

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARILEIDE CRISTINA ALVES
ALEXANDRE AUGUSTO LIMA QUINCOZES
GUSTAVO FRASSON VERARDO
RICARDO DOS SANTOS BARBOSA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE CLIMATIZAÇÃO COMERCIAL EM
AGÊNCIAS BANCÁRIAS, UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

CURITIBA
2022

ARILEIDE CRISTINA ALVES
ALEXANDRE AUGUSTO LIMA QUINCOZES
GUSTAVO FRASSON VERARDO
RICARDO DOS SANTOS BARBOSA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE CLIMATIZAÇÃO COMERCIAL EM AGÊNCIAS
BANCÁRIAS, UTILIZANDO ENERGIASOLAR FOTOVOLTAICA.**

Projeto apresentado ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel.

CURITIBA
2022

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, apresentar uma proposta de aproveitamento da energia elétrica gerada através da fonte solar fotovoltaica, em sistemas de refrigeração ambiente. Mais especificamente, a viabilidade de atendimento da demanda, em agências bancárias, oriunda de equipamentos do tipo *self contained*, os mais indicados para climatização comercial. A viabilidade da proposta, em termos técnicos e de Legislação Ambiental, foi avaliada em agências bancárias, do Banco do Brasil. O investimento mostrou-se atrativo. Foi também considerada, para efeitos legais, a relação proprietário-inquilino, uma vez que muitas agências bancárias são, atualmente, imóveis locados. A justificativa do trabalho apela para tendência contínua, devida tanto à ampliação da utilização da fonte graças à concorrência na produtividade de insumos, quanto à necessidade, emergente e urgente, da inserção de fontes alternativas na matriz elétrica brasileira.

Palavras-chave: climatização, fonte solar fotovoltaica, agência bancária, viabilidade.

ABSTRACT

This work has as objective, to present a proposal of use of the electric energy generated through the photovoltaic solar source, in ambient cooling systems. More specifically, the feasibility of meeting demand, in bank branches, coming from self-contained equipment, the most suitable for commercial air conditioning. The feasibility of the proposal, in technical terms and terms of Environmental Legislation, was assessed at the bank branches of Banco do Brazil. The investment proved to be attractive. The owner-tenant relationship was also considered for legal purposes since many bank branches are currently leased properties. The justification of the work calls for a continuous trend, due both to the increased use of the source thanks to competition in the productivity of inputs, and to the need, emerging and urgent, for the insertion of alternative sources in the Brazilian electrical matrix.

Keywords: air conditioning, photovoltaic solar source, bank branch, viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – HIERARQUIA DAS NECESSIDADES HUMANAS.....	5
FIGURA 2 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EDIFICAÇÕES POR SETOR.....	11
FIGURA 3 – UTILIZAÇÃO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA NOS SETORES PÚBLICO E COMERCIAL.....	11
FIGURA 4 - TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	13
FIGURA 5 - MANUTENÇÃO DE SELF-CONTAINED.....	17
FIGURA 6 - INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	18
Tabela 2 - CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS CONECTADOS À REDE.....	21
Tabela 3 - ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	21

CONTEÚDO

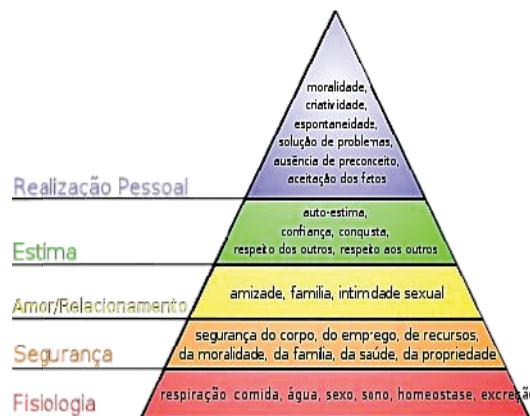
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.3. JUSTIFICATIVA	8
1.4. HIPÓTESE	8
1.5. OBJETIVO.....	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. A FONTE ALTERNATIVA SOLAR FOTOVOLTAICA	9
2.2. A INSTITUIÇÃO DE ESTUDO DE CASO – BANCO DO BRASIL	10
2.3. SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO AMBIENTE	10
2.4. ESTADO DA ARTE.....	12
3. METODOLOGIA	16
4. RESULTADOS	21
5. CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

Qualquer pessoa precisa ter satisfeitas algumas condições necessárias e suficientes à manutenção de sua saúde e bem-estar. Nesse quesito, diversos aspectos precisam ser considerados, por exemplo: necessidades fisiológicas, de segurança, relativas ao amor e relacionamentos, de estima e realização pessoal.

Isso é o que se conhece como 'Hierarquia das Necessidades Humanas', idealizada pelo psicólogo americano Abraham Maslow e representada através de uma pirâmide, apresentada na Figura 1, onde, a partir da base, encastelam-se em ordem de importância hierárquica (MATSUOKA, 2013).

FIGURA 1 – HIERARQUIA DAS NECESSIDADES HUMANAS.



Fonte: PIRÂMIDE DE MASLOW, (<https://bityli.com/00X2r>, acesso em 09/10/2020).

No que diz respeito à base da pirâmide, deve ser considerado que é essencial viver em um ambiente onde se possa respirar ar com baixos índices de poluição e que ofereça fartamente água pura, para saciar a sede e cumprir adequadamente ritos de higiene pessoal.

Em tempos antigos, havia a noção de três tipos de bens: públicos, de uso comum do povo e privados. Com o passar do tempo, percebeu-se que além dos bens do Primeiro e Segundo Setor (públicos e privados) havia outro, de maior importância, acima dos interesses públicos e particulares: o bem ambiental, garantia da própria existência e de uma vida saudável (FIORILLO, 2018).

Emparelhadas à essa consciencialização, estão as constantes discussões relativas ao tema da escassez e do próximo esgotamento de recursos naturais,

freqüente e insistentemente relacionado com a crise que atravessa o sistema econômico mundial. Esse vem servindo como argumento de peso para as previsões pessimistas e catastróficas sobre o destino da humanidade (RATTNER,1977).

Diante desse contexto, e da variável do esgotamento de recursos não-renováveis, urge que, além a preservação dos recursos naturais, via utilização mais racional, a tríade Ciência – Engenharia – Tecnologia, atue com propostas que direcionem a produção de serviços e bens para uma forma sustentável.

Dentre reais, necessárias e férteis áreas de atuação profissional, está a geração de energia a partir de fontes alternativas. É fato indiscutível que a crise energética, questão de origem não muito recente, constitui-se um dos grandes desafios da atualidade.

Relacionados a ela, há fatores como a redução das reservas petrolíferas mundiais, principalmente após a crise do petróleo na década de 70, impactos ambientais causados pelo uso de fontes de energia poluentes, a própria escassez dos recursos naturais, já citadas e o aumento da demanda por oferta de energia (CABRAL & VIEIRA, 2012).

Este trabalho tem como objetivo, apresentar uma proposta de aproveitamento da energia elétrica gerada através da fonte solar fotovoltaica em sistemas de refrigeração ambiente. A viabilidade da proposta, em termos técnicos e de Legislação Ambiental, será avaliada em agências bancárias, do Banco do Brasil.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Gestão Ambiental do Banco do Brasil segue as especificações da Norma Brasileira ABNTNBR ISO 14.001 de 2015, na definição de objetivos, premissas, requisitos, responsabilidades, programas e iniciativas para a implementação das diretrizes ambientais, alinhadas à Política Específica de Responsabilidade Socioambiental do BB.

Por meio do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), o banco organiza e acompanha ações de controle dos impactos ambientais e coordena de forma sistemática os esforços para a melhoria contínua de seu desempenho, tendo como foco a ecoeficiência a fim de minimizar o consumo de recursos naturais, a geração de

resíduos, as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Dentre as premissas adotadas pelo BB, podem ser citadas as seguintes ações:

1. Aprimorar de forma contínua o Sistema de Gestão Ambiental.
2. Reconhecer e considerar as expectativas e prioridades das partes interessadas na gestão ambiental do BB.
3. Disseminar conceitos e práticas para o consumo eficiente de recursos naturais e prevenir a poluição, buscando o engajamento e fortalecimento da cultura em RSA.
4. Capacitar nossos públicos de relacionamento interno e externo visando aprimorar competências em gestão ambiental.

No que diz respeito às práticas para consumo eficiente de recursos naturais, vale citar a existência do Programa de Conservação de Energia (PROCEN), que visa promover o uso responsável de energia elétrica. Em especial, a maciça utilização de aparelhos de ar-condicionado com objetivo de satisfação de conforto térmico humano, é um dos grandes problemas que acarreta consumo energético excessivo nas agências da instituição.

Atender o máximo conforto térmico necessário em agências bancárias, com o mínimo consumo de energia, é desejável e exigível. Soluções neste sentido precisam ser propostas e experimentadas. Uma possível medida para equilibrar demanda e oferta neste cenário, é a utilização de fontes alternativas de energia na tarefa de alimentar sistemas de condicionamento de ar.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho tem como objetivo, apresentar uma proposta de aproveitamento da energia elétrica gerada através da fonte solar fotovoltaica em sistemas de refrigeração ambiente, pela proposição de um projeto. A viabilidade da proposta, em termos técnicos e de Legislação Ambiental, será avaliada em uma agência bancária do Banco do Brasil, com dados reais fornecidos. A escolha do tema do trabalho aborda três aspectos principais: a utilização de uma fonte alternativa, a solar fotovoltaica; a instituição e sua real necessidade, o Banco do Brasil e o sistema de

refrigeração, responsável direto pelo maior consumo energético em agências bancárias.

1.3. JUSTIFICATIVA

Estudar a viabilidade econômica de um projeto remete direta e profundamente à eficiência energética. Usar energia eficientemente não significa apenas reduzir despesas, mas também, poupar o meio ambiente. A eficiência energética também caracteriza a melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e do processo produtivo, como a decorrente da refrigeração de ar adequada, em uma agência bancária.

A escolha de um sistema de climatização adequado, em edificação já construída, bem como a 'alimentação' deste, tem um papel muito importante para o aumento da eficiência. Nesse trabalho, a proposta de eficiência energética é utilizar a fonte solar fotovoltaica no atendimento à demanda de condicionamento de ar em agência bancária.

1.4. HIPÓTESE

Pretende-se encontrar evidências, baseadas em dados e resultados que comprovem a viabilidade da utilização da fonte solar fotovoltaica para atendimento à demanda de climatização em agências bancárias. A partir dessa percepção, pode-se pleitear, por parte de instituições e lideranças políticas, incentivo fiscal.

Já que é sempre possível ampliar a geração de energia com a adição de painéis em uma edificação, isso poderia ser usado também para o atendimento à demanda total de energia elétrica de uma agência bancária, gerando ainda mais economia, com baixo investimento em manutenção e principalmente, sustentabilidade.

1.5. OBJETIVO

Considerando-se fatores técnicos, o objetivo principal deste trabalho é dimensionar um sistema de condicionamento de ar, considerando-se a região de

localização da agência bancária escolhida, fator que interfere na insolação própria diária. Além disso, determinar a potência ideal dos painéis a serem utilizados, o que influencia diretamente na quantidade necessária, e que conseqüentemente, está atrelada à área disponível para instalação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre reais, necessárias e férteis áreas de atuação profissional, está a geração de energia a partir de fontes alternativas. É fato indiscutível que a crise energética, questão de origem não muito recente, constitui-se um dos grandes desafios da atualidade.

Relacionados a ela, há fatores como a redução das reservas petrolíferas mundiais, principalmente após a crise do petróleo na década de 70, impactos ambientais causados pelo uso de fontes de energia poluentes, a própria escassez dos recursos naturais, já citadas e o aumento da demanda por oferta de energia (CABRAL & VIEIRA, 2012).

Este trabalho tem como objetivo, apresentar uma proposta de aproveitamento da energia elétrica gerada através da fonte solar fotovoltaica em sistemas de refrigeração ambiente. A viabilidade da proposta, em termos técnicos e de Legislação Ambiental, será avaliada em agências bancárias, do Banco do Brasil. A escolha está embasada em três principais fatores, considerados a seguir.

2.1. A FONTE ALTERNATIVA SOLAR FOTOVOLTAICA

O Brasil é rico em recursos naturais e possui posição privilegiada em relação a disponibilidade de energiasolar, possui ainda recursos humanos disponíveis para atuar no setor de geração de energia solar fotovoltaica (RELLA, 2017). A busca pela inserção da energia solar na matriz energética mundial ocasionou um aumento de 395% da produção primária de energia solar entre 2003 e 2013.

Houve um crescimento de 17% na produção total de energia no mesmo período, enquanto as fontes renováveis tiveram um crescimento de 56%. A energia solar só foi superada pela energia eólica (SILVA, 2020). O índice de radiação solar do Brasil é muito bom quando comparado à Europa por exemplo. A menor irradiação

do país é verificada na região do litoral norte do Estado de Santa Catarina, sendo da ordem de 1500 kWh/m² de irradiação global anual na superfície horizontal.

Apesar de ser considerada uma energia limpa, possui impactos ambientais, como qualquer atividade humana. Podem ser destacados: emissões de produtos decorrentes do processo de purificação do silício (matéria prima dos painéis), emissões ligadas à produção de energia nos processos de fabricação, a ocupação de área para instalação dos sistemas, enquanto inadequados à fauna e flora pertencentes ao local escolhido e a necessidade do correto descarte de materiais (DAROSA & GASPARIN, 2016).

2.2. A INSTITUIÇÃO DE ESTUDO DE CASO – BANCO DO BRASIL

O Banco do Brasil (BB), é uma marca conhecida e valorizada pelos brasileiros, que reconhecem na Instituição atributos como solidez, confiança, credibilidade, segurança e modernidade. Além disso, é uma companhia lucrativa alinhada a valores sociais. Há vocação para políticas públicas, com foco no desenvolvimento sustentável do país, e no interesse comunitário, esse é um importante diferencial.

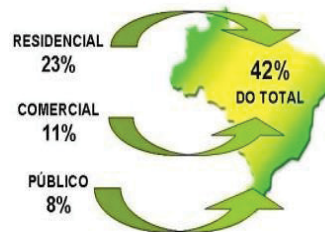
A Estratégia de Desenvolvimento Regional Sustentável (DRS), do BB, adota práticas economicamente viáveis, ambientalmente corretas e socialmente justas (BANCO DO BRASIL, Relatório Anual). Não fosse apenas pela liderança em diversos segmentos de mercado, fortalecimento e apoio ao desenvolvimento do país, consolidação do alto padrão em Governança Corporativa, esse ‘gigante’ conta com a maior rede própria de atendimento, com 5.429 agências (BANCO DO BRASIL, 2020), dentre as quais, cerca de 1900 (35%) são imóveis próprios.

2.3. SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO AMBIENTE

No âmbito da DRS do BB, vale citar a existência do Programa de Conservação de Energia (PROCEN), que visa promover o uso responsável de energia elétrica. Por exemplo, o Relatório Anual de 2017, apontou uma economia de R\$ 36 milhões, com a redução do consumo de energia elétrica.

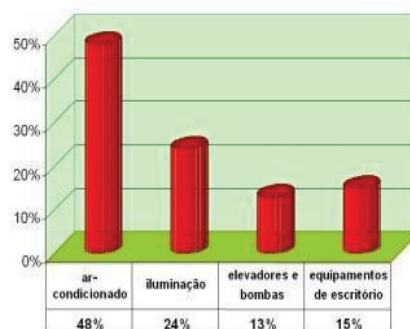
Por outro lado, a maciça utilização de aparelhos de ar-condicionado com objetivo de satisfação de conforto térmico humano, é dos grandes problemas da sociedade, pois acarreta consumo energético excessivo. Atender ao máximo conforto com o mínimo de energia é desejável e exigível. Nesse intuito, vale considerar que os setores residencial, público e comercial consomem 42% da energia elétrica gerada no Brasil, de acordo com a Figura 2. Nos setores público e comercial, o maior 'vilão' é o sistema de ar-condicionado, responsável por 48% desse consumo, conforme mostra a Figura 3.

FIGURA 2 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EDIFICAÇÕES POR SETOR.



FONTE:LAMBERTS(1997).

FIGURA 3 – UTILIZAÇÃO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA NOS SETORES PÚBLICO E COMERCIAL.



FONTE:PROCEL(1994).

2.4. ESTADO DA ARTE

De acordo com o Art. 225 da Constituição Federal, “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Isso exige “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” (BRASIL, 1988). A geração de energia elétrica, a partir de suas mais diversas fontes primárias, é, obviamente, foco de atenção com relação a esse quesito.

É notório que o Brasil possui o desafio e a necessidade de buscar soluções para atendimento à demanda por energia elétrica e ao mesmo tempo, satisfazer critérios de economicidade, segurança de suprimento, saúde pública, garantia de acesso universal e sustentabilidade ambiental (JANUZZI *et al.*, 2009).

A proposta desse trabalho não permeia tópicos específicos em Meio Ambiente, uma vez que o projeto envolve instalação e manutenção de placas fotovoltaicas, e material correlato, finalizados, todos disponíveis no mercado. Isso desvia algumas questões relativas aos impactos, por se tratar apenas, de fases de implantação e operação. Pode-se afirmar, contudo, sob uma análise generalizada, os impactos negativos apresentados por sistemas fotovoltaicos são bastante reduzidos quando comparados com os impactos positivos e as vantagens de sua implantação (BARBOSA FILHO, 2015).

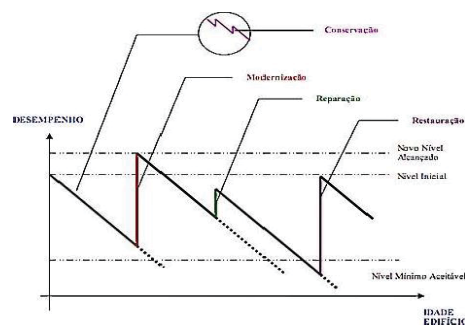
No entanto, a modalidade proposta de aproveitamento de energia solar fotovoltaica em agências bancárias, exige consideração legal de orientações normativas e responsabilidades, conforme dispõe o art.937, do Código Civil (BRASIL, 2002) “o dono do edifício ou construção responde pelos danos que resultarem de sua ruína, se esta provier da falta de reparos, cuja necessidade fosse manifesta”, em conformidade com orientações da NBR 5674/1999 - Manutenção de edificações – Procedimento (Norma Brasileira Regulamentar).

Este trabalho caracteriza-se, portanto, como um Estudo de Caso. A manutenção é um fator fundamental para a conservação e ampliação da vida útil das edificações. É imprescindível que todas as partes envolvidas conheçam e

compreendam seus direitos e deveres e executem todas as manutenções no tempo e de forma adequada, mantendo arquivado registro de todas as intervenções realizadas. Com isso protegerão as edificações de falhas e, caso estas se manifestem, o responsável será judicialmente acionado para reparação, afim de sustentar a integridade dos usuários e a vida útil da edificação.

A responsabilidade civil indica a obrigação de reparar danos ou de ressarcir o dano, quando injustamente causado a outrem (SILVA, 2014). Portanto, tem como objetivo reparar um prejuízo que lhe foi causado, inibindo assim, novas condutas contra a disposição jurídica, logo propende transmitir proteção (DEL MAR, 2015). O art. 186 da Lei nº 10.406, de 10/01/2001 cita que “aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.”, e o artigo 927 do Código Civil complementa “aquele que, por ato ilícito (arts. 186 e 187), causar dano a outrem, fica obrigado a reparar o dano”. Há diversas categorias de manutenção, em função do desempenho e da ‘idade’ de um imóvel, conforme Figura 4.

FIGURA 4 - TIPOS DE MANUTENÇÃO



FONTE: BONIN (1998, APUDEL MAR, P. 190, 2015)

Como se nota, o termo manutenção engloba vários fatores, subdivididos conforme necessidades: conservação, reparação, restauração e modernização. Neste trabalho, a necessidade de implantação de sistema de aproveitamento de energia solar, envolve modernização, no caso de imóveis existentes e sob locação. Para condução ideal da relação entre Locador e Locatário, dispõe-se da Lei do

Inquilinato (8.245/1991), onde constam todas as regulamentações relacionadas a um contrato de locação de imóveis.

Há pelo menos dois aspectos a serem considerados: o primeiro refere-se ao fato de que não pode o locatário simplesmente fazer 'o conserto' (o que incluía adaptação, melhoria, modernização) e mandar a conta para o locador. Na prática, o inquilino precisa acionar o proprietário e então, com autorização deste, efetivar o projeto desejado e/ou necessário. O segundo detalhe exige que os reparos sejam feitos em tempo mínimo. Essa obrigação é prevista em lei e tem como objetivo evitar o risco de agravamento do defeito ou riscos envolvidos (ALMERON,2017).

Outra obrigação do locador prevista em lei é a de manter a forma e o destino do imóvel durante a locação. Assim, a manutenção necessária ao telhado, às paredes e aos muros, por exemplo, deve ser arcada pelo proprietário do imóvel. O mesmo acontece se o dano é resultado de ações da natureza. Por outro lado, é obrigação do locatário o reparo dos danos causados por si mesmo ou por terceiros durante a vigência do contrato de locação. Independentemente de serem intencionais ou decorrentes do mau uso, tais avarias devem ser reparadas pelo morador e não pelo proprietário do imóvel.

Mais especificamente na proposta desse trabalho, abordam-se as benfeitorias: acréscimos ou melhoramentos realizados no imóvel por meio da ação do proprietário ou do possuidor, como o locatário. O Código Civil classifica as benfeitorias em Voluptuárias: aquelas que tornam o imóvel mais agradável ou que têm alto valor, com exemplo clássica sendo a instalação de uma piscina; Úteis: aquelas que facilitam a utilização do imóvel, por exemplo, a construção de uma garagem e Necessárias: aquelas que têm por finalidade a própria conservação do bem, evitando sua deterioração. Exemplo: reparos nas paredes para evitar infiltrações.

Com relação aos painéis fotovoltaicos, é necessário considerar que o sistema, quando ligado à rede elétrica, fica vinculado ao titular da conta de energia do imóvel. Ou seja, se a fatura elétrica estiver no nome do dono, o sistema também deverá ser. Portanto, não é necessário ser o proprietário do imóvel para instalar e se beneficiar dessa tecnologia, mas, é essencial ser o titular da fatura de energia elétrica.

Há que se levar em conta que a fase de instalação (que inclui fixação), pode exigir ajustes em telhados, coberturas, lajes, alteração na estética da edificação ou outras intervenções, e estas, precisam estar acordadas entre as partes. Vale ressaltar

que, se os custos do projetor e caírem sobre o locatário, o sistema poderá ser removido no caso de quebra de contrato, sendo necessário novo projeto e adaptações do sistema em outro local.

Em termos técnicos, deverá ser estritamente seguida a NTC 905200: “ACESSO DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA AO SISTEMA DA COPEL”, que dispõe sobre padrões, associados às demais prescrições, visando uniformização e adoção de procedimentos, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas, em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST e nas Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2012).

Depois das considerações em âmbito ambiental e legal, é necessário considerar o projeto propriamente dito, bem como sua viabilidade econômica. Está claro que com o processo de globalização, termo cuja utilização tem sido freqüente a partir da década de 1980, instaurou-se paralelamente, uma economia altamente competitiva. Os efeitos desse processo podem ser notados sobre o mercado de trabalho, na produtividade, agora mais distribuída entre vários países e até na capacidade de trabalho do homem, ou, os fatores de produção da Economia.

Sem dúvida, há maiores exigências de eficiência em atividades por parte das empresas, que ao mesmo tempo precisam se dedicar uso eficiente de recursos, como a ‘valiosa’ energia elétrica e reduções, tanto em despesas quanto de danos ao meio ambiente, ou seja, a gestão responsável de recursos e impactos ambientais. Não é difícil concordar com a afirmação: ‘a globalização aumenta o ritmo das mudanças disruptivas nos meios de produção, tendendo a um aumento de tecnologias limpas e sustentáveis’ (ASHFORD, 2004).

Estudar a viabilidade econômica desse projeto remete direta e profundamente à eficiência energética. Usar energia eficientemente não significa apenas reduzir despesas, mas também, poupar o meio ambiente. A eficiência energética também caracteriza a melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e do processo produtivo, como a decorrente da refrigeração de ar adequada, em uma agência bancária.

A crise do petróleo, ocorrida na década de 70, serviu como alerta para que muitos países pesquisassem novas fontes de energia. Como as fontes disponíveis apresentavam custos mais altos e exigiam longos períodos para implantação, o uso

racional de energia passou a ser encarado como a opção mais vantajosa, na medida em que a redução do consumo evitaria a instalação de novos parques geradores.

3. METODOLOGIA

Com recursos naturais cada vez mais escassos e onerosos, a construção civil atentou para a necessidade de inserir em sua atuação, eficiência energética. Dentre os principais custos com energia elétrica nas edificações, estão os custos com climatização dos ambientes, ou conforto térmico: termo que denomina a sensação de bem-estar e satisfação do ser humano em sua percepção da temperatura do ambiente, tanto em edificações residenciais, como comerciais e públicas.

A escolha de um sistema de climatização adequado, em edificação já construída, bem como a 'alimentação' deste, tem um papel muito importante para o aumento da eficiência. Nesse trabalho, a proposta de eficiência energética é utilizar a fonte solar fotovoltaica no atendimento à demanda de condicionamento de ar em agência bancária.

A agência em questão tem aproximadamente 450 m², divididos entre dois pavimentos. Aclimatização é feita utilizando-se aparelho de ar-condicionado do tipo "*self contained*", comuns em ambientes comerciais, como agências bancárias. Os equipamentos têm dimensões que ocupam 1 m² de área de base e cerca de 2 m de altura. Esse tipo de aparelho é indicado sempre que houver necessidade de resfriar espaços amplos, com circulação de muitas pessoas, ou até mesmo sala de máquinas, que devam ser protegidas de superaquecimento.

Tal condicionador de ar contém, em seus gabinetes, todos os equipamentos necessários para promover o tratamento de ar, tais como: filtragem, refrigeração, umidificação, aquecimento, desumidificação e movimentação do ar. Este ar é então distribuído através da rede de dutos para as áreas desejadas. Sua potência normalmente situa-se entre 5 toneladas de refrigeração (TR) a 30TR.

Dentre as vantagens desse tipo de equipamento, podem ser citados menor custo de manutenção, fácil reposição de peças e grande versatilidade para projetos (ALVES e SAÚDE, 2013). A Figura 5 ilustra o equipamento *self contained*, que, na ABNT NBR 16401, guia que regulamenta instalações de ar-condicionado, é classificado como pertencente ao grupo com sistema de expansão direta, o que

significa dizer que o refrigerante está contido em uma serpentina, e ao evaporar, resfria diretamente o ar em contato com ela.

Análise energética, potencializada com informações detalhadas de ambientes, e cálculo da efetiva carga térmica, indicam, empiricamente, que o consumo aproximado de um *self contained* de capacidade 10 TR, é de 15 kW (FERRARI e HERNANDEZ, 2006). A agência do estudo de caso desse trabalho necessita de 30 TR, para climatização ideal. Portanto, o projeto necessita dimensionar alimentação energética para três (3) aparelhos *self contained* de capacidade 10 TR, ao custo energético de 360 kWh, considerando-se utilização diária em jornada igual a 8 horas. Isso é demonstrado na Eq.1.

FIGURA 5 – MANUTENÇÃO DE SELF CONTAINED



FONTE: <https://n9.cl/xl6w>, (acesso em 24/09/2020).

$$15[kW].3.8[h]=360kWh \quad (1)$$

A Tabela 1 apresenta a tarifa vigente em R\$ do kWh, na concessionária de energia elétrica que atende a agência do estudo de caso proposto, COPEL, levando-se em conta o grupo B3, no qual se enquadra. Tais dados possibilitam estimar o custo do sistema de climatização proposto, utilizando como fonte de energia primária, a que provém da concessionária local, dentro do período um mês, ou seja: R\$ 8.626,82, ou, aproximadamente R\$ 103.521,84 por ano. Esse valor é apresentado na Eq.2.

Tabela 1 - TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

CONVENCIONAL	Resolução ANEEL N° 2.559, de 18 de junho de 2019	
Tarifa em R\$/kWh	Resolução	Com Impostos:
	ANEEL(*)	ICMS e PIS/COFINS
B3-Demais Classes	0,51761	0,79878

FONTE: ADAPTADO DE <https://bitly.com/QDwVQ> (acesso em 24/09/2020).

$$15[kW].3.8[h].30.0,79878[R\$/kWh]=R\$ 8.626,82(2)$$

Conhecendo-se o consumo mensal de energia destinada aos aparelhos de climatização, pode-se dimensionar o sistema fotovoltaico necessário para atendimento dessa demanda. O Painel Solar escolhido para esse projeto foi o Painel solar 435 W, com 144 células - Mono cristalino - LONGI HALF MONO PERC. Esse painel possui uma das maiores eficiências do mercado, permitindo uma maior geração de energia em relação aos painéis comuns em telhados com espaços limitados.

Os módulos LONGI possuem processo de produção automatizado, garantindo qualidade e excelente durabilidade. Sua tecnologia permite até 4% menos de perdas ao longo do tempo. Pode ser usado em qualquer aplicação que se necessite de energia em 12 v/ 24 v ou 127/220 v. O modelo é ideal para sistemas conectados à rede (on-grid) ou sistemas off-grid para locais isolados onde não há energia da concessionária. Dentre as principais aplicações de utilização desse equipamento, podem ser citados:

- Sistema de geração distribuída (*On-Grid; Grid-Tie*);
- Sistemas de bombeamento d'água;
- Sistema de geração de energia para fazendas, retiros e locais isolados;
- Internet e telecomunicações;
- Sistemas de monitoramento;
- Sistema de previsão climática;
- Alimentação de refrigeradores e equipamentos eletrônicos.

De acordo com as especificações técnicas desse modelo, as dimensões são 2,094 m x 1,038 m. Com isso, a área aproximada de cada painel é de 2,17 m², conforme demonstra a Eq. 7. A potência do painel é de 435 w. Na região Sul, na cidade de Curitiba, onde fica localizada a agência do projeto, tem-se, em média, 4.2 h diárias (ou tempo) de irradiação solar ÚTIL à geração fotovoltaica (CHIGHERU, 2000). Nessa situação, um módulo fotovoltaico de 435 w gera, por dia, 1.64 kWh, ou, 49 kWh/mês, como mostrado nas Eq.3 a Eq.5.

$$Energia = potência \cdot tempo \cdot rendimento \quad (3)$$

$$Energia = 435 \cdot 4,2 \cdot (1 - 0,1) = 1.644,3 \text{ Wh/dia} \quad (4)$$

$$Energia = 1.644,3 \cdot 30 = 49.329 \text{ Wh/mês} = 49 \text{ kWh/mês} \quad (5)$$

Com essas informações, conclui-se que a quantidade necessária de painéis, para atendimento da demanda dos aparelhos de climatização da agência em estudo é aproximada de 219, conforme indica a Eq.6; a área individual de cada painel é indicada na Eq. 7. O arredondamento foi feito para menor, devido à consideração realista de rendimento na geração de energia igual a 90%.

$$total \ de \ painéis = \frac{energia \ necessária}{energia \ de \ cada \ painel} = \frac{360 \text{ kWh/dia}}{1,64 \text{ kWh/dia}} = 219,5 \text{ painéis} \quad (6)$$

$$Área \ do \ painel = 2,094 \text{ m} \cdot 1,038 \text{ m} = 2,17 \text{ m}^2 \quad (7)$$

Considerando-se a energia demandada, a energia individual gerada dos painéis e a área individual desses, conclui-se que a agência não comportaria adequadamente a quantidade necessária, uma vez que possui área aproximada em 450 m². Verifica-se tal afirmação na Eq. 8. Optou-se pela utilização de uma quantidade menor de painéis, uma vez que todos os valores envolvidos estão absolutamente dentro de margens coerentes de segurança, que a qualidade dos equipamentos escolhidos garante atendimento e que a irradiação é uma média

anual, logo, o desvio padrão é também um bom argumento para tomada de decisão. Portanto, para o projeto em questão, são sugeridos 207 painéis solares.

$$\text{Área Total para atendimento da demanda} = 219.2,17\text{m}^2 = 475\text{m}^2(8)$$

Por último, mas não menos importante, considerar-se-á a viabilidade econômica do projeto. O projeto envolve um sistema classificado como conectado à rede elétrica (*on-grid*), que alimentará consumidores em corrente alternada, sem acumulação e que tem como componente básico o inversor de frequência. Essa é a configuração da aplicação comercial típica, conforme Tabela 2. Vale destacar que os componentes (ou kit) de instalação de um sistema solar fotovoltaico são, basicamente:

- Painéis fotovoltaicos;
- Inversor solar;
- Estrutura de fixação;
- Cabeamento especial para corrente contínua;
- Conectores especiais
- Mão – de - obra.

Serão utilizados 207 painéis, 2 inversores (para totalizar a potência necessária) de frequência de modelo Fronius Eco 25.0-3-s (25.000 W) 380 V, conforme Figura 6. Equipamentos de proteção (incluindo duas *stringbox*). A viabilidade econômica do projeto exige estimativa dos custos.

FIGURA 6 - INVERSOR DE FREQUÊNCIA



FONTE: <https://www.fronius.com/eco-25-0-3-s>, (acesso em 09/10/2020).

Tabela 2 - CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS CONECTADOS À REDE.

Tipos de sistema		Alimentação dos Consumidores	Acumulação	Componentes básicos	Aplicações Típicas
Sistemas conectados à rede elétrica	Puros	Tensão Alternada	Não	Inversor	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública
	Híbridos	Tensão Alternada	Não	Inversor e gerador complementar	Idem anterior
			Sim	Inversor, gerador complementar e acumulador	Eletrificação rural, uso industrial, suprimento ininterrupto de energia

FONTE:ADAPTADODEABNT2008.

4. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta uma alternativa inicial, considerando-se a especificação de equipamentos apresentada na seção anterior. O *payback* de um sistema de energia solar fotovoltaica nada mais é do que geração de créditos energéticos quando o excesso não é utilizado.

Assim, o retorno do investimento pode ser mensurado através do tempo em que já foi pago. É necessário dividir o valor do investimento pelo custo atual ao ano, conforme Eq. 9. Sabendo-se que a vida útil de um sistema fotovoltaico é de cerca de 30 anos, o retorno em investimento é atrativo, pois foi menor do que 4 anos.

$$\text{Payback} = \frac{367.378,00}{103.521,84} = 3,55 \text{ anos} = 3 \text{ anos } 6 \text{ meses e } 18 \text{ dias} \quad (9)$$

Tabela 3 - ESTIMATIVA DE CUSTOS.

Item	Quantidade	Preço Unitário [R\$]
Painéis fotovoltaicos	207	1.080,00
Inversor solar	2	26.909,00
Estrutura de fixação	total	30.000,00

Cabeamento/conectores/proteção	total	30.000,00
Instalação/Projeto	total	30.000,00
Total Estimado		R\$367.378,00

FONTE: PRÓPRIA.

5. CONCLUSÕES

Os aparelhos do tipo *self contained* podem ser sistemas ruidosos, porém, também são, comprovadamente, os mais utilizados para climatização comercial. O grande dispêndio de energia elétrica por parte desses equipamentos pode ser amainado. O fato de agências bancárias, costumeiramente serem imóveis alugados, sugere apenas acordo entre inquilino e locatário, numa empreitada que certamente valoriza imóvel, proporciona economia em faturas de energia elétrica e contribui para o meio ambiente.

Considerando-se fatores técnicos, é necessário que o dimensionamento do sistema considere a região e a insolação própria diária da região. Além disso, a potência dos painéis influencia diretamente na quantidade necessária, que conseqüentemente, está atrelada à área disponível para instalação. É importante salientar que o espaço útil da edificação não fica comprometido, uma vez que os painéis ocupam telhados.

O investimento em fonte solar fotovoltaica para atendimento à demanda de climatização em agência bancária mostrou-se atrativo com relação à viabilidade econômica. Essa é uma tendência contínua, devido à ampliação da utilização da fonte, concorrência na produtividade dos insumos necessários - o que gera queda nos custos-e incentivo fiscal por parte de políticas assertivas. Além disso, é fortemente incentivado quando se considera o apelativo das fontes alternativas de energia. É sempre possível ampliar a geração de energia com a adição de painéis, o que poderia incluir o atendimento à demanda total de energia elétrica de uma agência bancária, gerando ainda mais economia, com baixo investimento em manutenção e principalmente, sustentabilidade. Vale lembrar que é possível projetar um telhado de estacionamento, por exemplo, para produção de 'energia limpa', no caso de aparente indisponibilidade da edificação.

Apesar de diversos argumentos em favor da utilização da fonte solar fotovoltaica, ressalta-se que há, também, pontos negativos relacionados à sua

utilização e impactos ambientais, emissões de produtos decorrentes do processo de preparação da matéria-prima, principalmente a purificação do silício; a ocupação de área para instalação dos sistemas que não possam ser instalados em estruturas já existentes, como telhados; e ainda, a necessidade do correto descarte de materiais. Neste sentido, é importante que se cumpram as leis ambientais relativas a cada etapa do processo, desde a fabricação dos componentes, ao descarte, tendo o sistema então, cumprido sua vida útil e propósito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Código Civil Brasileiro (2002). Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Disponível em <<https://bitlybr.com/FnTAIH9>>. Acesso em 23 set. 2020.

ASHFORD, Nicholas A. Sustainable Development and Globalization: Challenges and Opportunities for Work Organization. 2004.

New

ALMERON, D. Quem é responsável por reformas e manutenções de um imóvel alugado segundo a Lei do Inquilinato? (8.245/1991), 2017. Disponível em: <<https://url.gratis/rOdyH>>. Acesso em: 23 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais Unitários, Rio de Janeiro, 2008.

BANCO DO BRASIL, Relatório Anual: <https://bit.ly/31BfmC0>, acesso em 28/08/2020.

BANCO DO BRASIL. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://bitlybr.com/IL5aO>>. Acesso em: 8 jul. 2020.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira et al. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 628-642, 2015.

BRASIL. ANEEL. **Resolução ANEEL nº 482/2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <https://bitlybr.com/IL5aO> Acesso: 23 set. 2020.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Página 132.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica e viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica em casas brasileiras: uma abordagem no período recente. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2012.

CHIGUERU, T. et al. Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. Disponível em: <<https://bitlybr.com/mlAbCd>>. Acesso em: 08 nov. 2020.

DAROSA, Antonio Robson Oliveira; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2016.

DIEBEL, J.; NORDA, J.; KRETCHMER, O. Relatórios meteorológicos detalhados. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com>>. Acesso em 02 Out. 2020.

ALVES, D. N.; SAÚDE, R. R. C.; Procedimento básico de elaboração e implantação de projetos de sistemas de ar-condicionado baseado na ABNT NBR 16401. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

DELMAR, Carlos P. Direito na Construção Civil. Editora PINI. São Paulo, 2015.

DEMARTINO JANNUZZI, Gilberto; VARELLA, Fabiana KOM; GOMES, Rodolfo Dourado Maia. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil: panorama da atual legislação. **International Energy Initiative para a América Latina (IEI-LA) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)**, 2009.

FERRARI JUNIOR, Carlos Roberto; HERNANDEZ NETO, Alberto. Análise do sistema atual e projeto de um sistema central de ar-condicionado para o Palácio dos Bandeirantes. **Anais**. São Paulo: EPUSP, 2006.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. **Cursos de direito ambiental brasileiro**. Saraiva Educação SA, 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R., Eficiência Energética na Arquitetura. PWE editores, São Paulo, 1997. MATSUOKA, Luciane Terumi; SILVA, J. J. O setenta e a hierarquia das necessidades humanas de Maslow: conjecturas na sociedade contemporânea. In: **Colloquium Humanarum, Presidente Prudente**. 2013. p. 633-639.