Possui as mesmas dimensões e aberturas que a zona 01, só que a janela está na fachada norte;
- Zona 04: representa a sala e a cozinha da unidade habitacional. Possui duas portas externas, uma na fachada norte e outra na fachada sul, além de uma janela na parede norte e outra na parede sul.

Além das zonas, inseriu-se o beiral da cobertura que funciona como dispositivo de sombreamento externo da residência, como é mostrado na figura 1. Cada ambiente da unidade habitacional foi analisado isoladamente, de acordo com os resultados da simulação, que apresentaram valores de temperatura do ar interno no centro de cada zona.

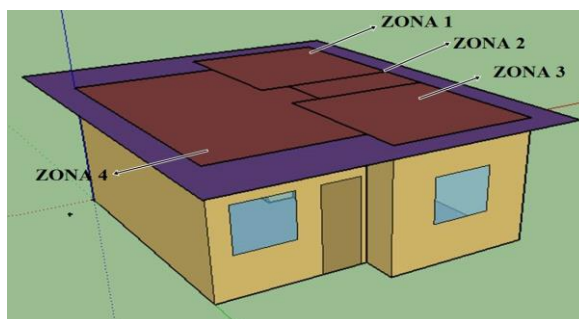


Figura 1 - Vista 3d da casa com indicação das 4 zonas formadas.

O modelo foi simulado apenas no período típico de verão que seria a situação mais crítica para região. As informações sobre a localização geográfica foram obtidas com base na NBR 15575-1 (2013), que fornecem informações sobre a localização geográfica de algumas cidades brasileiras e os dados climáticos correspondentes aos dias típicos de projeto de verão. Como inexistem dados normativos acerca de Tucuruí,

adotou-se os dados climáticos da cidade de Belém – PA, que é a mais próxima com características climáticas semelhantes, na mesma zona bioclimática brasileira.

A temperatura do solo, parâmetro que tem grande influência sobre os resultados da simulação, foi obtida seguindo o procedimento indicado pelo programa EnergyPlus. Simulou-se um modelo com as informações mínimas necessárias para o software gerar as temperaturas externas mensais, de acordo com o arquivo climático de Belém – PA, então subtraiu-se 2° C das temperaturas obtidas na etapa anterior. Os resultados dessa operação foram assumidos como temperatura do solo.

Informações complementares foram introduzidas com o arquivo IWEC (Clima Internacional para Cálculos de Energia) correspondente. O IWEC é resultado de um projeto de pesquisa da ASHRAE e expõe os dados climáticos típicos adequados para uso em softwares de simulação energética de edificações para 227 cidades, fora dos Estados Unidos e Canadá (ASHRAE, 2001).

Para a simulação considerou-se que as portas e janelas estavam abertas durante todo o dia e, portanto, a ventilação natural dos ambientes era constante em todas as zonas. Após simulação da casa em seu parâmetro normal, foi realizada uma simulação com as adequações propostas, utilizando manta térmica, pintura na cor clara no telhado, nas paredes internas e externas e alterando o tamanho das portas e janelas, assim como os materiais constituintes das janelas.

3.3. Adequação no projeto elétrico

O dimensionamento do sistema fotovoltaico interligados à rede elétrica de energia, foi realizado pela empresa Neosolar Energia, que trabalha no mercado de energia solar. Os dados sobre consumo e horas de insolação diária foram fornecidos para a empresa, com base na demanda da residência proposta e do seu projeto elétrico convencional. Os índices médios de insolação mensal, referente aos últimos 5 anos foram coletados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), então a mesma enviou o orçamento com o kit fotovoltaico ideal para a situação simulada em Tucuruí.

No projeto elétrico original da casa, a única alteração que ocorre é no quadro de medição. O sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras que façam a adesão ao sistema de compensação de energia deverá ser bidirecional, ou seja, medir a energia ativa injetada da rede e a energia ativa consumida da rede como sugere a norma da CELPA/CEMAR NT.31.020.01 (2014).

Escolheu-se a direção Norte para se fixar as placas solares pois o sol alterna sua posição durante o ano entre as estações e a direção norte é a que mais pode aproveitar a radiação solar diária. Considerou-se a efeito de simulação, que a fachada da casa está na direção Norte, sendo assim as placas solares ficam inclinadas nessa direção com azimute de 180° como recomenda a empresa, a Figura 2 mostra o local de fixação do inversor, do dispositivo de proteção e da caixa de medição obedecendo os critérios da norma NT.31.001.04 (2014) quanto à altura.

A orientação da empresa quanto a inclinação ideal para as placas é de 5°. Ao todo são 13 painéis solares que estão ligados em série, inversor, dispositivos de proteção DSV, cabeamento, e kit de montagem para telhados. A potência do sistema é de 3445 Wp, e o percentual a ser gerado de energia é de 90% do consumo médio mensal.

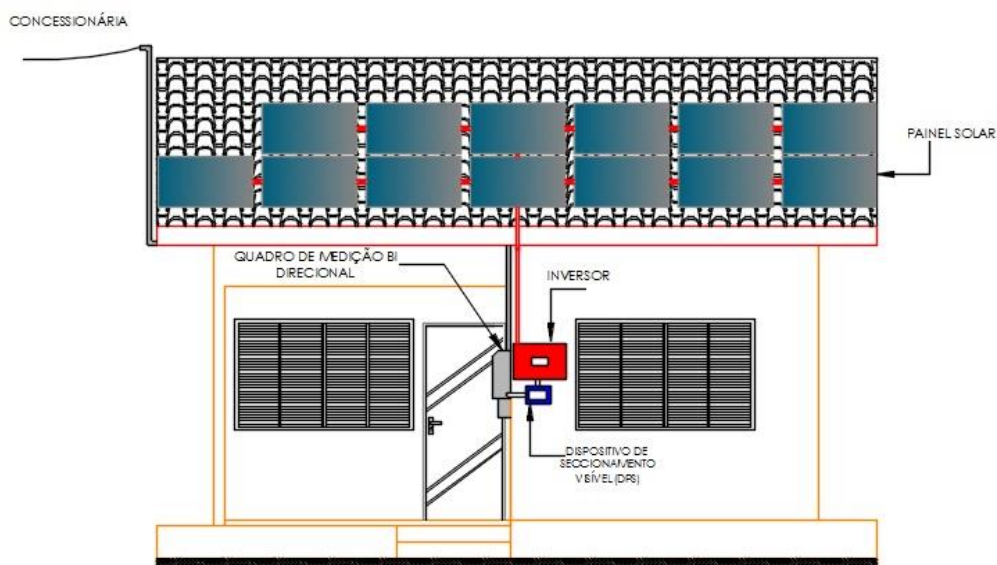


Figura 2 - Fachada da casa com painéis solares

3.4. Adequação no projeto hidráulico

Em termos de projeto, a parte hidráulica sofre uma pequena alteração apenas na tubulação da caixa de descarga do vaso sanitário e na torneira de jardim que será instalada próximo à varanda da residência. Na tubulação do vaso sanitário já existente será acrescentada uma tubulação proveniente da água das chuvas sem nenhum tipo de conexão cruzada com a tubulação de água fria da residência.

A caixa d'água com capacidade de 1000 L encontra-se em cima do banheiro social da casa, e abastece a demanda do banheiro, como a pia, vaso sanitário e chuveiro, assim como a cozinha e a área de serviço. Para o dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais, foram utilizados dados do INMET, que mostram as precipitações pluviométricas mensais no município de Tucuruí, e as recomendações normativas vigentes, tais como: NBR 15527 (2007), NBR 5626 (1998), NBR 10844 (1989), NBR 12213 (1992), NBR 12214 (1992). E para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluviais seguiu-se as recomendações da NBR 12217 (1994). A mudança na tubulação do banheiro é mostrada abaixo, na figura 3.

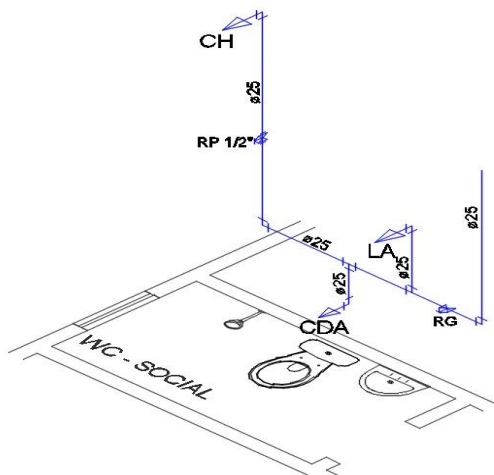


Figura 3 - Detalhe isométrico da tubulação no banheiro padrão.

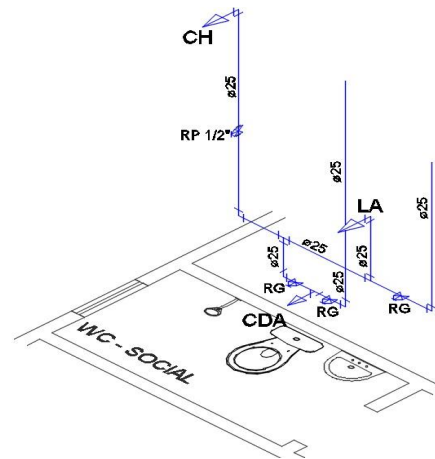


Figura 4 - Detalhe isométrico da adaptação na tubulação da caixa de descarga

A Figura 5 apresenta o corte longitudinal da residência, mostrando as tubulações de abastecimento da cisterna e do reservatório superior, assim como os próprios reservatórios.

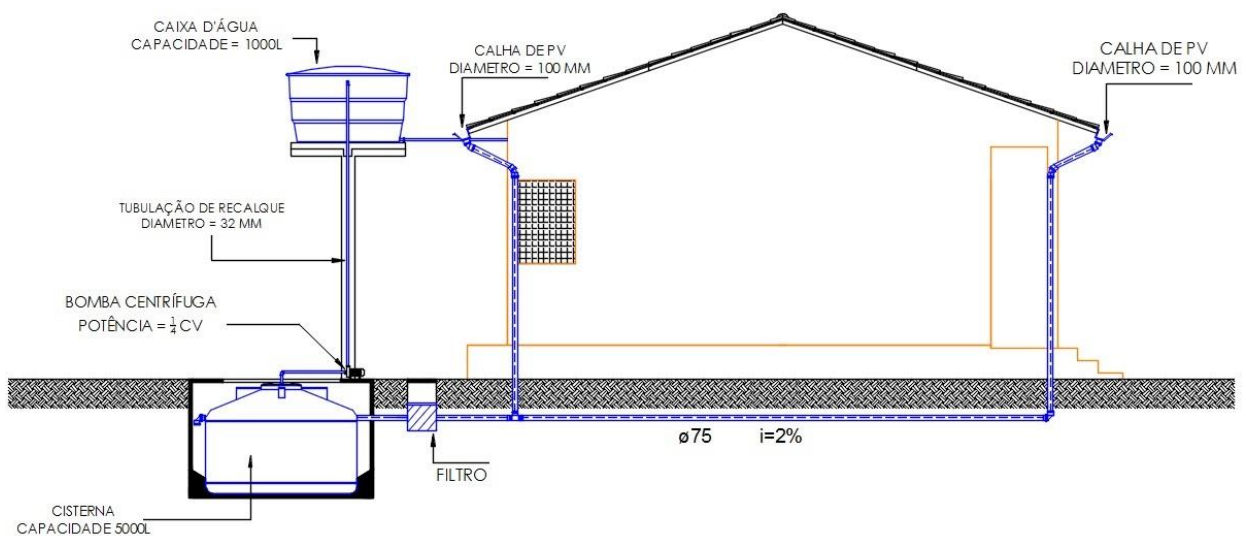


Figura 5 - Corte longitudinal.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Desempenho térmico

Elaboradas as propostas para melhorar o desempenho térmico, e realizada a simulação no software EnergyPlus, obteve-se resultados da edificação antes das adequações no projeto arquitetônico e da edificação depois das adequações no projeto arquitetônico. A temperatura máxima média na residência antes das adequações fica em torno de 34,27 ° C e a temperatura depois das adequações fica em torno de 32,90 ° C, o que apresenta uma redução na temperatura interna da edificação de 1,37 ° C, como apresenta o Quadro 1.

Horário	Área externa	Temperaturas (°C)							
		Sala		Dormitório 1		Banheiro		Dormitório 2	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
01:00	24,2	25,3	24,6	26,1	25,2	26,1	25,5	26,1	25,4
02:00	23,7	24,9	24,2	25,7	24,8	25,8	25,1	25,7	24,9
03:00	23,4	24,3	23,8	25,0	24,3	25,1	24,6	25,0	24,5
04:00	23,1	23,9	23,4	24,5	23,9	24,6	24,2	24,5	24,1
05:00	22,9	23,6	23,2	24,1	23,7	24,3	24,0	24,2	23,8
06:00	23,1	23,6	23,3	24,0	23,6	24,2	23,7	24,1	23,8
07:00	23,8	23,9	23,9	24,2	23,9	24,5	24,1	24,2	24,0
08:00	25,6	25,3	25,5	25,0	25,2	25,1	25,3	25,0	25,2
09:00	27,6	27,1	27,4	26,5	27,0	26,7	26,9	26,5	26,9
10:00	29,4	29,1	29,1	28,6	28,5	28,5	28,2	28,6	28,4
11:00	31,0	30,6	30,7	30,0	29,9	29,8	29,6	30,0	29,8
12:00	32,0	31,9	31,7	31,5	31,0	31,0	30,6	31,5	30,9
13:00	32,9	33,3	32,6	33,1	31,9	32,5	31,4	33,0	31,8
14:00	33,4	33,9	33,2	33,9	32,6	33,2	32,3	33,9	32,5
15:00	33,4	34,2	33,3	34,5	32,9	33,8	32,6	34,5	32,8
16:00	32,8	33,8	32,8	34,5	32,8	33,9	32,4	34,5	32,8
17:00	31,9	33,2	32,1	34,2	32,5	33,7	32,4	34,2	32,7
18:00	30,9	32,2	31,2	33,2	31,8	32,7	31,8	33,2	31,9
19:00	29,3	30,9	29,7	32,2	30,5	31,8	30,6	32,2	30,7
20:00	28,2	29,8	28,6	31,0	29,5	30,8	29,7	31,0	29,6
21:00	27,2	28,6	27,6	29,7	28,4	29,5	28,5	29,7	28,6
22:00	26,3	27,7	26,7	28,9	27,4	28,9	27,6	28,9	27,7
23:00	25,5	26,8	26,0	27,8	26,7	27,7	27,1	27,8	26,9
00:00	24,8	26,0	25,2	26,9	25,9	26,9	26,1	26,9	26,1
MÁX	33,4	34,2	33,3	34,5	32,9	33,9	32,6	34,5	32,8

Quadro 1 - Dados da simulação no EnergyPlus.

Percebe-se através do quadro acima que as temperaturas máximas internas dos cômodos da casa antes das adequações são maiores que a temperatura da área externa e de acordo com a NBR 15575-1 (2013) o nível de desempenho térmico mínimo não é atingido. Já com as adequações realizadas, as temperaturas máximas nos cômodos diminuiram, cerca de 1,37 ° C foi reduzido na temperatura média da residência. Como a temperatura máxima interna ficou abaixo da temperatura máxima externa, pode-se dizer que as adequações surtiram efeito positivo e a edificação com as adequações apresenta um nível de desempenho aceitável, segundo a NBR 15575-1 (2013).

Percebe-se a mudança de comportamento da residência após as alterações, no horário de 8:00 e 9:00 há um aumento na temperatura interna da residência, aumento esse não muito significativo que pode ser explicado pela posição do sol nas primeiras horas do dia, tendo em vista que a simulação é realizada prevendo portas e janelas abertas.

4.2. Economia de energia elétrica

É válido destacar que em função da implementação do projeto com energia fotovoltaica ocorrerá uma redução no valor conta de energia cobrada pela concessionária. A Neosolar Energia forneceu o gráfico com a estimativa de produção de energia do sistema proposto, a empresa utiliza dados de Irradiação do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) e LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar/UFSC) no Brasil, durante os meses do ano. Vale lembrar que os dados usados foram os mais próximos para a região de Tucuuruí, o estudo é simplificado e aproximado, já que a produção real de energia depende de inúmeros fatores locais que não foram considerados no estudo, como mostra a figura 6.



Figura 6 – Estimativa de produção de energia em Kwh/mês.

A média de produção do sistema fotovoltaico é de 399 kwh/mês e o consumo médio é de 447,68 kwh/mês. A tarifa cobrada pela concessionária de energia é de R\$ 0,566 o kwh, a taxa a ser paga mensalmente para a concessionária, com o sistema fotovoltaico empregado na residência é de R\$ 27,55. Sendo assim a economia mensal a ser gerada é de R\$ 225,83 e a economia anual é de R\$ 2.709,96 como apresenta o Quadro 2.

Descrição	Consumo Médio Mensal (kwh)	Produção Média Mensal (kwh)	Tarifa (R\$/kwh)	Valor mensal a ser pago a concessionária (R\$/kwh)	Economia Mensal (R\$)	Economia anual (R\$)	Economia em (%)
Edificação sem sistema fotovoltaico	447,68	0	0,566	253,39	0	0	0
Edificação com sistema fotovoltaico		399		27,55	225,83	2.709,96	90

Quadro 2 - Economia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Observa-se que o valor economizado de R\$ 225,83 ao mês é representativo em relação ao valor pago anteriormente. É importante lembrar que a produção gerada pelo sistema fotovoltaico já é considerada como economia, isso porque o sistema é conectado à rede elétrica da concessionária, e quando a edificação estiver produzindo energia mais do que consumindo, automaticamente essa energia é injetada na rede elétrica da concessionária, fazendo assim o relógio bidirecional girar ao contrário e gerar os créditos de energia.

4.3. Economia de água potável

Von Sperling (1995), definiu os valores típicos de consumo per capita para a população de uma cidade média (50.000-250.000 habitantes) entre 120-220 L/hab/dia. Os resultados referentes à instalação do sistema de captação de águas pluviais na edificação foram baseados na média de consumo de 150 l/hab/dia, prevendo 3 moradores na casa o consumo médio mensal estabelecido é de 13,5 m³.

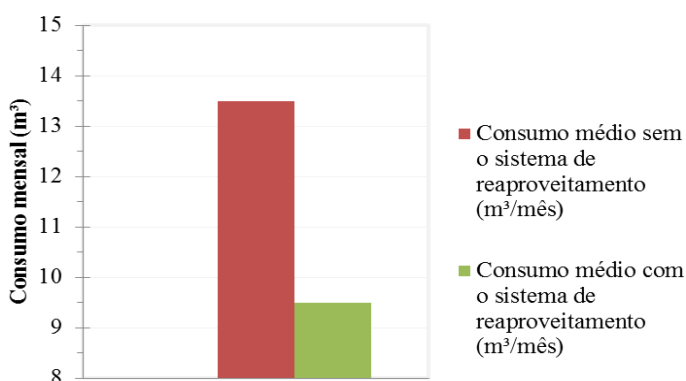


Figura 7 - Consumo de energia elétrica em iluminação artificial.

Com uma demanda mensal de água não potável prevista de 4 m³ e um consumo médio de 13,5 m³/mês, o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis gera uma economia mensal de 29,62% de água potável distribuída pela rede pública como mostra a Figura 7. Verificou-se que dos 13.500 litros calculados para a utilização mensal de água potável, 4.000 litros serão supridos pela água da chuva para fins não potáveis. O custo da instalação do sistema de captação de águas pluviais se justifica não só pela economia de água potável, mas também pelos benefícios ao meio ambiente promovidos pela utilização do mesmo.

4.4. Comparação orçamentaria

Com as mudanças ocorridas no projeto, necessariamente muda seu orçamento inicial. Em uma análise comparativa de preços, e utilizando a base de preços do Sinapi da Caixa Econômica Federal, obteve-se os preços de insumos e o preço da mão de obra para o Estado do Pará e realizou-se uma composição orçamentária a fim de se obter o preço final da edificação adequada.

Os Quadros 3 e 4 mostram o preço original da residência e o preço com as alterações respectivamente. Nele estão descritos apenas o preço total de cada item. Os preços bases e suas composições foram referidos ao SINAPI mês de outubro de 2016.

EDIFICAÇÃO 52,02 M ² ORIGINAL	
ITEM	TOTAL DO ITEM (R\$)
SERVIÇOS PRELIMINARES	429,26
FUNDAÇÃO	3.228,98
SUPERESTRUTURA	10.150,79
VEDAÇÕES INTERNAS E EXTERNAS	14.552,42
COBERTURA	4.701,62
REDE DE ÁGUA FRIA	2.159,67
REDE DE ESGOTO	4.284,63
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	4.580,70
PISOS	4.140,20
PINTURA	5.955,76
ESQUADRIAS METÁLICAS, ALUMÍNIO E MADEIRA	4.801,56
FORRO	968,00
MÁRMORES E GRANITOS	356,38
TOTAL(R\$) =	60.309,97

Quadro 3 - Orçamento edificação 52,02 m² original.

EDIFICAÇÃO 52,02 COM ALTERAÇÕES	
SERVIÇOS PRELIMINARES	492,26
FUNDAÇÃO	3.228,98
SUPERESTRUTURA	10.150,79
VEDAÇÕES INTERNAS E EXTERNAS	14.745,02
COBERTURA	7.620,06
REDE DE ÁGUA FRIA	2.159,67
REDE DE ESGOTO	4.284,63
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	4.700,37
PISOS	4.140,20
PINTURA	6.746,30
ESQUADRIAS METÁLICAS, ALUMÍNIO E MADEIRA	6.480,03
FORRO	968,00
MÁRMORES E GRANITOS	356,38
REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	5.993,41
ESTRUTURAL - RESERVATÓRIO SUPERIOR	2.728,14
SISTEMA FOTOVOLTAICO	30.252,65
TOTAL(R\$) =	105.046,89

Quadro 4 - Orçamento edificação 52,01 m² adequado.

No Quadro 13 percebe-se que o item mais oneroso é o sistema fotovoltaico. No orçamento proposto pela empresa Neosolar Energia que se encontra no anexo A, o valor total do sistema fotovoltaico é de R\$ 30.252,65, nesse valor já estão inclusos todos os equipamentos necessários, assim como projeto e regularização junto à concessionária de energia elétrica, sistema e monitoramento de dados e mão de obra para a instalação. Com uma economia anual de R\$ 2.709,96, o tempo de retorno do investimento é fica em torno de 11 anos.

Levando em consideração que a vida útil média de um inversor é 10 a 15 anos, e dos painéis solares é de 25 anos, o investimento é considerado viável a médio prazo, sendo que esse tempo de retorno do investimento de 11 anos pode ser reduzido, visto que as tarifas de energia sempre se atualizam, de acordo com suas homologações e quanto mais alta for a tarifa, maior será a economia na conta de energia e o tempo de retorno do investimento pode ser reduzido.

As esquadrias foram um dos itens que elevaram-se no orçamento do projeto adequado, isso porquê as janelas que eram todas de alumínio foram substituídas por janelas de madeiras com tamanhos maiores e sabe-se que a madeira de lei hoje em dia está com o preço mais elevado no mercado que o alumínio, porém esse investimento pode ser considerado satisfatório, uma vez que, assim como a manta térmica e as outras modificações, as esquadrias, ajudaram a melhorar o desempenho térmico na casa.

5. CONCLUSÕES

A adequação no projeto arquitetônico demonstrou-se suficiente para atender os critérios de desempenho térmico estabelecidos pela NBR 15575-1 (2013), que em seu texto orienta que a temperatura máxima interna não deve ser maior que a temperatura máxima externa. Com as adequações realizadas a temperatura média interna baixou cerca de 1,37° C.

As adequações no projeto arquitetônico aumentaram o orçamento inicial, porém esse investimento pode ser considerado satisfatório devido aos resultados positivos em relação ao desempenho térmico e diminuição de temperatura interna.

A proposta de reduzir o custo com energia elétrica adequando o projeto original a um sistema fotovoltaico interligado a rede elétrica de energia foi considerada viável, por mais que o tempo de retorno do investimento seja em 11 anos, vale lembrar que a vida útil de uma placa solar é de 25 anos, e que a redução na conta de energia foi considerada bastante satisfatória, cerca de 90% ao ano.

O tempo de retorno do investimento pode ser abreviado e depende de alguns fatores como o aumento na tarifa de energia e a redução no consumo de energia elétrica ao longo dos meses. É importante destacar que a família beneficiada pelo projeto deve seguir um padrão de consumo para que o tempo de retorno no investimento seja seguido ou abreviado, haja vista que a redução na conta de energia pode fazer com que as pessoas que utilizam o sistema fotovoltaico passem a consumir mais energia elétrica devido a pagar um valor mais barato na conta depois da aquisição do sistema fotovoltaico.

No que diz respeito ao aproveitamento de águas pluviais, não é possível realizar um comparativo financeiro, uma vez que na cidade Tucuruí não é cobrada tarifa de distribuição de água. Entretanto, na cidade ocorrem muitos problemas referentes ao abastecimento de água potável. Portanto o sistema de captação de águas pluviais supriria as necessidades do uso de água não potável na residência quando houver a falta de água da rede pública e também contribuiria na preservação ambiental, visando a sustentabilidade.

A coleta de águas pluviais ainda pode diminuir os problemas de drenagem urbana, retendo boa parte da água que escoaria pelas ruas e galerias e reduziria a quantidade de água potável utilizada para irrigação de jardins, lavagem de carros, calçadas, pisos entre outros.

A adequação do projeto se torna mais onerosa cerca de R\$ 44.673,92, no entanto, os níveis de desempenho para se obter o conforto térmico, como recomenda a NBR 15575-1 (2013) foram considerados aceitáveis e a economia, tanto da parte de energia elétrica, como de reaproveitamento de água é positivamente notável, o que indica que a edificação incorpora princípios de sustentabilidade. É importante destacar a sustentabilidade que a edificação eficiente possui por utilizar energia limpa e reaproveitar os recursos naturais, assim como a redução nos impactos ao meio ambiente que a edificação ocasiona. Além de contribuir para a redução do impacto ao meio ambiente, a sustentabilidade nas edificações promove o bem estar social e aumento da produtividade dos usuários. Além das melhorias incontestáveis que estas alternativas tecnológicas resultam é imprescindível que haja uma reeducação da população quanto ao uso de tecnologias que aproveitem melhor os recursos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 12213. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 12217. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2. Desempenho térmico de edificações: parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- BELLO, L. G. Análise de Conforto Térmico de Projetos de Habitações Unifamiliares em Pato Branco, PR.. 2013. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Pato Branco. 2013. 56p.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - 1988. Nosso Futuro Comum (Relatório Brundtland). Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.
- CRESPI, M. H. Análise Energética e de Custo de Potencial Fotovoltaico Conectado à Rede de Energia Elétrica do Complexo Aeroportuário de Joinville. 2015. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2015. 59p.
- DIAS, Reinaldo. Sustentabilidade: Origem e Fundamentos Educação e Governança Global. 1º edição. São Paulo: Atlas, 2015.
- GOMES, J. G.; ARANTES, W.R. Avaliação preliminar do desempenho térmico da casa Eficiente Eletrobras/Eletronorte. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará. Tucuruí, 2013. 59p.
- MACIEL, A. A. et al. Projeto Casa Eficiente: demonstração de eficiência energética em habitação unifamiliar. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis, 2006.
- MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Florianópolis, 2007. 107p.
- MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. 2004. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2004.
- SANTOS, M. B; SOUZA, V. C. Análise do Desempenho Térmico das Residências Construídas em Paredes de Concreto: um estudo de caso do conjunto habitacional Vivacidade – Tucuruí – PA. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará. Tucuruí, 2015. 90p.
- SPANGENBERG, J. H. Sustainable Development: from catchwords to benchmarks and operational concepts. In: CHARTER M. And TISCHNER, U. (Ed.). Sustainable Solutions. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited, 2001.
- NORMA TÉCNICA CELPA/CEMAR NT 31.001.04 – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão-Errata 1, 2014.
- TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: Água de Chuva para Áreas Urbanas e fins não Potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003.