RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

EDIFÍCIO COMERCIAL NET ZERO ÁGUA E ENERGIA – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE SÃO PAULO.

NET ZERO WATER AND ENERGY COMMERCIAL BUILDING – A CASE STUDY IN THE CITY OF SÃO PAULO.

Sérgio Eduardo Palmiere[1], Luis Alberto Martinez Riascos[2]

Submetido em: 18/08/2021 e28632
Aprovado em: 16/09/2021 https://doi.org/10.47820/recima21.v2i8.632

RESUMO
A atual situação pandêmica de Covid19 no Brasil, agravou questões referentes ao preço da energia, disponibilidade de água, custo dos alimentos, e do exercício do trabalho em ambientes contaminados conhecidos por síndrome do edifício doente. Os atuais estudos de Edifícios Net Zero Água e Energia (ENZAE), realizados no mundo, podem ser uma solução para diversos problemas atuais e outros por vir, com o aumento da população mundial. O Brasil carece de estudos e pesquisas sobre ENZAEs. Este trabalho aplica uma metodologia para projeto de ENZAEs em um estudo de caso de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo, procurando entender seus aspectos técnicos, impactos locais e suas limitações.

PALAVRAS-CHAVE: Edifícios Sustentáveis. Edifícios Verdes. Edifícios Net Zero. Edifícios Eficientes

ABSTRACT
The current pandemic situation of Covid19 in Brazil has aggravated issues related to energy costs, availability of water, food price, and the exercise of work in contaminated environments know as sick building syndrome. The current studies of Net Zero Water and Energy Buildings (ENZAE) can be a solution to several current problems and others to come, with an expected increase on the world population. Brazil lacks studies and research on ENZAEs. This work applies a methodology for the design of ENZAEs in a case study of a commercial building located in the city of São Paulo, seeking to understand its technical aspects, local impacts and limitations.

KEYWORDS*: Sustainable Buildings. Green Buildings. Net Zero Buildings. Energy Efficiency Buildings*

INTRODUÇÃO

Em 2021, o quadro brasileiro energético com índice de chuvas menor do que o esperado, acionamento das usinas termoelétricas mais caras e poluentes para manter o suprimento de energia, e a adoção e aumento do custo da bandeira vermelha 2 em uma época em que a economia ainda se recupera devido a pandemia de Covid19, impacta negativamente empresas e usuários residenciais, visto que o consumo de eletricidade em edificações representa 52% de toda a eletricidade produzida no Brasil [1]. Estudos realizados pela Organização das Nações Unidas (ONU) indicam, contudo, que esta situação entre outras deve piorar em alguns anos, considerando que até 2050 a população mundial poderá crescer até 9,7 bilhões, com 70% deste total vivendo em grandes cidades e demandando um aumento de 70% no consumo de alimentos. Este novo panorama poderá

[1] Universidade Federal do ABC - UFABC
[2] Universidade Federal do ABC - UFABC

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

representar problemas de abastecimento de água, energia, alimentos, danos ambientais, pobreza, e segurança pública [2-4].

Diante dos problemas apresentados, os edifícios verdes dos quais os Edifícios Net Zero (ENZ) fazem parte, foram idealizados de modo a reduzir os impactos ambientais, diminuir as emissões de CO_2, e reduzir o consumo de energia e água. Os edifícios projetados para captar águas pluviais, reutilizar águas cinzas, tratar localmente águas negras, e garantir a qualidade da água antes de seu descarte no solo é chamado de Edifício Net Zero Água (ENZA). Já os edifícios projetados para gerar localmente, de forma renovável toda a energia que consumirão ao longo de um ano, são chamados de Edifícios Net Zero Energia (ENZE). De maneira geral. Um ENZE pode ser obtido com significativa redução de seu consumo e geração local feita quase que exclusivamente por painéis fotovoltaicos (MF) [5], visto que outras tecnologias como geração eólica, não provaram sua aplicabilidade quando aplicados a edifícios [6-7], e a geração por meios que emitam CO_2, como a biomassa, não são recomendados [8-9]. Atualmente existe uma única certificação para ENZ conhecida como *Living Building Challenge* (LBC), é oferecida pelo programa de certificação *International Living Future Institute* (ILFI), [10-11]. No Brasil os ENZ se restringem a residências de pequena altura com MFs instalados e conectados à rede de abastecimento externo [12].

O consumo consciente de recursos vitais como energia e água é um aspecto fundamental no projeto de um ENZ. Estima-se que os edifícios mundialmente consumam quase 40% de toda a energia primária [13], 12% da água potável e 40% dos agregados naturais [14], sendo que em um edifício comercial 48% do consumo final é representado pelo sistema de climatização *Heating Ventilation Air Conditioning* (HVAC), 24% iluminação, 15% equipamentos e 13% outras cargas [15]. A adoção de estratégias de eficiência energética e arquitetura bioclimática permite reduzir o consumo de edifícios existentes em até 50% [16], reduzindo consequentemente as emissões de CO_2 na atmosfera, que no Brasil equivalem a 34,169 milhões de toneladas ao ano [17]. As emissões de CO_2 associadas à geração elétrica no Brasil podem ser consideradas baixas, visto que esta é feita em sua maioria por sistemas renováveis (82,9%), como hidrelétricas, biomassa, eólica, e solar [18]. De modo geral, pode-se reduzir o consumo do sistema de iluminação em até 77% ao se adotar estratégias de iluminação híbrida [19-20], 5%-60% de redução no sistema de transporte constituído por elevadores e escadas rolantes [21-22], e 25%-45% de redução no sistema HVAC ao se adotar um melhor posicionamento e projeto do envelope do edifício, embora literaturas técnicas [23] indiquem que o uso do sistema de climatização artificial no Brasil é realmente necessário em apenas algumas cidades do Norte e do Nordeste, podendo ser substituído por estratégias de arquitetura bioclimática nas demais localidades. Pesquisas realizadas por Givoni [24], indicam que a faixa de temperatura de 20ºC a 23ºC, considerada e adotada como ideal para o conforto térmico interno de um edifício [25], pode ser substituída por maiores variações de temperatura, recomendando-se para o Brasil a faixa de 18ºC a 29ºC, e umidade relativa entre 20% a 80%, visto que o organismo humano pode se adaptar e estar em conforto térmico, dependendo de variáveis como variação da temperatura externa, atividade metabólica e isolação térmica das roupas dos usuários. Givoni também sugere que

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

diferenças regionais fazem com que as pessoas possuam diferentes interpretações sobre qual a faixa ideal de temperatura para conforto térmico. Por fim, os equipamentos internos agregados como computadores, impressoras, máquinas de café, monitores, televisores, dentre outros, devem ser os mais eficientes possíveis e compartilhados, quando possível a exemplo de impressoras e máquinas de café, de modo a reduzir ao máximo o consumo de eletricidade [26]. Embora a adoção de tecnologias mais eficientes sugira um aumento no custo de construção de um ENZE, um estudo recente indica não haver diferenças significativas no custo final [10].

Em relação ao consumo de água, no Brasil as perdas médias no abastecimento devido a danos na tubulação e ligações ilegais equivalem a 40%, um péssimo indicador considerando que as Nações Unidas consideram perdas de 10% como aceitáveis, e que o tratamento e distribuição de água consome mundialmente 7% de toda energia produzida, aproximadamente 3,44 bilhões de kWh [27-28]. Outro indicador alarmante se refere a contaminação do meio ambiente, lençol freático, e alimentos por águas de esgoto, visto que mundialmente 80% da água é descartada sem passar por nenhum tipo de tratamento [29], ocasionando 2,5 bilhões de casos de diarreia em crianças menores de 5 anos, e 1,5 milhões de mortes por ano [30]. Desta forma, estratégias NZA impactam positivamente questões do consumo, tratamento, e descarte de água, além de problemas de alagamentos gerados por pouca infiltração de água no solo, um problema comum das grandes cidades devido à alta pavimentação. Outro aspecto importante a respeito de estratégias NZA se refere a prevenção e combate a incêndios. Embora existam poucos relatos sobre incêndios em edifícios sustentáveis, considerando que apenas 5% a 10% das cidades brasileiras possuem grupamentos de corpo de bombeiros [31-32], o rígido projeto de um ENZAE para se atingir as metas NZE e NZA, força o projetista a tomar todos os cuidados necessários de modo a garantir a segurança contra incêndios. A falta de uma lei federal de combate a incêndios, obriga os empreiteiros a seguir leis estaduais e municipais, as quais em sua grande parte são muito antigas e desatualizadas, criando situação de risco indesejado [32].

Um Edifício Net Zero Água e Energia (ENZAE), apresenta-se como uma solução para mitigar problemas de abastecimento de energia e água, recuperar terrenos contaminados e garantir sua correta drenagem, assegurando o conforto térmico de seus usuários além de sua segurança na prevenção e combate a incêndios. Atualmente o Bullitt Center é a principal referência de ENZAE no mundo e começou a operar no final de 2013, na cidade de Seattle no Estados Unidos. O Bullitt Center é um edifício comercial com 6 andares, capaz de gerar toda a eletricidade de que precisa, e captar águas pluviais para seu consumo, tratando localmente seus resíduos úmidos e secos, ele também utiliza banheiros secos cujos dejetos são compostados. O edifício possui um EUI (*Energy Intensity Use*) de 12kWh/m^2/ano, e é 83% mais eficiente do que edifícios similares na cidade de Seattle, possuindo uma estimativa de vida de 250 anos, teve um custo de US$ 18,5 milhões [33].

Atualmente no Brasil não existe nenhuma norma que trate a respeito do projeto de ENZAE. Este trabalho aplicou uma metodologia [34], que considera o decreto 63.911 [35], a lei de zoneamento 16.402 [36], que rege a cidade de São Paulo, as normas brasileiras registradas (NBR)

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

sobre conforto térmico em edificações [37-39], e a certificação LBC [11]. Cinco indicadores são essenciais no projeto de um ENZAE, são eles:

- Gerar localmente 105% da energia a ser consumida, proibindo-se adotar sistemas que emitam CO_2,
- Captar e tratar localmente toda a água a ser utilizada, com exceção de água para ingestão humana e para atender o sistema de combate a incêndios,
- Produzir localmente uma pequena quantidade de alimentos,
- Garantir o conforto térmico dos usuários,
- Tratar todos os resíduos gerados.

O objetivo deste trabalho é determinar os aspectos técnicos de projeto de um edifício net zero água e energia, impactos locais e limitações, utilizando uma metodologia criada para projeto de ENZAEs em um estudo de caso de um edifício comercial de médio porte, adaptado para o clima da cidade de São Paulo.

Nomenclatura

L	espessura do material (m)
K	condutividade do material (W/ K m)
ρ	densidade do material (kg/m^3)
Cp	calor específico do material (J/ kg K)
V	volume útil (litros)
N	população
C	contribuição de despejos (litros/pessoaxdia)
T	período de detenção da água
K	taxa de acumulação de lodo digerido
Lf	contribuição de lodo fresco
W_{el}	Potência instalada (kWh/dia)
Ar	Área da instalação (m^2)
E_{day}	Radiação solar (1kW/m^2)
K_{eff}:	Eficiência do módulo

AB	Arquitetura bioclimática
BET	Bacia de Evapotranspiração
CSV	Comma Separated Value
DOE	US Department of Energy
ENZ	Edifício Net Zero
ENZA	Edifício Net Zero Água
ENZE	Edifício Net Zero Energia
ENZAE	Edifício Net Zero Água e Energia
HVAC	Heating Ventilation Air Conditioning
EUI	Energy use intensity kWh/m^2/yr
ILBI	International Living Building Institute
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética
LBC	Living Building Challenge
MF	Módulos Fotovoltáicos
NZA	Net Zero Água
NZE	Net Zero Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
SDK	Software Development Kit
DPI	Densidade de Potência da Iluminação

1 METODOLOGIA

A metodologia se divide em cinco fases: pré-projeto, projeto, construção, funcionamento e desconstrução. Durante a fase de pré-projeto, deve-se escolher o terreno de construção, dando preferência para áreas urbanas chamadas de *greyfields* ou locais urbanos contaminados conhecidos por *blackfields*, assim como levantar dados sobre o perfil de ocupação do solo, altura permitida, recuos exigidos, e demais determinações legais, para então iniciar o projeto. Durante a fase de projeto (figura 1), de acordo com a quantidade máxima de energia que pode ser gerada localmente por meio de MFs, são configurados e definidos a eficiência dos equipamentos, iluminação, transporte e HVAC. Caso a geração seja igual ou maior do que 120% do valor esperado de consumo, adota-se área de telhado verde em parte da área de cobertura. Quando o consumo exceder a geração local,

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

deve-se considerar adotar MFs em áreas adjacentes, e quando estes ainda forem insuficientes, reduzir a altura desejada, até que se garanta uma geração igual ou próxima de 105% do valor esperado de consumo.

A determinação dos valores de consumo do edifício, conforto térmico interno, e estudo de estratégias de eficiência energética aplicam o programa gratuito *Energyplus* [39], criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), e validado por diversos pesquisadores [41-44]. De modo a facilitar a criação da envoltória do edifício, utiliza-se o programa de desenho 3D, *SketchUp* [45], o qual possui uma licença *Make* para uso não comercial, e um Software *Development Kit* (SDK), chamado *Openstudio* [46], para integrar os dois programas anteriores, além de facilitar a inserção de dados e obtenção de diversos relatórios. O levantamento da quantidade de energia a ser gerada localmente por meio de MFs, utiliza o plugin comercial do *SketchUp* chamado *Skelion* [47]. Os estudos de estratégias bioclimáticas melhor adaptadas para o clima da cidade de São Paulo, aplicam o programa gratuito *Climate Consultant* [48], fornecido pela Universidade da Califórnia. Por fim, análise da quantidade de água pluvial passível de ser captada na área de cobertura aplicou o programa gratuito Netuno [49], fornecido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE).

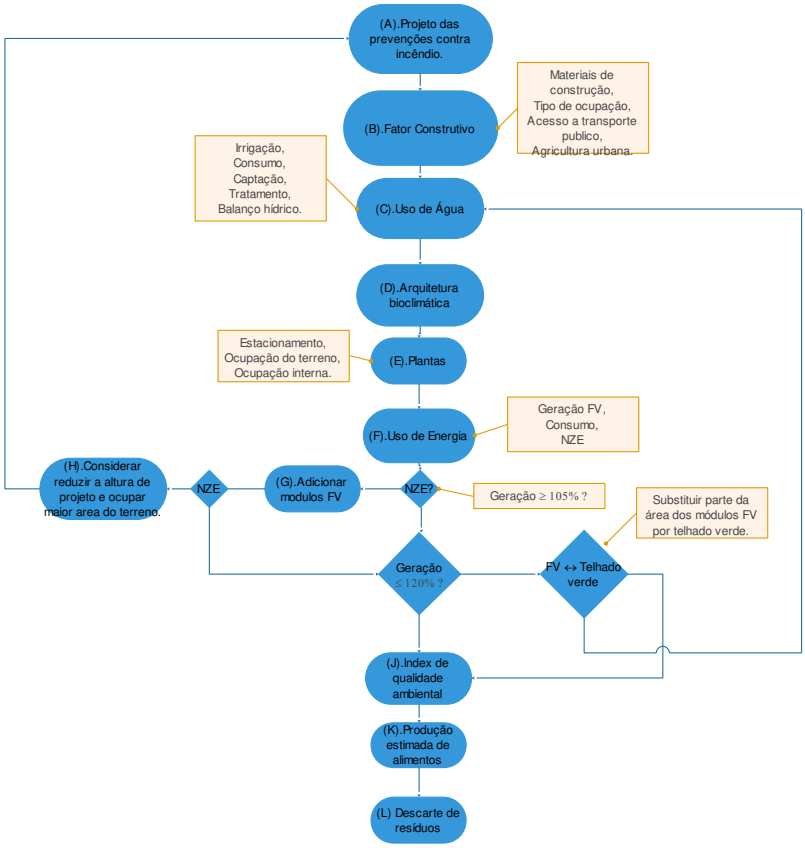

Fig. 1 – Etapas de projeto.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

2 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso consiste de um edifício comercial com 5 andares, contendo um minishopping no andar térreo e localizado na Rua Dr. Afonso Vergueiro 104, Vila Maria, na cidade de São Paulo. A cidade de São Paulo possui 1.521.11 km^2, e sua topografia é dominada por colinas com 600 a 900 metros de altura [50], possuindo uma população aproximada de 12 milhões de habitantes. A cidade se classifica como CWa pela classificação de *Köeppen*, possuindo ventos médios de 1,5m/s, e temperatura média anual de 20,3ºC, embora o efeito das ilhas de calor ocasionado pela grande concentração de edifícios crie uma diferença de até 10ºC entre o centro da cidade e os subúrbios [51].

2.1. PRÉ PROJETO

O terreno escolhido é uma antiga fábrica de elevadores com 7.250 m^2 e próximo a uma área contaminada, indicada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [52]. O local também consta como próximo a uma área de alagamentos. A ferramenta Maps do Google (figura 2), foi usada para uma melhor visualização da área do terreno, e estimar corretamente suas dimensões.

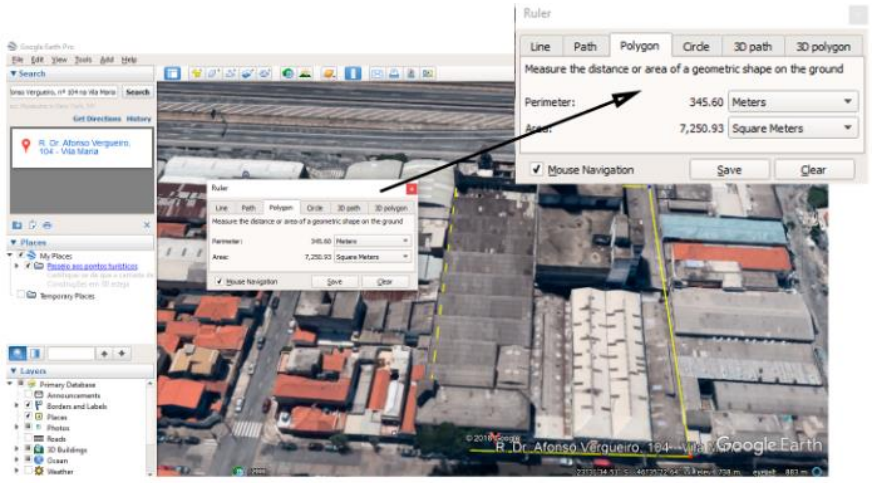

Fig. 2 – Informações do terreno (fonte: Google Maps).

A lei de zoneamento paulistana [36] permite uma ocupação de até 70% da área total do terreno, com uma construção até 2 vezes a dimensão total, e altura limite de 48 metros. O edifício deverá possuir 5 metros de recuo frontal e 3 metros de recuo lateral e traseiro. Os 30% restantes da área de terreno deverão garantir uma correta drenagem das águas pluviais, aconselhando-se a adoção de jardins ou áreas arborizadas. Outras informações pertinentes sobre o local escolhido, áreas circundantes, serviços próximos disponíveis e meios de acesso ao transporte público foram obtidas em um mapa digital disponibilizado pela prefeitura [53]. O local apresenta fácil acesso a uma ciclovia e ao transporte público feito por ônibus, e acesso à rede de abastecimento externo de água.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Embora seja possível captar e tratar águas pluviais para ingestão humana, de acordo com o parágrafo 6 do artigo 80 da Lei 16.402, as águas captadas provenientes das coberturas das edificações não poderão ser utilizadas para consumo humano, lavagem de alimentos ou banho, já as águas pluviais para fins não potáveis estão a cargo do projetista, segundo a NBR 15.527 de 2007 [54]. Desta forma, as águas destinadas para ingestão devem ser fornecidas pela rede de abastecimento externo, assim como a água para combate a incêndios, por critérios de segurança. Águas subterrâneas poderão ser utilizadas para complementar o nível da cisterna, contudo deve-se obter uma licença junto à prefeitura.

O grupamento de bombeiros mais próximo se encontra a 700 metros do local [53]. A análise do terreno mostra que os edifícios próximos possuem distância de separação adequada, não afetando o combate a incêndios no local e nem facilitando a proliferação do fogo entre edifícios. De igual maneira, a altura desejada para o edifício com 5 andares não irá interferir no acesso à luz solar dos edifícios próximos.

Os impactos ambientais estimados com o projeto são considerados positivos, contribuindo para aumentar a área de drenagem do solo, captando águas pluviais que causam alagamentos em área próxima, e introduzindo um jardim e área verde, que auxiliam na captação de CO_2 na atmosfera. Os impactos econômicos são considerados altos com a criação de empregos e serviços. Por fim, os impactos sociais são considerados baixos, disponibilizando panfletos e palestras sobre sustentabilidade.

2.2. PROJETO

A altura total do edifício foi definida em 17 metros, com 4 andares com pé direito de 3 metros e o último pavimento com pé direito de 5,1 metros para acomodar a sala de máquinas dos elevadores. A área construída total será de 14.498 m^2, com cada pavimento possuindo 2.900 m^2. A altura do edifício junto com informações como tipo de ocupação e carga de incêndio a qual representa materiais combustíveis trazidos para o interior, definem as proteções contra incêndio requeridas. Devido ao projeto possuir duas funções distintas como escritórios e shopping, de acordo com o Decreto Estadual 63.911 nas ocupações mistas, para determinação das medidas de segurança contra incêndio a serem implantadas, adota-se o conjunto das exigências de maior rigor para o edifício como um todo. A altura pretendida coloca o projeto como de média altura ($12 < H < 23$ metros), e os requisitos para escritórios são mais rigorosos, sendo adotadas para todo o edifício, o qual deverá apresentar: segurança estrutural, compartimentações verticais e horizontais, controle dos materiais de acabamento, saídas de emergência, plano de emergência, brigada de incêndio, luzes de emergência, detector de fumaça, alarme de incêndio, extintores e mangotinhos, além de possuir pavimentação em sua entrada capaz de suportar até 25 toneladas, correspondente ao peso de um veículo do corpo de bombeiros. Os materiais de construção impactam as proteções contra incêndio, devendo de acordo com a instrução técnica 08 - Resistência ao fogo dos materiais de construção [55], garantir uma resistência ao fogo igual ou maior do que 60 minutos antes de seu colapso

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

estrutural total. Estes materiais construtivos também não poderão estar listados na lista vermelha da LBC, que consiste de produtos que prejudicam o meio ambiente, e eliminam a possibilidade de se obter uma certificação pela ILBI. Para cada material construtivo adotado, devem ser levantados dados técnicos que permitam sua simulação no *Energyplus*. A tabela 1 mostra os materiais construtivos que compõem cada estrutura do edifício simulada no *Energyplus*, e as tabelas 2 e 3 extraídas da biblioteca de materiais do programa, mostram suas propriedades térmicas.

Tabela1: Materiais de construção por tipo de estrutura.

Baseline		**ENZ**	
Superfície	***Material***	***Superfície***	***Material***
Telhado	*Concreto pesado*	***Telhado***	*Membrana isolante*
			Concreto pesado
Teto	*Piso cerâmico*	***Teto***	*Piso cerâmico*
	Concreto leve		*Concreto leve*
Piso Interior	*Concreto leve*	***Piso Interior***	*Concreto leve*
	Piso cerâmico		*Piso cerâmico*
Piso Exterior	*Concreto pesado*	***Piso Exterior***	*Concreto pesado*
Parede Externa	*Argamassa*	***Parede Externa***	*Argamassa*
	Concreto leve		*Concreto leve*
	Argamassa		*Argamassa*
Parede Interna	*Argamassa*	***Parede Interna***	*Argamassa*
	Tijolo		*Tijolo*
Janela	*Vidro translucido 3mm*	***Janela***	*Vidro verde 3mm*

Tabela 2: Características térmicas dos materiais de construção.

Material	**Rugosidade**	***L (m)***	***K (W/m.K)***	***ρ (kg/m³)***	***Cp (J/kg.K))***
Membrana isolante	Muito rugoso	*0,0095*	*0,16*	*1121*	*1460*
Concreto leve	rugoso	0,25	0,53	1280	840
Concreto pesado	rugoso	0,25	1,95	2240	900
Argamassa	rugoso	0,0025	1,15	2000	1000
Tijolo	rugoso	0,25	0,89	1920	790
Piso cerâmico	rugoso	0,010	1,8	2560	790
Azulejo	rugoso	0,02	1,79	1922	1040

Onde:
L: espessura do material.
K: condutividade térmica do material.
ρ: densidade do material.
Cp: calor específico do material

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Tabela 3: Características térmicas do vidro translúcido 3mm.

Dados	Transparente 3mm	Verde 3mm
Espessura (m)	0,003	0,003
Transmitância solar	0,837	0,635
Refletância solar	0,075	0,0632
Transmitância a luz visível	0,898	0,822
Refletância a luz visível	0,081	0,075
Emissividade	0,84	0,84
Condutividade (W/m.K)	0,9	0.9
Fator Solar (%)	85	72

A quantidade de ocupantes do edifício pode ser calculada conforme metodologia apresentada na NBR 5665 – Cálculo do tráfico de elevadores [56], sendo um fator muito importante na determinação do consumo de água, energia, e resíduos gerados. Estima-se uma pessoa para cada 7m^2 de área de piso para ambiente de escritórios e outra para cada 4m^2 no ambiente de shopping centers, considerando uma redução de 10% da área construída referente à área de circulação. Para uma área útil de 11.598,4m^2, a ocupação estimada é de 1.491 pessoas nos escritórios e 652 pessoas no ambiente do shopping center, não havendo neste estudo diferenciação entre população fixa e variável correspondentes a funcionários e clientes. Adotou-se que 55% dos ocupantes seriam do gênero masculino e 45% do gênero feminino, seguindo recomendações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE [57]. Serão necessários 3 elevadores com capacidade para 17 passageiros cada, para atender aos usuários [58].

Para a estimativa do consumo de água foram também determinadas as hortaliças a serem plantadas, suas respectivas áreas parciais, e suas necessidades individuais de irrigação, optando-se por culturas melhores adaptadas para o clima local. De acordo com [11], o projeto deve reservar 2% da área total do terreno para agricultura urbana, correspondente a 145m^2, dos quais as culturas de brócolis, pimenta, tomate, e berinjela ocuparão 30m^2, e beterraba 25m^2. A área ocupada por cada cultura e sua evapotranspiração diária [59-60], serviram para o cálculo do volume de irrigação, considerando um sistema de inundação menos eficiente com índice de 63%, requerendo um volume diário de água de 122,5 litros. O cálculo do consumo de água para atender aos usuários foi feito analisando os dispositivos hidráulicos presentes, seu tempo de uso e seu volume gasto, conforme mostrado na tabela 4 adaptada de [14], a qual mostra valores diferentes dependendo do gênero do usuário. O cálculo realizado difere do recomendado pela norma técnica da Sabesp [61], onde estima-se 50 litros diários per capita para ambientes de escritórios e 5 litros por m^2 para ambientes de mercados e shopping centers, com o intuito de encontrar maior precisão na criação de um balanço hídrico, conforme recomendado por [14]. A tabela 5 apresenta dois consumos diários de água estimado por gênero, e eficiência de equipamentos hídricos similares, como diferentes tipos de torneiras e vasos sanitários apresentados na tabela 4. Para o volume total estima-se uma porcentagem adicional de 5%, referente a serviços gerais.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Tabela 4: Perfil de uso de água por gênero (fonte: Kibert, 2013).

Equipamento	Uso Homem	Uso Mulher	Tempo de uso	Litros por descarga	Litros por minuto
Vaso sanitário comum	1	3	1 descarga	6,06	-
Vaso sanitário eficiente por pressão	1	3	1 descarga	3,79	-
Urinol	3	0	1 descarga	3,79	-
Urinol seco	3	0	-	-	-
Pia lavatório	4	3	15 segundos		8,33
Pia lavatório eficiente	4	3	15 segundos		6,81

Tabela 5: Estimativa do Consumo de Água.

	Equipamentos Comuns			Equipamentos Eficientes		
Gênero	Homem	Mulher	Cons. Final	Homem	Mulher	Cons. Final
Lavatório	9.896	5.959,2	15.855,2	7.128	4.297,5	11.425,5
Toilet	7.199,3	17.362	24.561,3	4.502,5	10.858,35	15.360,87
Irrigação			122,5	-	-	122,5
Serviços Gerais			2.027	-	-	1.339,31
Total			42.443,45	-	-	28.248,19

O programa Netuno foi configurado com uma planilha no formato CSV (*comma separated values*) com dados de 27 anos de precipitação de chuvas (1940-1967), extraído do Departamento de Água e Energia do Estado de São Paulo [62]. O programa determinou que um reservatório com 80.000 litros é capaz de suprir 7.200 litros de água diariamente. De forma a analisar as melhores estratégias de uso das águas pluviais para atender as necessidades de consumo do edifício, foi criado um balanço hídrico mostrado na figura 3, que contempla o uso de águas subterrâneas e cinzas. Serão necessários 3.056,29 litros de água subterrâneas para complementar as águas pluviais que serão utilizadas nas pias dos lavatórios. A água pós uso nas pias chamada de águas cinzas serão usados nas descargas dos vasos sanitários, recebendo uma complementação de 3.935,37 litros de águas tratadas durante um período de 10 dias em uma bacia de evapotranspiração (BET). O volume necessário para serviços gerais como limpeza de ambientes e fachada, equivalentes a 1.339,32 litros também será abastecido pela BET, sendo descartados diariamente no solo 18.227,05 litros. Visando eliminar riscos de contaminação das hortaliças cultivadas no local, a água para irrigação virá diretamente da cisterna.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

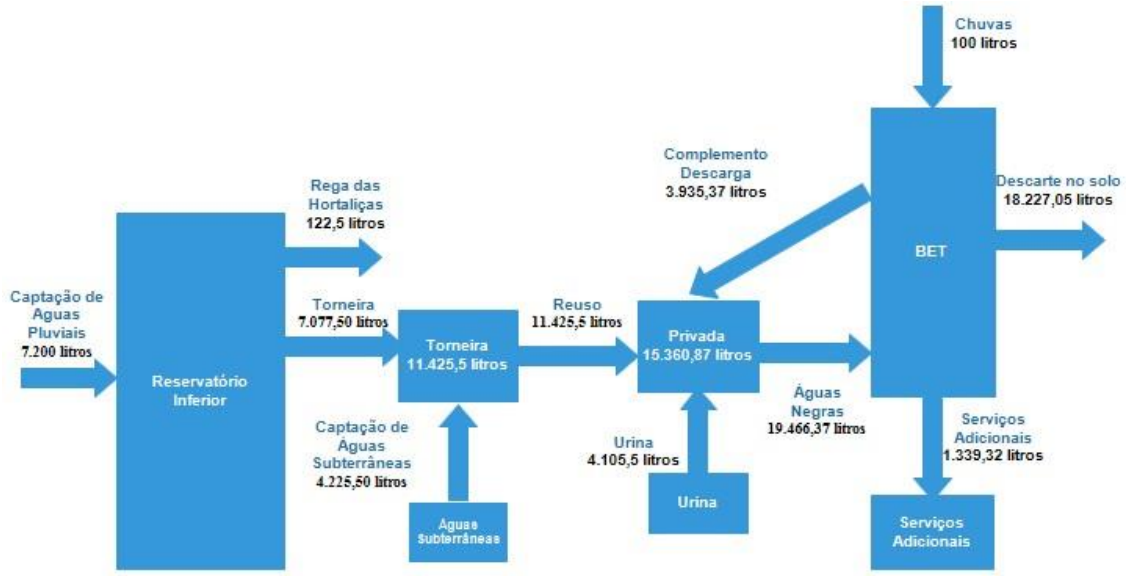

Fig. 3 – Balanço hídrico.

A BET deverá ser capaz de conter um volume de 765.151 litros, ocupando uma área de 795,15m^3 [63]. As dimensões da BET foram determinadas utilizando a equação 1 onde o valor 100 se refere a um volume adicional vindo de chuvas.

$$V = 100 + N\ x\ (CT + KLf) \quad (1)$$

Onde:
V: volume útil (litros);
N: população = 2,143;
C: contribuição de despejos (litros / pessoa x dia) = 14;
T: período de detenção = 10 dias;
K: taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco = 217;
Lf: contribuição de lodo fresco em litros / pessoa x dia = 1.

A seguir foram determinadas as melhores estratégias de AB a serem adotadas no projeto com o programa *Climate Consultant*, realizando uma análise no arquivo climático da cidade de São Paulo BRA-São Paulo - Congonhas 837800_TRY.epw, disponível em [40]. Este arquivo climático é o mesmo a ser utilizado nas simulações posteriores com o *Energyplus*. O *Climate Consultant* também permite a criação da rosa dos ventos, e da carta solar usada para projeto de sistemas de sombreamento passivos, como brises, marquises e pergolados. O programa indicou que as melhores estratégias de AB a serem adotadas no projeto são: adoção de ventilação natural e ventilação cruzada na orientação leste para oeste, adoção de fachada verde na orientação norte, adoção de sombreamentos passivos nas orientações norte, leste e oeste, e adoção de janelas operáveis pelos usuários.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

A etapa de desenho das plantas de projeto, feita a seguir, permite uma melhor visualização da distribuição dos espaços no terreno (figura 4) e do ambiente interno do edifício (figura 5). O espaço de estacionamento será do tipo subterrâneo, e foi calculado com base em [36], adotando uma vaga de veículos a cada 75 m^2 de área construída equivalentes a 192 veículos, das quais 10 vagas deverão ser capazes de atender a veículos de grande porte. Também será necessário a construção de um bicicletário capaz de atender uma vaga de bicicleta a cada 250 m^2, equivalentes a 58 bicicletas. Este bicicletário ficará alocado na superfície em área adjacente ao prédio, próximo de um estacionamento de motocicletas não requerido por lei.

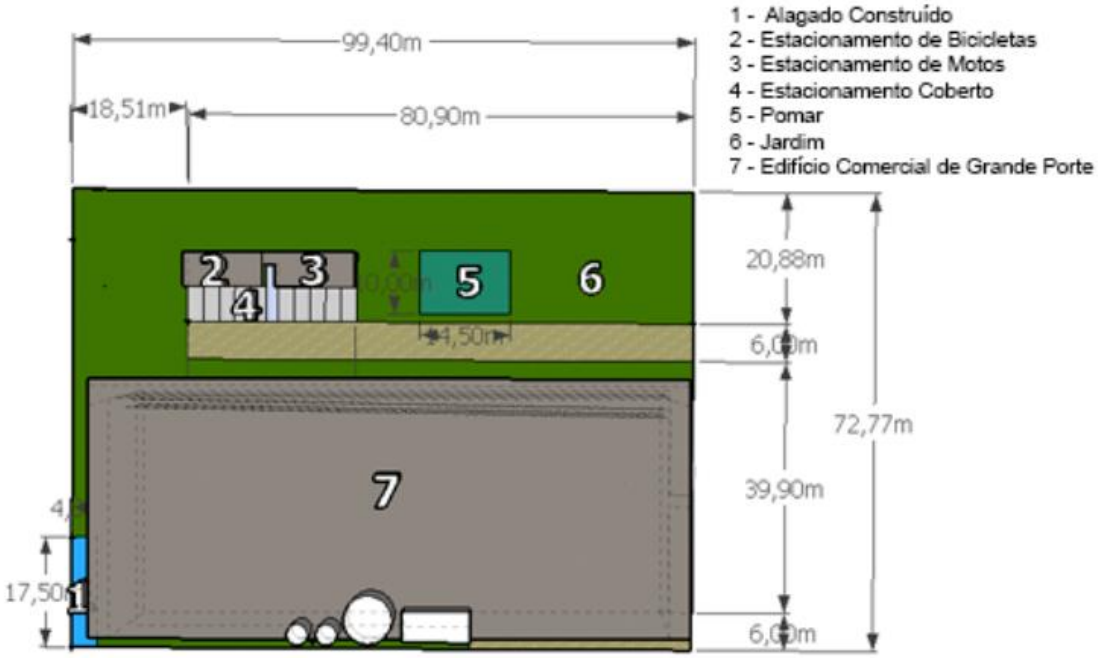

Fig. 4 –Perfil de ocupação do terreno.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

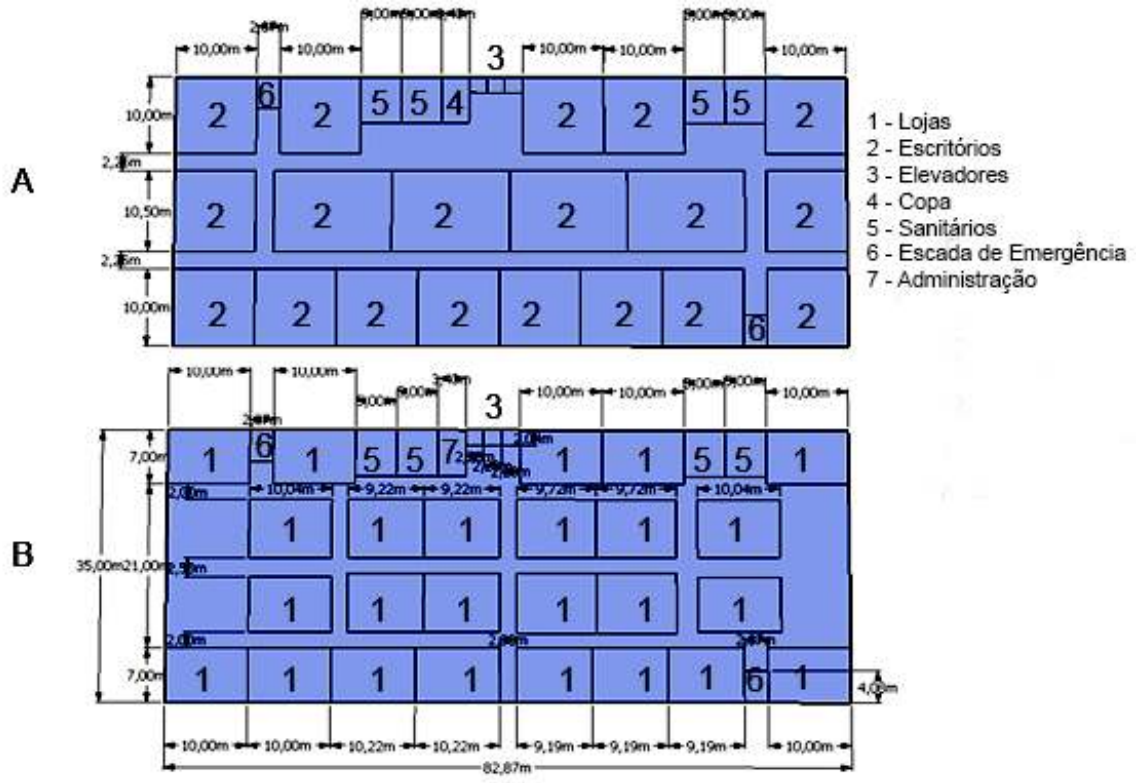

Fig. 5– A planta interna dos escritórios -B planta interna do shopping.

O módulo SPR-400-WHT-D, fabricado e fornecido pela empresa *SunPower* e capaz de gerar até 400W, foi alocado na área de cobertura com ângulo de 5º na orientação norte, permitindo a instalação de até 1.033 módulos. Os cálculos realizados com a equação 2 para validação dos resultados da simulação consideraram perdas equivalentes a 14,08% referentes a sombreamento, poeira sobe os módulos, e eficiência do inversor de frequência de 96%. A geração anual calculada pelo Skelion é de 520.860,81 kWh, e pela equação 2, já considerando as perdas de 743.571 kWh, validando os resultados obtidos.

$$W_{el} = Ar \times E_{day} \times K_{eff} \qquad (2)$$

Onde:
W_{el}: potência instalada (kWh/day);
Ar: Área da instalação (m^2);
E_{day}: radiação solar (kW/m^2);
K_{eff}: eficiência do módulo.

A seguir foi realizado o modelamento 3D do edifício, necessário para simulação e determinação do consumo energético e do conforto térmico interno. Foram definidas 46 zonas térmicas, agregando espaços por características semelhantes, considerando que as lojas e o corredor do andar térreo formariam uma única zona térmica, assim como os escritórios próximos às

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

fachadas, e os escritórios centrais formariam zonas distintas. A tabela 6 mostra as porcentagens de ocupação, da potência de iluminação e dos equipamentos por área de piso, configurados nas simulações baseline e NZE. O sistema de iluminação considerou uma densidade de potência menos eficiente para o baseline e outra mais eficiente para o modelo NZE, como recomendado por [64].

Tabela 6: Potência por área de piso da ocupação, iluminação e equipamentos.

Espaço	Pessoa/m^2	Equipamento Baseline W/m^2	Equipamento NZE W/m^2	Iluminação Baseline W/m^2	Iluminação NZE W/m^2
Escritórios	0,322	6,88	3,5	14,1	8,9
Area circulação	0,0105	1,72	3,26	16,8	11,6
Sanitários	0,02	0,75	0	9,6	6,6
Lojas	0,072	5,62	2,75	21,9	15,1
Copa	0,538	48	48	13,9	1,55

A simulação do edifício baseline mostrado na figura 6_A, apresentou um consumo total de 2.249.492,25 kWh/ano, constituído por iluminação com 1.003.922,19 kWh/ano, HVAC com 802.219,42 kWh/ano, equipamentos com 424.372,21 kWh/ano e sistema de transporte com 18.978,42 kWh/ano.

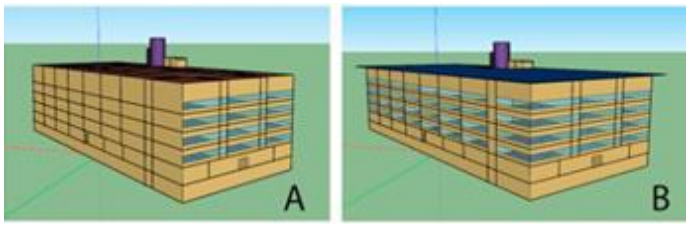

Fig. 6_A – Envelope do Edifício Baseline. B Envelope do Edifício Proposto.

De modo a reduzir o consumo, 6 estratégias foram consideradas e avaliadas quanto ao seu impacto total e parcial no consumo, apresentadas na figura 7, são elas: adoção de melhor densidade de potência de iluminação indicada por [64], adoção de iluminação híbrida com dimerização da iluminação, adoção de uma parede verde na fachada norte com folhagem caduca no inverno, adoção de ventilação natural pela abertura de janelas, adoção de iluminação led, e uso de ventilação noturna para resfriamento do edifício.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

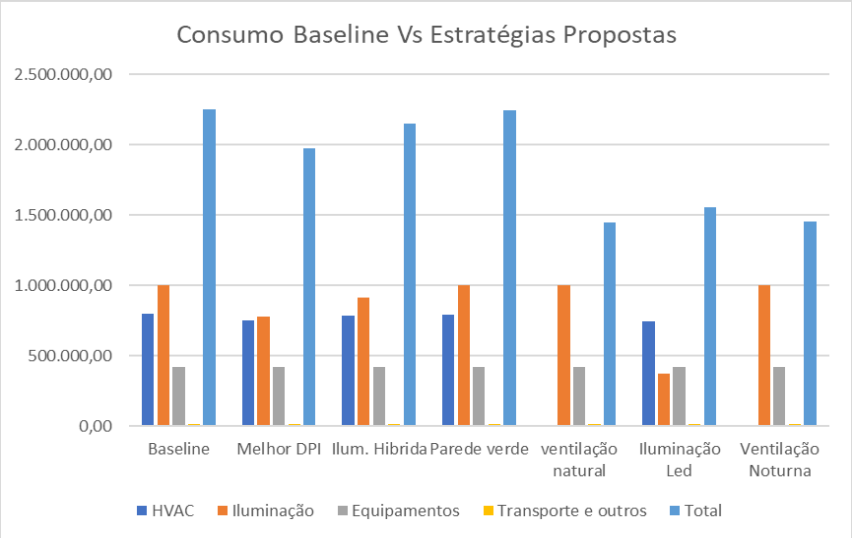

Fig. 7 Impacto das estratégias de eficiência energética propostas.

O gráfico da figura 7, indica que embora a adoção de janelas na orientação norte aumente o consumo de energia para refrigeração, ela diminuiu consideravelmente o consumo da iluminação quando é adotada a estratégia de iluminação híbrida, contudo, eliminando a opção da adoção de uma parede verde. Observou-se também que a adoção da ventilação noturna forçada embora reduza significativamente o consumo de energia, não fornece o nível de conforto térmico desejado, similarmente à adoção da estratégia da ventilação natural. Nenhuma das estratégias sugeridas, consegue individualmente reduzir o consumo de modo que os MFs possam suprir 105% da energia. Um novo modelo mostrado na figura 6_B foi elaborado, agregando as estratégias mais eficientes como: 1. Adoção de iluminação led com desligamento automático da iluminação quando a luz natural for suficiente para atender o edifício, e melhora de seu dpi. 2. Adoção de área envidraçada equivalente a 30% da fachada norte. 3. Substituição do sistema HVAC por sistema de ventilação forçada durante o dia nos períodos de calor, com maior faixa variação do conforto térmico entre 18ºC a 29ºC. 4. Adoção de ventilação noturna com abertura automática das janelas. 5. Introdução de venezianas internas para controle da iluminação e sombreamento interno. 6. Adoção de vidros especiais nas janelas nas orientações norte e oeste, os quais reduzem os ganhos térmicos internos sem comprometer o acesso à luz natural.

As estratégias apresentadas permitem reduzir o consumo para 769.039,50kWh/ano, mas não garantem o conforto térmico interno de todas as zonas térmicas analisadas. Os escritórios centrais não possuem acesso a janelas para permitir o uso da ventilação natural, podendo ser apenas ventilados por sistemas de ventilação mecânica que se mostraram incapazes de garantir o conforto térmico. De modo a garantir o conforto térmico dos usuários dos escritórios centrais, um sistema HVAC com volume de ar variável e reaquecimento, foi considerado em área adjacente ao edifício principal garantindo o conforto térmico, contudo, aumentando o consumo de energia total para

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

804.692,31kWh/ano. Duas novas estratégias tiveram que ser consideradas para reduzir o consumo, como a adoção de sistema de controle eficiente para os elevadores e adoção de sistemas de frenagem regenerativos, os quais de acordo com a literatura pesquisada permitem reduzir seu consumo em até 60% [65]. Esta estratégia foi adotada como uma redução simbólica de 30% sobre o consumo do elevador visto a falta de metodologia que permita calcular corretamente as reduções. Os valores das potências dos equipamentos por área do edifício apresentados na tabela 6 e indicados como mais adequados para edifícios verdes pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers*) [66], e que já fazem parte do template do *Openstudio* tiveram que ser revistos. Para cada tipo de espaço foram calculados e limitados os tipos de equipamentos a serem agregados pelos usuários, reduzindo a potência instalada dos equipamentos por espaço demonstrados na tabela 6 (equipamentos NZE), seguindo recomendações de [67]. Equipamentos de uso comum do pessoal dos escritórios como impressora a laser, terão que ser compartilhados, sendo alocados em espaço comum ao longo de cada área de circulação. As estratégias apresentadas permitem reduzir o consumo total do edifício para 476.230,79kWh/ano, atingindo a meta NZE com uma geração 109% maior do que o necessário e também melhorando o conforto térmico interno. Os consumos parciais ficaram divididos da seguinte forma: iluminação consumindo 286.747,45kWh/ano, seguida por equipamentos com 120.563,36kWh/ano, HVAC com 74.619,50kWh/ano e sistema de transporte com 13.284,45kWh/ano.

O consumo final do ENZAE representa uma redução de 78,83%, e permite neutralizar 152.500.485,70gCO_2 associados à geração elétrica [68]. A figura 8 apresenta a comparação do consumo do edifício baseline e do edifício proposto.

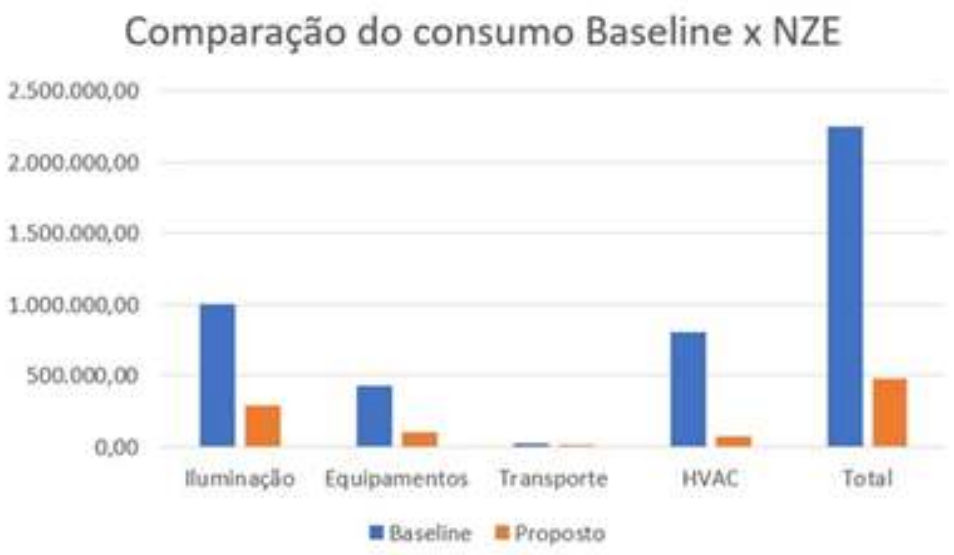

Fig. 8 Impacto das estratégias de eficiência energética propostas.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

O sistema fotovoltaico é capaz de suprir 109% do consumo garantindo a meta NZE, sendo que a energia adicional poderá ser trocada por créditos de energia que expiram após 60 meses e que poderão ser utilizados nos momentos em que a geração mensal for menor que o consumo, conforme determina a legislação brasileira.

A qualidade ambiental do projeto foi avaliada como adequada, sua estimativa utilizou uma planilha eletrônica elaborada pela Prefeitura de São Paulo e disponível em [69].

A produção de alimentos local foi estimada como 120 kg de berinjela, 37.5 kg de beterraba, 54 kg de brócolis, 60 kg de pimentão, e 135 kg de tomate.

Por fim os resíduos úmidos serão compostados e utilizados como fertilizantes, e os resíduos secos serão separados e reciclados.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O edifício proposto apresentou uma economia total no uso de energia de 78,83%, e parciais de 90,7% no sistema HVAC, 76,06% nos equipamentos, 71,44% no sistema de iluminação, 30% no sistema de transporte. Foi alcançada uma redução anual total de 1,773.261,46kWh que permitiu neutralizar a emissão de 152.500.485,70gCO_2 associados à geração elétrica. As reduções alcançadas no sistema de iluminação ficaram dentro do esperado ao se adotar estratégia do uso de iluminação híbrida, exigindo adoção de área de janelas na fachada norte, o que aumentou os ganhos térmicos internos que foram corrigidos com a substituição de vidros transparentes por vidros especiais. O sistema HVAC apresentou a maior redução ao se adotar estratégias de adoção de faixa de conforto térmico com maior temperatura recomendados por 18ºC a 29ºC [24-25], contudo para este estudo sua eliminação completa foi impossível. De modo a garantir o conforto térmico dentro da nova faixa de temperaturas, o projeto exige que a ventilação artificial seja adotada nos momentos de maior calor assim como a adoção de ventilação noturna para pré aclimatização do edifício. Embora se considere o nível de conforto térmico como aceitável, a nova faixa de conforto exige que os usuários adequem suas vestimentas conforme a variação do clima, merecendo maiores estudos. Para se atingir a meta NZE foi necessário estipular quais equipamentos agregados pelos usuários seriam permitidos e suas quantidades máximas, assim como definiu-se quais equipamentos deveriam ser compartilhados, conforme recomendado em [67]. Desta maneira o uso dos equipamentos deverá ser mantido sobre rígido controle, penalizando escritórios ou lojas que ultrapassem os limites estipulados. Quanto aos elevadores, embora a literatura pesquisada indique uma redução no consumo de até 60% no sistema de transporte ao se adotar sistemas de controle eficientes e regeneração de energia do motor [22], considerou-se uma redução simbólica de 30%. O Bullitt Center considerado a maior referência em ENZ, alocou seus elevadores em local longe da visão de modo a encorajar seus usuários a usar as escadas para acessar seus 6 andares, adicionalmente o uso dos elevadores só pode ser feito com o uso de cartão de acesso pessoal, estas estratégias, se adotadas no estudo de caso poderiam representar maiores reduções no uso dos elevadores. O edifício baseline possui um EUI de 155,16kWh/m^2/ano, enquanto o edifício proposto apresenta um EUI final

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

de 32,85kWh/m^2/ano, indicando uma excelente eficiência comparável aos atuais ENZE alemães cujo EUI é de aproximadamente 50kWh/m^2/ano [14], contudo ainda muito acima do Bullitt Center que possui EUI de 12kWh/m^2/ano [33]. Deve-se, contudo, observar que o Bullitt Center, considerado a atual referência em NZEs é um edifício comercial criado para atender uma organização sem fins lucrativos dedicada a ecologia urbana, o que explica a aceitação dos usuários a um edifício com características muito diferentes das atualmente aceitas pelo mercado.

A meta NZA foi atingida, deixando de consumir anualmente 15.491.859,25 litros de água com a adoção de equipamentos hidráulicos mais eficientes e com a adoção de estratégias de reuso de águas cinzas e águas negras pós tratados em sistema de BET. Devido a legislação paulista, toda a água para ingestão humana deverá ser provida pelo sistema de abastecimento externo [36], embora seja possível tratar as águas pluviais de modo a garantir um índice de qualidade suficiente, deve-se provar por meio de laudos técnicos sua qualidade perante órgãos governamentais. A água para combate a incêndios também será provida por rede de abastecimento externo, por critérios de segurança, em falha de equipamentos e para evitar possíveis contaminações do ambiente. Embora as águas pós tratadas no sistema de BET possam ser usadas no combate a incêndios, seu uso também exigiria laudos técnicos de qualidade e aprovação de órgãos governamentais.

A produção de alimento localmente ultrapassa os 400kg ao longo do ano, constituída de diversas hortaliças. Embora o sistema de irrigação seja automático, de modo a garantir a saúde da produção deve-se considerar contratar mão de obra especializada para cuidar da agricultura urbana, ou preferencialmente treinar e incentivar os usuários do edifício para contribuírem com a manutenção do local, e usufruir de sua colheita.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de um ENZAE foi conseguido, contudo observa-se que grandes sacrifícios como a mudança de consciência e comportamento dos usuários são necessários de modo a garantir sua operação dentro dos limites estabelecidos. A meta NZA é mais fácil de se atingir, exigindo menores esforços em relação a meta NZE.

O controle das cargas de consumo é a chave para se atingir o nível de eficiência necessário, desta maneira o projeto já deve levar em consideração seu público-alvo, contabilizando equipamentos específicos a serem agregados, de modo a garantir que a geração local seja capaz de atendê-los. Isto pode causar desinteresse por parte de empresários que desejem alugar um espaço no empreendimento, dificultando sua locação. Maiores pesquisas deverão ser feitas sobre a capacidade de aceitação deste tipo de edifício em solo brasileiro, contudo seu impacto positivo sobre o uso consciente de energia e água é considerável, assim como seus benefícios em locais onde não existam sistemas de tratamento de esgoto disponíveis.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REFERÊNCIAS

[1] Ministério de Minas e Energia. Atlas da Eficiência Energética Brasil-2020 Relatório de Indicadores. 2020.

[2] United Nations. World Population Prospects 2019 Highlights. Department of Economic and Social Affairs. 2019.

[3] USAID. Water and Development Strategy 2013-2018.

[4] Yaleglobal online. World Population: 2020 Overview. Available at: https://yaleglobal.yale.edu/content/world-population-2020-overview. Last access: Fev, 2021.

[5] Wei W, Harrison Ms, Piotr Ad. Selecting HVAC systems to achieve comfortable and cost-effective residential net-zero energy buildings. Elsevier. Applied Energy. 2018;212:577-591.

[6] Fields J, Oteri F, Preus R, Baring-Gould I. Deployment of Wind Turbines in the Built Environment: Risks, Lessons, and Recommended Practices. NREL, Technical Report. 2016 June.

[7] Mladen B. Wind Power Buildings Integration. Croatia. 2013. Disponível em: www.researchgate.net.

[8] Living Building Challenge Energy Petal, Living Building Challenge: Energy Petal – Implementation Guide, International Living Future Institute; 2016.

[9] Harkouss F, Fardoun F, Pascal HB. Optimal design of renewable energy solution sets for net zero energy buildings. Elsevier. Energy. 2019;179:1155-1175.

[10] Hu M, Does zero energy building cost more? – An empirical comparison of the construction costs for zero energy education building in United States. Elsevier, Sustainable Cities and Society; 2019.

[11] Living Building Challenge. LBC 3.1 A Visionary Path to a Regenerative Future. International Living Future Institute; 2016.

[12] Green Building Council Brasil. Informações sobre a Norma LEED no Brasil. [acesso em: 20419 jan]; disponível em: https://www.gbcbrasil.org.br.

[13] Escrivã EG, Santamaría O, Mugarra LF. Continuous assestment of energy efficiency in commercial buildings using energy ratings factors, Elsevier Energy and Buildings. 2012;49:78-84.

[14] Kibert Charles J. Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery Third Edition, Publisher John Wiley & Sons Inc; 2013.

[15] Salman AA, Wade AC, Darren O, Irthishad A, Building information modelling for sustainable design and LEED ® rating analysis, Elsevior Automation in Construction. 2011;20:217-224.

[16] Thomas A, Menassa CC, Kamat VR. A system simulation framework to realize net-zero building energy retrofits. Elsevier, Sustainable Cities and Society; 2018.

[17] BP. Statistical Review of World Energy 69th edition. 2020.

[18] Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2020. Brasilia: EPE; 2020.

[19] Zhihua Z. et al. The operational performance of “net zero energy building”: A study on China. Applied Energy. 2016;177:716-728.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

[20] Zumtobel. The lighting handbook. Austria: Zumtobel; 2018. [access: 2020 July] available at https://www.zumtobel.com/PDB/teaser/EN/lichthandbuch.pdf.

[21] Uimonen S. Energy Consumption of Escalators. Aalto University – School of electrical Engineering, Masters dissertation; 2015.

[22] Cavalcante IV. Sistema de Regeneração de Elevadores. Projeto de Graduação. Brasília: UNB; 2016.

[23] Lamberts R, Dutra L, Pereira FOR. Energy Efficiency in Architecture 3º edition. Eletrobras Procel; 2013.

[24] Givoni B. Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy & Buildings. 1992;18:11-23.

[25] ANSI/ASHRAE Standard 55-2010. Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers; 2010.

[26] National Renewable Energy Laboratory. Assessing and Reducing Plug and Process Loads in Office Buildings. [acesso em 2019 out]; Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiDsMa7maTlAhUxGbkGHa5pCrcQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fdocs%2Ffy13osti%2F54175.pdf&usg=AOvVaw23veoY0hzilCtNbk5JOH0P.

[27] United Nations. Wastewater The Untapped Resource. World Water Development Report; 2017.

[28] Soares RB, Gonçalves, RF. Electricity consumption in water supply and sewage systems in Brazil. ABES Congress Fenasan; 2017.

[29] Brasília, Ministry Of Cities. Diagnosis of Water and Sewage Services – 2016. National Sanitation Information System; 2018.

[30] USAID. Water and Development Strategy 2013-2018.

[31] Palmiere SE, Riascos CEM, Riascos L.A.M. Energy Efficiency and Fire Prevention Integration in Green Buildings. Magazine IEEE Latin America. 2015.

[32] Palmiere SE, Riascos CEM, Riascos LAM. Integration of Energy and Fire Prevention Systems in Green Building. Journal of Energy and Power Engineering. 2015.

[33] Bullitt Center Organization. [acesso em 2021 july]; Disponível em: https://bullittcenter.org/.

[34] Palmiere SE. Methodology for the Development of Sustainable and Safe Buildings: Application of Net Zero Water and Energy Certification in Commercial Buildings in the City of São Paulo. Doctoral thesis. Santo André: UFABC; 2019.

[35] São Paulo. Decree 63,911: Fire safety regulation of buildings and hazardous areas in the State of São Paulo; 2018.

[36] São Paulo. Law 16.402, Disciplines the land parceling, land use and occupation in São Paulo city, according to law nº 16.050 of July 31 2014 – Strategic Master Plan; 2016.

[37] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220-2**:** Thermal Performance of Buildings, Part 2: Methods for calculating thermal transmittance, thermal capacity, thermal delay and solar factor of building component elements. Brazil, 2003.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

[38] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.520-3**:** Thermal Performance of Buildings Part 3: Brazilian bioclimatic zoning and construction guidelines for single family homes of social interest. Brazil; 2003.

[39] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575: Performance of Residential Buildings, Brazil; 2013.

[40] Energyplus. [access 2020 August]. available at www.energyplus.net.

[41] Pengyuan S, Noam L. Vilnerability to climate change impacts of present renewable energy systems designed for achieving net-zero energy buildings. Elsevier. Energy. 2016;114:1288-1305.

[42] Pil BP, Steffen P. Research framework for development of building performance simulation tools for early design stages. Elsevier. Automation and Construction. 2020;109.

[43] Jiantong X, Yiqun P, Wenqi J, Lei X, Zhizhong H. Energy-consumption simulation of a distributed air-conditioning system integrated with occupant behavior. Elsevier. Applied Energy. 2019;256.

[44] O'Donnell J, Truon-Hong L, Boyle N, Corry E, Cao J. Lidar point-cloud mapping of building façades for building energy performance simulation. Elsevier. Automation in Construction. 2019;107.

[45] Sketchup. Where great ideas get to work. 2020. [acess 2020 aug]; available at www.sketchup.com.

[46] Openstudio. [acess 2020 aug]; available at www.openstudio.net.

[47] Skelion. [acess 2020 aug]; available at www.skelion.com

[48] Climate Consultant. [acess 2020 aug]; available at http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php.

[49] Netuno. [acess 2020 aug]; available at www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares.

[50] Emurb. São Paulo's City Climate and Meteorological Conditions. [acess 2020 july] available at: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/eiarima_crsul_79a140.pdf.

[51] Lab EEE, Thermal Performance of Buildings. Florianópolis: UFSC; 2016.

[52] São Paulo. Environmental Company of the State of São Paulo. List of contaminated and rehabilitated areas in the state of São Paulo. [acess 2019 set]; Available at: https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/relacao-de-areas-contaminadas.

[53] São Paulo. Digital Map. [acess 2019 set]; Available at: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx.

[54] ABNT, NBR 15.527 – Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins Não Potáveis – Requisitos, Brasil; 2007.

[55] São Paulo. Polícia do Estado de São Paulo – Instrução Técnica 08 – Resistência ao fogo dos materiais de construção. São Paulo; 2018.

[56] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5665: Elevators traffic calculation – Procedure, Rio de janeiro; 1983, 12 p.

[57] IBGE. Estatísticas de Gênero – Indicadores sociais das mulheres no Brasil. [acess 2021 jun]; Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101551_informativo.pdf.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

[58] Atlas Schindler. Vertical Building Transport Manual – Passenger elevators, escalators, building construction and traffic calculation. [acess 2019 jan 01]; Available at: www.schindler.com.

[59] California Department of Water Resources, A Guide to Estimating irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California – The Landscape Coefficient Method and WUCOLS III, Sacramento, California, 2000.

[60] Federal Energy Management Program**.** Guidelines for Estimating Unmetered Landscaping Water Use, FEMP; 2010.

[61] São Paulo. Norma Técnica Sabesp - NTS 181: Dimensionamento do ramal predial de água e hidrômetro – Primeira ligação. Novembro, 2012.

[62] São Paulo. Department of water and energy. Rainfall index. [acess 2019 sept]; Available at: http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/.

[63] ABNT, NBR 7229/93**:** Design, construction and operation of septic tanks, Brazil, 1993.

[64] Procel Edifica. RTQ-C Application Manual for Commercial, Services and Public Buildings. Brazil; 2013.

[65] Cavalcante, Igor V. Sistema de Regeneração de Elevadores. Projeto de Graduação. Brasília: UNB, 2016.

[66] Ashrae. Standard 189.1-2009: Standard for the design of high-performance green buildings: except low-rise buildings; 2009.

[67] National Renewable Energy Laboratory. Assessing and Reducing Plug and Process Loads in Office Buildings. [acesso em 2019 out]; Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiDsMa7maTlAhUxGbkGHa5pCrcQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fdocs%2Ffy13osti%2F54175.pdf&usg=AOvVaw23veoY0hzilCtNbk5JOH0P.

[68] Climate Transparency. Brown To Green: The G20 Transition to a Low-Carbon Economy; 2017. Available at: https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2017/07/B2G2017-Brazil.pdf.

[69] São Paulo. Lei 16.402**.** Planilha para Cálculo da Quota Ambiental. [acesso em 2019 nov]; disponível em: http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/SIMULADOR_QUADROS_QA_PROJETODELEI_20160426-ajuste2.xls.