

Eixo Temático ET-06-014 - Energia

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E AMBIENTAL DE CONDOMÍNIO PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO SÃO JOSÉ

Camila Sales Nóbrega de Santana, Mônica Carvalho, Marçal Rosas Florentino Lima Filho

Universidade Federal da Paraíba - UFPB. João Pessoa-PB, Brasil.

RESUMO

Para o desenvolvimento e sustentação do modelo de vida adotado nos dias atuais, o ambiente construído tem demandado um grande aporte de energia e forte consumo de materiais. Tal situação pode gerar, em situações extremas, desequilíbrios ambientais e a deterioração da qualidade de vida das populações, principalmente nos países em desenvolvimento. Visando verificar a disponibilidade de iluminação natural e os impactos no projeto de iluminação artificial, que podem levar a um consumo energético exacerbado, o presente artigo simula desempenhos luminosos, com enfoque na luz natural por meio de ensaios de projeções em uma habitação de interesse social no maior assentamento precário da capital paraibana, o bairro São José (BSJ). A aferição perpassou pelo diagnóstico da situação atual nos parâmetros luminosos quantitativos e qualitativos pelos programas computacionais *Shetchup* e *Dialux*, correlacionando-os com a iluminância recomendada pela NBR 5413 e NBR 15.215-4:2005. Cenários foram criados com o intuito de verificar os impactos na homogeneidade de distribuição de luz natural, alternativas projetuais para melhor uso da iluminação natural, os reflexos no consumo energético e impacto ambiental via análise de ciclo de vida e pegada de CO₂. Com base nos observações preliminares, os resultados advertem que a autonomia da luz natural foi insuficiente para atender as atividades especificadas no projeto arquitetônico padrão da prefeitura municipal de João Pessoa (PMJP) necessitando de iluminação artificial. Assim, se propôs o uso de estratégias bioclimáticas, como as prateleiras de luz, e novas especificações técnicas, lâmpadas e luminárias, visando eficiência energética fomentando uma reflexão sobre a forma de adoção de projetos padrão para residências populares no município de João Pessoa-Paraíba. Finalmente, análises econômica e ambiental forneceram indicações sobre o custo monetário associado às estratégias propostas, assim como a pegada de carbono.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Consumo Energético; Luz Natural; Conforto Lumínico; Impacto Ambiental.

ABSTRACT

In order to develop and support our modern way of life, the built environment has demanded a great consumption of energy and materials. This situation may lead to environmental imbalances and deterioration of the quality of life, especially in developing countries. In order to verify the availability of natural lighting and the impacts on the design of artificial lighting, which can lead to energy consumption, the present paper simulates luminous performances, focusing on natural light through design tests in a housing. The object of this study is the largest precarious settlement in the capital of Paraíba called São José. *Shetchup* and *Dialux* computer programs were used to simulate the lighting performance and correlate with the illuminance in accordance of NBR 5413 and NBR 15.215-4: 2005 standards. Three different scenarios were created aiming to verify the impacts on the homogeneity of natural distribution, alternatives design for better use of natural light and the reflexes on energy consumption and environmental impact. Based on the preliminary observations, the results indicate that the autonomy of natural light was insufficient to meet the activities specified in the standards adopted by the municipal government of João Pessoa (PMJP). Thus, it was proposed the use of bioclimatic strategies, such as light shelves, and new technical specifications, lamps and lighting, aiming at energy efficiency. Finally, economic and environmental analyzes provided

indications of the monetary cost associated with the proposed strategies, as well as the carbon footprint.

Keywords: Energy Efficiency; Energy Consumption; Natural light; Light Comfort; Environmental impact.

INTRODUÇÃO

Segundo Trigueiro (2017), a construção civil é o setor da economia que mais impacta o meio ambiente, especialmente pelo fato do Brasil apresentar crescente consumo de fontes não renováveis. Em consonância, Lambert, Dutra e Pereira (2014) afirmam que tal panorama é procedente da rápida industrialização, dos impactos do aumento populacional sobre o meio ambiente e dos crescentes serviços energéticos residenciais, institucionais, industriais e comerciais.

Romero (2012) ressalta que a eficiência energética e a adequação ambiental devem se relacionar com os materiais aplicados na construção civil de modo que, as edificações sejam referências para a disseminação no desenvolvimento econômico. Desta forma, Abreu (2016) afirma que associado ao impacto ambiental, os impactos financeiros também são de grande monta, como, por exemplo, o consumo de energia elétrica de uma residência.

Segundo dados do EPE, Empresa de Pesquisa Energética, em 2016 o consumo de energia elétrica foi de 460.078 Gigawatts-hora (GWh). Sendo a região Nordeste responsável por 793 Gigawatts-hora (GWh), representando o consumo médio por residência de 161,8 kWh. Em acordo, a Eletrobrás (2016) ressalta que nos ambientes residenciais o consumo representa 50,1% do consumo energético total (iluminação, equipamentos eletroeletrônicos e chuveiros elétricos representando 24% do consumo global de energia elétrica).

Para Fittipaldi (2009), uma habitação de interesse social torna-se diferente de qualquer outra habitação simplesmente pela pouca disponibilidade financeira de seus moradores. Apesar das necessidades serem as mesmas, os espaços propostos apresentam soluções projetuais simples e uma área reduzida.

Lambert e Krüger (2000) descrevem que os programas habitacionais brasileiros para a população de baixa renda apresentam, de maneira geral, quase nenhuma atenção à região climática onde as casas devem ser construídas, ou seja, um mesmo sistema construtivo é empregado em cidades com características muito distintas.

No que diz respeito a iluminação, Vianna (2001) afirma que os principais fatores da luz natural são a sazonalidade decorrente de uma variação da luz natural conforme época do ano e a hora do dia, clima, tipos de céus, qualidade do ar, refletividade das superfícies internas, e o sítio, que considera características físicas e geográficas do lugar e entorno da edificação. *Sendo assim, torna-se relevante discutir aspectos arquitetônicos como as características climáticas que afetam diretamente na adoção de estratégias passivas do comportamento energético* como o fator Autonomia da Luz Natural (ALN) – medida que baseia também na porcentagem de horas ocupadas no ambiente e o valor que iluminância atinge no plano de trabalho de acordo com a atividade.

Sobre a análise de iluminação as normas Illuminating Engineering Society of North America - IESNA (2000) e a *NBR 15.215-4:2005* recomendam a verificação de dois parâmetros de desempenho: nível de iluminância e ausência de ofuscamento. Na qual a quantidade de iluminância no plano de trabalho varia de acordo com as atividades desenvolvidas para cada ambiente e no seu entorno imediato. Segundo a primeira norma, os níveis de refletâncias para espaços internos devem ser de: teto 70-90%, paredes: 40 a 60% luminância de pelo menos metade das do teto, pisos: 30-50% e plano de trabalho: 20-60%.

A partir deste panorama, o ensaio de projeção investiga as possibilidades de intervenção lumínicas no projeto arquitetônico padrão para habitação de interesse social (HIS) da Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP) através de apresentações de cenários alternativos para os alcances dos parâmetros adequados pelas normas supracitadas. Além do mais, algumas considerações serão feitas a respeito do potencial impacto ambiental, em termos

da pegada de carbono, associada ao consumo energético de todo o conjunto habitacional. A escolha do recorte da pesquisa é justificada não só pelo potencial de consumo energético de grandes conjuntos habitacionais, mas também pela densidade populacional de 488,56 habitantes em uma área de 327.492 m, apresentado um dos piores índices de desenvolvimento da cidade (IDH-0,345) em contraste com o bairro de alta renda vizinho, Manaíra, cujo IDH é de 0,907.

OBJETIVO

Analisar e caracterizar o desempenho da iluminação natural via simulação, propondo identificar fatores que contribuam ou não no conforto lumínico do projeto arquitetônico para habitação de interesse popular no bairro do São José, João Pessoa – Paraíba, com vistas a reduzir o consumo energético do projeto de iluminação artificial e o impacto ambiental.

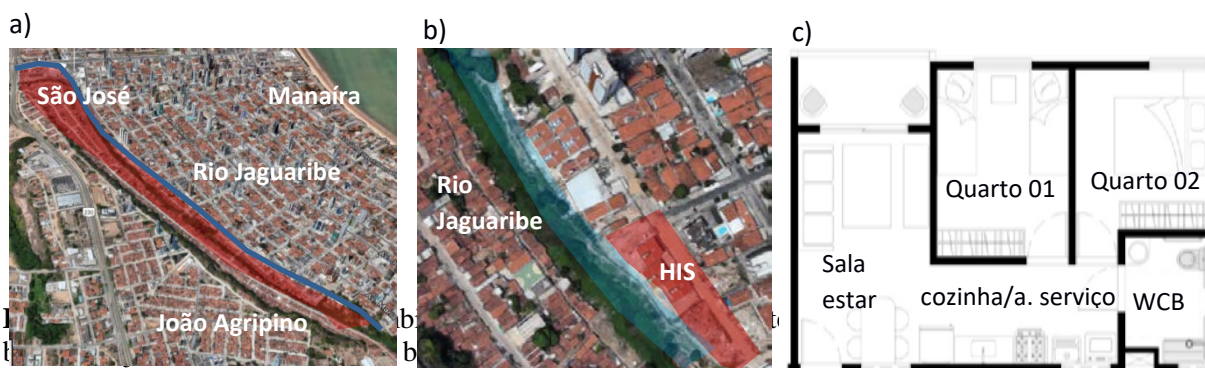
METODOLOGIA

Avaliação de Iluminação Natural

O presente estudo classificou-se, segundo Prestes (2003), como pesquisa aplicada devido à apreciação dos tipos de produção, das ferramentas adotadas e das técnicas desenvolvidas para análise do desempenho luminoso (natural e artificial) diante do comportamento das fenestrações. Neste sentido, a pesquisa de cunho exploratório foi desenvolvida no bairro São José, município de João Pessoa – Paraíba por se tratar do maior assentamento precário da capital paraibana. Assim, selecionou-se uma residência dentro do modelo da HIS para aferir os aspectos quantitativos (níveis de iluminância) e os aspectos qualitativos (ofuscamento e refletância dos materiais) via simulação computacional.

Para melhor caracterização da HIS, quatro etapas foram analisadas: aspectos formais do objeto de estudo (Genius Loci, dimensões e localizações das fenestrações e layout interno proposto), codificação (categorização climática, medições lumínicas de acordo com o tempo de permanência no local), simulação computacional e rendimento luminoso (normas, estratégias bioclimáticas e consumo energético).

Na proposta municipal de desenho urbano contempla 1.024 apartamentos, cada qual com 45 m², totalizando 26 blocos apresentando dois modelos: o tipo 01 com 16 residências e o tipo 02 com 32 residências. A análise em questão se deteve no tipo 01, que totaliza uma edificação com 14 m de altura, em uma residência localizada no primeiro pavimento, sentido Nordeste e Sudeste - por meio da categorização climática da cidade de João Pessoa disponível pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE – UFSC - 2014).



Google Earth (a,b).

Em posse dessas informações, foi aplicado o método de Baker, desenvolvido por Geoffrey Baker em 1992, que permite compreender as espacialidades locais do entorno imediato como sombreamento ocasionado pelas edificações circunvizinhas e protetores solares, massa vegetal existente e superfícies de acabamento do piso. O objeto de estudo contém 45m²

de área, abertura do tipo corrediço em alumínio preto e vidro, peitoril de 1,10m de altura e altura interna da residência de 2,40m (Figura 1).

De acordo com o caderno técnico da construção da HIS elaborado pela Secretaria de Planejamento do Município de João Pessoa em 2014, o projeto apresenta o programa de necessidade de 01 cozinha, 01 varanda, 01 sala de estar, 01 cozinha/ área de serviço, 01 WCB (*bathroom water closet*) e 02 quartos – ver Tabela 1.

Tabela 1. Coeficiente Iluminância para áreas de trabalho NBR ISO 8995-1:2013.

Cômodo	Luminância (E)
Cozinha	300-500
Sala de estar/jantar	50-100
Quartos	50-150
BWC	100

Fonte: ABNT (2013).

Em relação aos materiais de acabamento construtivos, as especificações técnicas estabelecem que as paredes devam ser emassadas com pintura branca fosca, forro de gesso e piso em granilite - ver Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente de Reflexão NBR ISO 8995-1:2013.

Superfície	Coeficiente de Reflexão
Gesso	0,8 – 0,9
Pintura Branca	0,8
Vidro fumê	0,5
Piso Granilite	0,2

Fonte: ABNT (2013).

Em seguida houve a transcrição de dados na simulação computacional por meio dos programas *Schetchup* versão 16.0, para construir o modelo 3D, e *Dialux* versão 4.12 para averiguar a base de dados de cada sala com o nível de iluminância estabelecidas pelas NBR 5413 e NBR 15.215-4:2005.

Após o diagnóstico encontrado na HIS, foram gerados 03 cenários e comparados entre si; o primeiro considerando apenas a luz natural dentro da situação existente, o segundo a luz natural com as estratégias bioclimáticas e o terceiro a luz natural, as estratégias bioclimáticas aliadas à luz artificial (inserção de outros equipamentos).

Avaliação de Ciclo de Vida

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia internacionalmente reconhecida e validada, normatizada pela *International Organization for Standardization* nas normas ISO 14040 (2006a) e ISO 14044 (2006b), que no Brasil foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em suas normas NBR 14040 (ABNT, 2014a) e NBR 14044 (ABNT, 2014b). A ACV é uma metodologia que desenvolve o levantamento e compilação de entradas (insumos), etapas de produção, consumo e saídas de um sistema de produto durante todo o seu ciclo de vida, e colabora na análise e interpretação de potenciais impactos ambientais. A ACV é constituída por quatro etapas principais (ABNT, 2014^a; ABNT, 2014b): definição do objetivo e do escopo da análise; inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema; análise dos potenciais impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema (por meio da seleção de um método de avaliação de impacto ambiental); e finalmente a interpretação dos resultados. Mais detalhes sobre ACV podem ser consultados em Guinée (2001) e Guinée (2002).

Uma ACV completa constitui-se de impactos ambientais analisados sob várias perspectivas (*e.g.*, danos ao ecossistema, danos a saúde humana, uso de recursos energéticos),

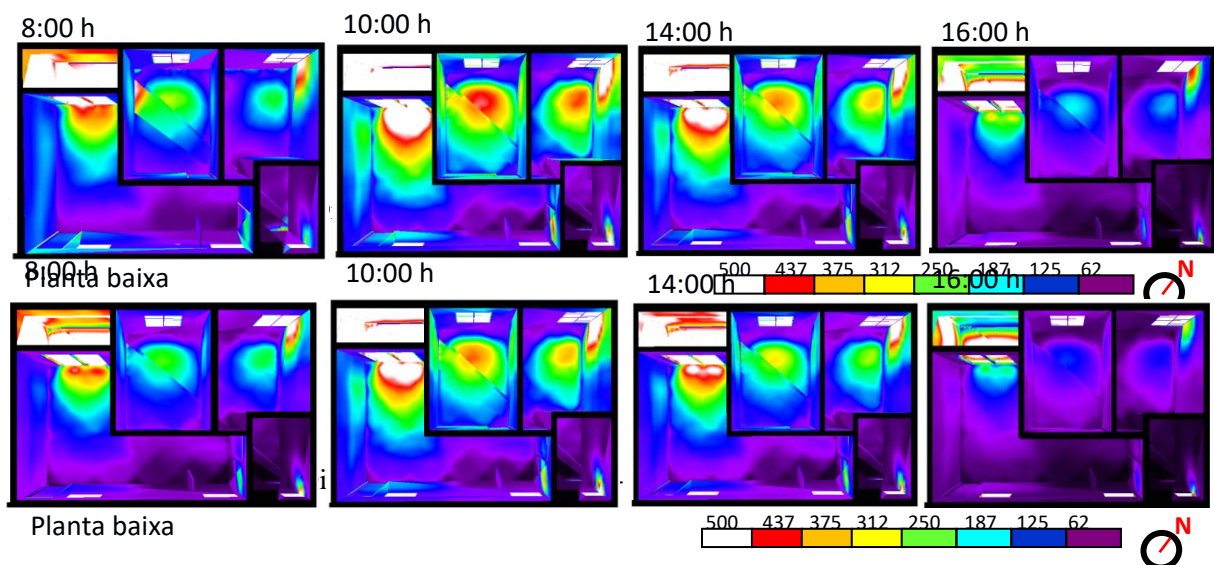
mas a seleção de um indicador único também fornece informação ambiental interessante. Aqui se escolheu a pegada de carbono, um indicador bastante utilizado para comunicação de resultados, por causa das preocupações recentes com as mudanças climáticas.

O trabalho de Delgado e Carvalho (2017) foi consultado para obtenção do valor da pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade (baixa tensão) da rede elétrica brasileira. Devido às diferentes contribuições das fontes geradoras, a pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade varia bastante. Os dados mais recentes, de domínio público, são referentes ao ano de 2015 (DELGADO; CARVALHO, 2017): 61,30% hidrelétrica, 16,92% termelétrica, 7,49% biomassa (lenha e bagaço de cana), 5,64% eólica, 1,32% nuclear, e 0,02% solar (5,80% referem-se a recuperações, gás de coqueria e outros combustíveis secundários). Estas porcentagens já incluem as importações da Argentina, Paraguai, Uruguai e Venezuela. A pegada de carbono foi calculada com base no método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013), que utiliza os fatores de conversão publicados nos relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) para obter a relação entre a contribuição para absorção do calor de radiação resultante da descarga instantânea de 1 kg de um gás de efeito estufa e igual emissão de dióxido de carbono (CO₂) integrado ao longo do tempo (neste caso, 100 anos) (IPCC, 2013). Utilizou-se o *software* SimaPro 8.0.5 (PréConsultants, 2015) com a base de dados Ecoinvent (ECOINVENT, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O diagnóstico do comportamento da luz natural foi tratado e transformado em linhas isográficas de maneira individual, em plantas baixas, para cada data e horário. Desta maneira as análises ocorreram nos dias 20/03/17 e 23/09/17 para equinócios e 21/06/17 e 21/12/17 para solstícios, nos horários das 8 h, 10 h, 14 h e 16 h. Por se tratar de uma residência, a superfície de cálculo variou em detrimento aos ambientes do programa de necessidades, sendo na cozinha e mesa de jantar no plano de 0,80m acima do piso e os demais ambientes 2,40 m acima do piso.

A primeira simulação consistiu no dia 20 de Março de 2017 correspondente à primeira data do equinócio. As linhas isográficas das 8h da manhã apresentaram apenas uma concentração luminosa na varanda devido a maior fenestração, contudo insuficiente para iluminar o restante dos cômodos mais próximos a sala de estar/jantar e cozinha. Nota-se que no quarto 02 em todas as simulações foi obtida uma menor quantidade de luz natural devido ao posicionamento da janela na extremidade. Nos horários das 10 h e 14 h houve uma maior distribuição luminosa em relação aos demais horários captados, especialmente às 16 h onde verificou-se a necessidade quase total da iluminação artificial. Vale ressaltar que para todos os horários das simulações constatou-se que nem todas as fenestrações obtiveram a entrada da luz natural conforme Figura 2.



A segunda data aferida foi o solstício de inverno no dia 21 de Junho de 2017- Figura 3. Às 8 h e às 14 h da manhã observou-se um comportamento parecido (na quantidade de lux) nos ambientes, mas insuficientes para atender a quantidade de iluminância estabelecida pela NBR 5413. Às 10 h da manhã obteve-se uma maior abrangência luminosa, porém ainda abaixo dos parâmetros encontrados nas normas para realização das atividades na cozinha e área de serviço. Às 16 h percebeu a maior perda de autonomia de luz natural em todos os cômodos.

A terceira aferição correspondeu à segunda data do equinócio, dia 23 de Setembro, na qual os isográficos das 8h e 14h da manhã apresentam comportamentos semelhantes entre si, havendo uma concentração dos índices luminosos apenas nas fenestrações – ver Figura 4. De maneira geral em todas as fenestrações não apresentaram o comportamento de forma homogênea, apresentando uma quantidade lux suficientes nos quartos nos horários das 8 h, 10 h e 14 h. Em todos os horários aferidos, a cozinha e área de serviço não apresentaram dados muito baixos e/ou negativos de iluminação natural. A quarta aferição foi solstício de verão, dia 21 de Dezembro, na qual se notou que a quantidade de lux encontrado foi próximo do diagnóstico no dia 23 de Setembro. O horário das 16 h foi o único que obteve maior quantidade de lux em ambos cenários apresentados, com 50 lux – atendendo a quantidade solicitada pela norma, mas não de forma homogênea conforme se observa na Figura 5.

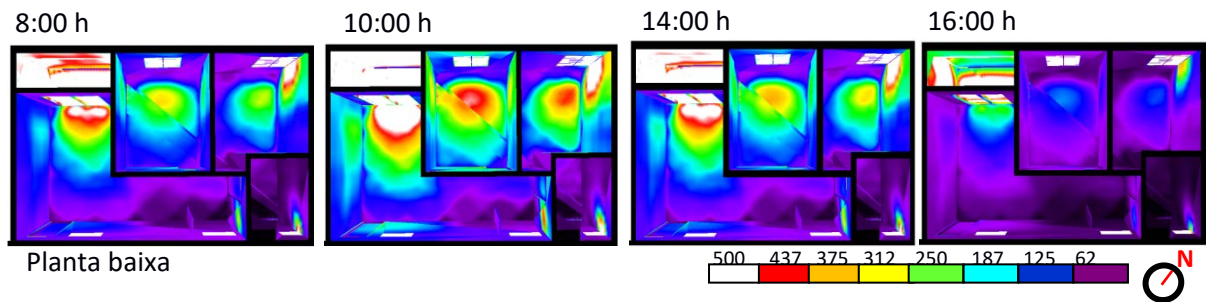


Figura 4. Simulação no Dialux do dia 23 de Setembro – Equinócio.

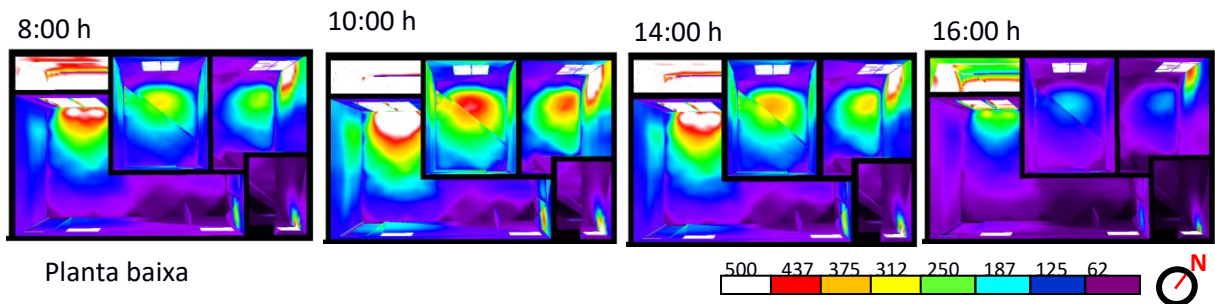


Figura 5. Simulação no Dialux do dia 21 de Dezembro - Solstício de verão.

Proposta luminotécnica

Ao constatar os resultados obtidos nas 16 simulações, observa-se a necessidade de complementação de iluminação natural para que atinja os requisitos estabelecidos pelas normas. Em virtude disto, foi proposta a inserção das estratégias bioclimáticas junto às fenestrações por meio da prateleira de luz a fim de potencializar os índices qualitativos e quantitativos luminosos – ver Figura 6.

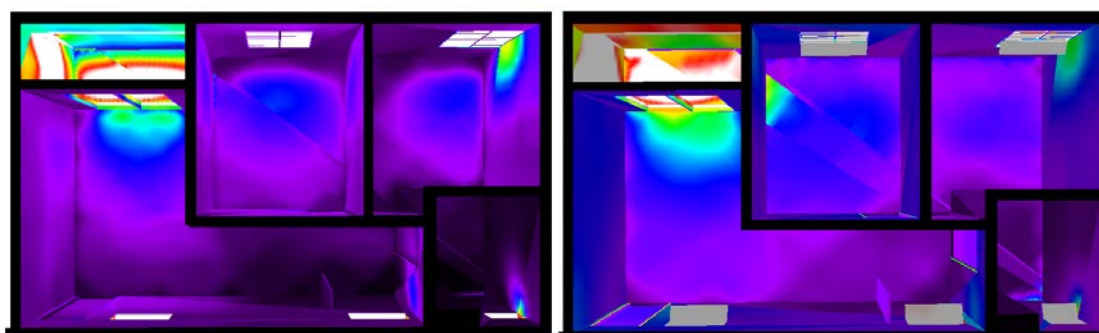
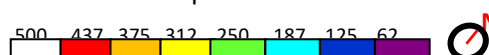


Figura 6. Comparação no dia 26 de Junho às 16h.



Fundamentando-se no estudo de Borba (2005) sobre prateleiras de luz, o dimensionamento das mesmas ocorreu de forma específica para cada cômodo, sendo calculadas pela situação mais desfavorável, dia 26/06/17, dentre as analisadas no *Dialux* – Tabela 3.

Em posse destas informações, constatou a necessidade de complementar o fluxo luminoso além da prateleira de luz, com iluminação artificial para atingir os parâmetros de homogeneidade e quantidade luminosa da NBR 5413 e NBR 15.215-3:2005.

Para a seleção de equipamentos, foi proposto lâmpadas do fabricante Philips, modelo lâmpada eletrônica Eco Twister, 20 W, fluxo luminoso de 1180, índice de reprodução de cor 80, temperatura de cor 4000 k, vida útil de aproximadamente 10 anos. A distribuição foram simuladas em consonância com a NBR 15.215-3:2005, considerando uma superfície de cálculo para cozinha e mesa de jantar 1,30 m e demais ambientes à 2,40 m ambos abaixo do forro de gesso, ver Figura 7.

Tabela 3. Prateleiras de luz.

Cômodo	Dimensão (comprimento x largura x espessura)	Inclinação (i) °
Varanda	177 x 85 x 1	30
Quartos	120 x 85 x 1	30
Cozinha	100 x 85 x 1	25
Área de serviço	100 x 85 x 1	25
Banheiro	60 x 85 x 1	25

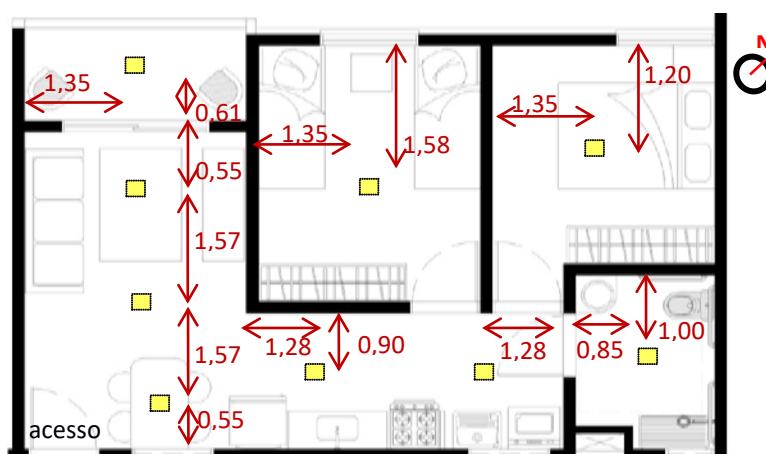


Figura 7. Distribuição das luminárias na planta baixa da residência.

No que diz respeito às especificações técnicas, houve uma preocupação em garantir redução no consumo energético sem interferir no conforto luminoso almejado como passíveis de garantir redução no consumo energético.

Análises dos consumos energéticos

Diante do rendimento da luz natural encontrado via simulações e o lançamento dos equipamentos propostos para a HIS, foi estabelecido para avaliação do consumo energético 10 horas diárias para 07 dias semanais, com acionamento total das 09 lâmpadas eletrônicas Led. A relação consumo R\$/ mês foi elaborado pelo solstício de inverno, mês de Junho, por se caracterizar a época que o Sol atinge o maior grau de afastamento angular a linha do equador, há uma taxa tarifária mensal de R\$ 0,43 centavos disponibilizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel. Assim, apropriando-se das estratégias bioclimáticas por meio das prateleiras de luz, houve uma redução do custo no consumo de energia para R\$ 30,96 reais/mês, totalizando uma diferença entre as duas formas de sistemas de R\$24,77 reais/mês – Tabela 4. Vale ressaltar que o caderno técnico da PMJP especifica-se lâmpadas eletrônicas fluorescentes modelo Philips de 20 W, fluxo luminoso de 1250 lm, soquete E 27 com vida útil de aproximadamente 1 ano ou características técnicas equivalentes.

Tabela 4. Comparativa entre consumo do sistema de uso padrão da PMJP com o proposto para residência - Junho de 2017.

Sistema	Luz Artificial (%)	W	Horas/mês	R\$/ mês
PMJP	100	180 (09 lâmpadas)	720	55,73
Novo	55,55	100 (05 lâmpadas)	720	30,96

Em termos de custo inicial do sistema, por meio de levantamento de mercado em 07 lojas do Município de João Pessoa-PB, fornecedoras das lâmpadas especificadas da Philips, permitiu uma diferença de R\$ 23,40 reais de investimento inicial. Correlacionando o investimento inicial com a vida útil do equipamento, em uma margem temporal de 10 anos, para lâmpadas eletrônicas fluorescentes foi preciso 90 unidades enquanto as do tipo Led, permanece a mesma quantidade inicial – Tabela 5.

Tabela 5. Comparativa entre as lâmpadas.

Lâmpadas eletrônicas	Custo aproximado da unidade (R\$)	Investimento inicial (R\$)	Vida útil (ano)	Unidades/ vida útil (10anos)
Fluorescentes	11,90	107,10	01	90
Led	14,50	130,50	10	09

O impacto do ~~506,147~~ investimento ~~250~~ para ~~1915,25~~ de ambos os sistemas em uma margem de 10 anos ~~permitiu uma redução de R\$ 24,77 reais~~ equiparando-o ao padrão da PMJP, além de contemplar a quantidade de iluminância estabelecida pela norma de forma homogênea sem comprometer o conforto visual dos usuários. Desta forma, correlacionando os valores utilizados na Tabela 4 com a proposta urbanística do governo – PAC (Programa de aceleração do crescimento) que contemplam 1024 unidades em uma margem de 720 horas/mês de consumo, observou-se uma diferença anual de R\$ 304.373,76 reais – Tabela 6.

Tabela 6. Comparativa entre os sistemas para o total de 1024 HIS pela PMJP.

Sistema	Unidade R\$/ mês	Total unidade R\$/ mês	Total unidade R\$/ ano	Blocos R\$/ mês	Blocos R\$/ ano
PMJP	55,73	57.067,52	684.810,24	1.783,36	21.400,32
Novo	30,96	31.703,04	380.436,48	990,72	11.888,64

Para a análise ambiental, utilizou-se o resultado de Delgado e Carvalho (2017) para a pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade da rede elétrica nacional (mix Brasileiro): 0,299 kg CO₂-eq/kWh. A Tabela 7 mostra a comparação entre as pegadas de carbono para o sistema de uso padrão da PMJP com o proposto para residência.

Tabela 7. Pegadas de carbono associadas ao sistema de uso padrão da PMJP e o proposto para residência.

Sistema	kWh/mês	Pegada de carbono (kg CO ₂ -eq/mês)
PMJP	129,6	38,75
Novo	72	21,53

Como esperado, a pegada de carbono foi proporcional ao consumo elétrico da residência. Observa-se que há uma redução de quase 45% na pegada de carbono ao comparar-se o sistema de uso padrão da PMJP e o sistema aqui proposto para a residência. Em termos anuais, há emissões evitadas de 206,64 kg CO₂-eq por residência, o que pode significar -211,6 toneladas de CO₂-eq emitidas para a atmosfera. Observa-se significativo potencial para mitigação de mudanças climáticas associadas a esta mudança no sistema de iluminação.

CONCLUSÕES

Com base nas discussões e em posse dos resultados preliminares alcançados sobre parâmetros lumínicos estáticos e dinâmicos, eficiência energética, bem como a análise do ciclo de vida e pegada de carbono, algumas considerações podem ser feitas:

- Apresentou um déficit nos níveis luminosos da luz natural de até 55,5% em relação às normas brasileiras. Constatou-se a necessidade de iluminação artificial complementar os níveis de iluminância para cada cômodo uma devido a distancia das fenestraçãoes e seus dimensionamentos prejudicam o rendimento da luz natural;
- Para o aumento da eficiência energética, a apropriação de prateleiras de luz auxiliou o desempenho da luz natural dentro das residências, mas não de forma suficiente a alcançar os níveis requeridos em norma, requerendo ainda o uso de iluminação artificial em alguns horários do dia; Além das alternativas bioclimáticas, o uso de equipamentos mais eficientes como Lâmpadas de LED resultaria em eficiência não só em menor consumo direto como maior durabilidade dos equipamentos;
- No que diz respeito à análise ambiental, foi observada uma redução de aproximadamente 45% na pegada de carbono quando comparados os sistema de uso padrão da PMJP e o sistema aqui proposto para a residência. Em números, seria uma redução de emissões de 206,64 kg CO₂-eq por residência, resultando -211,6 toneladas de CO₂-eq no total;
- A utilização de um projeto padrão residencial no município de João Pessoa é pouco recomendada nos quesitos de eficiência energética ratificando-se assim, a importância das variáveis do entorno imediato e incidência solar na implantação específica para o dimensionamento correto das fenestraçãoes.

Tendo em vista que foi apresentado no estudo, a proposta comprova a hipótese de que para haver um ganho na eficiência energética em edificações de interesse social através de

melhoria no desempenho luminoso usando alternativas para melhor uso da iluminação natural. Essa estratégia abarca o equilíbrio entre o conforto lumínico dos usuários, vida útil dos equipamentos instalados e seus impactos ambientais em relação ao consumo energético.

REFERÊNCIAS

- ABREU, H. Í. Eficiência energética de equipamentos elétricos residenciais: como reduzir o consumo de energia elétrica. **Revista científica de ciências aplicadas de FAIP**, São Paulo, 2016.
- ABIKO, A. K. Introdução à gestão habitacional. São Paulo: EPUSP, 1995. (Texto Técnico PCC, 120.
- ALBUQUERQUE, M.S.C; AMORIM, C.N.C. Iluminação natural: indicadores de profundidade limite em ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, 2012.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.215-3:2005: Iluminação Natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 5461:1991: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 5413:1992: Iluminação. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14044: gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014b.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, princípios e estruturas. Rio de Janeiro, 2014a.
- BORBA, I. M. M. **Avaliação do potencial de prateleiras de luz na distribuição da luz natural**: estudo em modelo reduzido. Paraná, 2005.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifa de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifas/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Economia e Mercado Energético**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 11 nov. 2017.
- CASTRO, G. N. **Componente de condução da luz natural em edifícios multifamiliares**. João Pessoa: UFPB, 2013.
- CARDOSO, F. F. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importancia da etapa de projeto arquitetônico**. São Paulo, 2002.
- CATÁLOGO PHILIPS. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- DELGADO, D.B.M.; CARVALHO, M. Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix. **Latin American Journal on Life Cycle Assessment**, n. 1, v. 1, 2017.
- ECOINVENT. Base de dados. 2015. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.ch>>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- ELETRONBRAS/PROCEL. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso**: Ano base 2005 - Classe Residencial. Relatório Brasil. 2007.
- FITTIPALDI, M. **Habitação social e arquitetura sustentável em Ilhéus/BA**. 2009. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus
- GUINÉE, J. B. (Ed.). **Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO Standards; LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide**. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2001.
- GUINÉE, J. B. **Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO Standards**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.

HEYWOOD, H. **101 Regras básicas para uma arquitetura de baixo consumo energético**. São Paulo: Gustavo Gill, 2015.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto Protocol**. 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

ISO 14040. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.

ISO - International Organization for Standardization. Geneva, 2006.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiencia energetica na arquitetura**. 3. ed. ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, R.; KRÜGER, E. **Avaliação do desempenho térmico de casas populares**. Fortaleza, 2015. Disponível em: <<http://infohab.org.br>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Entenda o cálculo do IDH Municipal (IDH-M)**. Organização das nações unidas. 2016. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

PRÉ CONSULTANTS. SimaPro software. 2015. Disponível em: <<http://www.simapro.nl>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

PRESTES, M. L. M. **A pesquisa e a construção do conhecimento científico: do planejamento aos textos, da escola à academia**. 2. ed. São Paulo: Rêspel, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Secretaria de Planejamento. **Caderno de especificações técnicas do bairro São José**. João Pessoa, 2010.

ROMERIO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiencia energética em edifícios**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2012.

TRIGUEIRO, A. **Cidades e soluções: como construir uma sociedade sustentável**. São Paulo: Leya, 2017.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: Vitruvius, 2001.