



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Quaraí

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AEROPORTOS: CONTRIBUIÇÕES DA
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA**

SOARES, Rodrigo Perrone¹

SANTOS, Ísis Portolan²

RESUMO

Com o aumento significativo dos passageiros em voos comerciais nos últimos anos, os aeroportos Brasileiros necessitaram aumentar sua capacidade, com o desafio de manter o conforto e as operações de voo em turno integral. Para possibilitar esses serviços, é necessária a utilização de potentes equipamentos nas edificações, capazes de torná-la confortável termicamente, com iluminação adequada e com sistemas de voo em operação segura. Isso exige, em meio às previsões de uma crise energética global, um consumo energético elevado nos aeroportos, que são normalmente edificados em locais amplos e livres de sombreamento. Aliando as ferramentas existentes para a eficiência energética, como painéis fotovoltaicos, às recentes políticas públicas de incentivo à geração de energia, os Terminais de

¹ Arquiteto. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

² Arquiteta, Dr. Eng. Civil. Professora Orientadora. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

Passageiros se apresentam como um grande potencial para aproveitamento da energia solar, com conseqüente redução do consumo de energia de redes públicas, diminuindo ainda os custos com energia da própria edificação. Neste estudo, foram analisadas as demandas atuais de energia e as possibilidades de contribuição da geração fotovoltaica instalada na edificação do Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre - RS. A metodologia utilizada iniciou através do estudo das plantas arquitetônicas da edificação com verificação do potencial para geração fotovoltaica e o levantamento de dados locais de demanda por energia elétrica e disponibilidade de radiação solar, relacionando às tecnologias e sistemas de geração fotovoltaicas do mercado. Ao final do estudo, são apresentadas as melhores opções para geração de energia solar para esta edificação, identificando as potencialidades de sua instalação em Terminais de Passageiros, visando assim obter retorno financeiro e contribuir para diminuição da demanda fornecida pela concessionária, utilizando para isso a contribuição com energia de fonte renovável.

Palavras-chave: Aeroportos, Microgeração, Energia Solar.

ABSTRACT:

With the significant increase of passengers on commercial flights last years, the Brazilian airports needed to increase their capacity, with the challenge of maintaining the comfort and flight operations at full time. To enable these services, the use of powerful conditioning equipments is required, able to make it comfortable, with adequate lighting and flight systems in operation. Despite the predictions of a global energy crisis, this requires very high energy consumption at airports, which are usually built in open and sunny locations. Combining existing tools for energy efficiency , such as photovoltaic panels, and the recent governmental policies to encourage energy generation, passenger terminals appear as a great potential for using solar energy, with consequent reduction of public grid's energy consumption, also reducing energy costs. In this study, were analyzed the current energy demands and the possible contribution of photovoltaic generation at the passenger terminal from Salgado Filho International Airport in Porto Alegre-RS. The methodology starts

by studying the architectural building plans to check for potential photovoltaic generation and the survey data of local electricity demand and the availability of solar radiation, reaching conclusions about market technologies and photovoltaic generation systems. Hopefully, at the end of the study, finds the best options for solar power generation, identifying the potential for passenger terminals installation, aiming at obtaining financial returns and helps to decrease the load provided by the energy distributor by contributing with energy from renewable sources.

1. INTRODUÇÃO

Com papel fundamental na infraestrutura de transportes de qualquer país, os Aeroportos têm crescido sua demanda acima do esperado nos últimos anos, obrigando a modernização e ampliação do setor constantemente. Assim como em outros países, o numero de passageiros aumentou significativamente no Brasil, alavancado ainda por uma economia que favoreceu o acesso ao transporte aéreo para as diferentes classes sociais nos últimos anos. Com isso, os aeroportos precisam operar durante as 24 horas do dia, nos 365 dias do ano, fornecendo a infraestrutura necessária ao conforto dos passageiros, como climatização, iluminação, escadas rolantes e elevadores, assim como à segurança da aviação, através dos diversos equipamentos que funcionam ininterruptamente.

Através da elevada demanda de energia de um aeroporto e seus equipamentos, fato perceptível pela sociedade por se tratar de um serviço ao público, com funcionamento ininterrupto, os aeroportos representam um potencial nicho para conservação de energia.

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), os aeroportos representam 5% do consumo anual de energia no mundo. Esse consumo, de acordo com a International Energy Agency (IEA), equivale a mais de 12 milhões de toneladas de petróleo, quantitativo que a IEA espera triplicar até 2050 pela expansão dos aeroportos e suas projeções numéricas.

Assim, diante da eminente crise energética das próximas décadas, somam-se aos esforços dos administradores de aeroportos, atualmente focados em fornecer um serviço seguro e confortável aos usuários, a missão de reduzir os custos com energia, minimizando assim o impacto pela demanda de energia na região em que

estão instalados.

Através da postura projetual na concepção dos empreendimentos e dos sistemas tecnológicos disponíveis no mercado, torna-se de grande importância a investigação por novas tecnologias com eficiência energética em substituição aos padrões antes utilizados.

Atualmente, o número de ações concretizadas, visando à eficiência energética dos aeroportos Brasileiros, são relativamente pequenas, apesar das muitas potencialidades características a essa tipologia de edificação. A efficientização dos diversos sistemas, como iluminação, climatização, equipamentos de circulação, entre outros, pode representar um impacto positivo na fatura de energia, além de garantir o retorno dos investimentos em equipamentos em curto ou médio prazo, devido ao tamanho e intensidade de uso da edificação. Além disso, o posicionamento geográfico dos aeroportos e suas normas restritivas de volumetria, favorece a prospecção por sistemas de geração local de energia, como painéis fotovoltaicos, em especial para os Terminais de Passageiros.

Para esse estudo, o foco foi o Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, mais especificamente o Terminal de Passageiros 1, a principal edificação de um sítio aeroportuário. Assim, foi possível diagnosticar e avaliar os principais sistemas consumidores de energia, como climatização e iluminação, assim como as potencialidades de geração local da energia utilizada.

Como objetivo principal, buscou-se dimensionar os ganhos com a autogeração de energia, utilizando como base de estudos a energia solar fotovoltaica, avaliando assim a possibilidade de redução da demanda atual por energia, verificando inclusive a possibilidade de transformação da edificação em um ZEB (zero energy building ou edifício com balanço de energia zero).

Sabe-se que para obter maior eficiência com a energia fotovoltaica a localização geográfica e a disponibilidade de radiação solar são fundamentais. Porém, o aeroporto do presente estudo está localizado no extremo sul do país, onde enfrenta-se um inverno rigoroso e durador, além de meses com muita incidência de neblina, o que pode afetar negativamente os resultados. Mas em uma avaliação da radiação solar a nível nacional, Porto Alegre ainda possui maior índices de radiação que outras capitais como Florianópolis, conforme atlas solarimétrico brasileiro, e em relação aos níveis mundiais de radiação, o valor próximo a 5kWh/m^2 dia, quase o dobro da radiação disponível em países como a Alemanha, que possuem uma

utilização consolidada da geração solar fotovoltaica (Joint Research Centre, 2008).

Além disso, a maior parte dos aeroportos brasileiros é concebida com fundos da União, que estabelece desembolsos máximos para garantir a operacionalidade do aeroporto. Itens de sustentabilidade recentemente começam a ganhar algum espaço no planejamento dos empreendimentos. Logo, a localização geográfica desfavorável, a falta de planejamento característica da área de engenharia brasileira e os limites financeiros impostos pela União, exigem que as soluções propostas sejam justificadamente viáveis. As ações para melhoria da eficiência energética devem ter um baixo impacto financeiro, com retorno do investimento em curto ou médio prazo e ter uma justificativa de aplicação consistente para que sejam efetivadas na prática.

Com a expansão crescente do setor da aviação e visando a diminuição de custos e impactos ambientais decorrentes da grande demanda por energia, torna-se imprescindível a otimização das metodologias convencionais adotadas na concepção de empreendimentos, oriundas ainda da época da aviação militar, responsável pela implantação dos principais aeroportos nacionais. Sistemas modernos de Eficiência Energética possibilitam a diminuição de custos com energia ao mesmo tempo em que contribuem para o desenvolvimento sustentável. Um fator que incentiva essa investigação é a recente regulamentação pela ANEEL da microgeração e minigeração de energia, permitindo os consumidores de residências, comércios, indústrias e instituições de produzir sua própria eletricidade. Com ela é possível diminuir os custos com energia, além de ajudar o governo a postergar investimentos com aumento de infraestrutura para suprir a demanda energética.

Assim, torna-se necessária a criação de ferramentas que subsidiem os agentes envolvidos na concepção dos empreendimentos na adoção de novas técnicas em substituição às convencionais. Ferramentas comparativas, evidenciando o custo-benefício da substituição dos sistemas atuais de fornecimento e utilização de energia são fundamentais para possibilitar a inclusão de novas práticas de planejamento e construção de empreendimentos. Tal estudo justifica-se, ainda, ao ser considerado o impacto ambiental dos aeroportos, não apenas pelo consumo de energia, mas também, pela poluição causada pela emissão de gases na atmosfera pelas aeronaves. A implementação de sistemas conservadores de energia e utilização de fontes renováveis pode representar também uma busca pela compensação pelos danos causados ao meio ambiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. História da aviação no Brasil:

Em 22 de abril de 1932, era criado, pelo Presidente Getúlio Vargas, o Departamento de Aviação Civil, subordinado ao então Ministério de Viação e Obras Públicas.

Em verdade, a preocupação governamental com a aviação civil remontava a alguns anos antes, mais precisamente, a 5 de janeiro de 1920, quando foi criada a Inspeção Federal de Viação Marítima e Fluvial, acumulando atribuições referentes à navegação e à indústria aeronáutica, à época, emergentes.

A década de 30 foi pródiga em movimentos intelectuais e políticos, que propugnavam a doutrina do poder aéreo unificado e a criação de uma Força Aérea independente.

Assim é que, consubstanciando as aspirações dos pensadores e pioneiros de então, foi criado, em 20 de janeiro de 1941, também pelo Presidente Vargas, o Ministério da Aeronáutica, incorporando todo o acervo material e humano das extintas Aviação Naval e Aviação Militar, bem como do Departamento de Aviação Civil. (MALAGUTTI, 2001)

Uma nova fase do Transporte Aéreo estendeu-se pelas décadas dos 40 e 50. Até o início da década dos 60, e mesmo ao longo dela, mais de 20 empresas foram criadas, as quais concentraram as suas linhas principalmente nas rotas do litoral. (MALAGUTTI, 2001).

Na década dos 60, a aviação comercial brasileira alcançava uma crise econômica de graves proporções, causada por diversos fatores: a baixa rentabilidade do Transporte Aéreo, provocada pela concorrência excessiva; a necessidade de novos investimentos para a renovação da frota, visando à substituição das aeronaves do pós-guerra, cuja manutenção tornava-se difícil e cuja baixa disponibilidade prejudicava a regularidade dos serviços; as alterações na política econômica do país, que retirou das empresas aéreas o benefício do uso do dólar preferencial para as importações, etc. (MALAGUTTI, 2001).

Iniciou-se assim a segunda fase da evolução da política governamental para o setor da aviação civil, que se estendeu até a década dos 80, quando já estavam operando os primeiros aviões turbo-hélices e jatos da aviação civil brasileira. Com a

introdução de aeronaves mais modernas, e de maior porte, as empresas viram-se forçadas a modificar a sua rede de linhas, optando por servir apenas as cidades de maior expressão econômica, cujo mercado viabilizasse a prestação do serviço com o uso de aeronaves desse tipo. (MALAGUTTI, 2001).

Em consequência dessa nova política e das diretrizes dela decorrentes, foi implementado o sistema de liberação monitorada das tarifas aéreas domésticas; foi aberto o mercado doméstico para a entrada de novas empresas, tanto de transporte regular, quanto de transporte não-regular, incluindo regionais e cargueiras, as quais passaram de 17, em 1991, para um total de 41, nos dias atuais; foi suprimida a delimitação de áreas para exploração do transporte regional e a exclusividade desfrutada, dentro das mesmas, por algumas empresas; flexibilizaram-se os parâmetros para a concessão de linhas; foram designadas novas empresas nacionais para explorar o Transporte Aéreo internacional; foi admitida a criação e o licenciamento de um novo tipo de empresas, destinadas à exploração do Transporte Aéreo não-regular de cargas e passageiros, na modalidade de “charter”, e foi, enfim, como decorrência de todas essas medidas, aumentada a oferta ao usuário, que passou de 22.560.000 assentos/km, em 1991, para cerca de 32.000.000, nos dias atuais. (MALAGUTTI, 2001).

O transporte aéreo no Brasil cresce a taxas altíssimas e deve continuar nesse ritmo. Depois de décadas em que viajar de avião era apenas para os ricos, finalmente mais pessoas passaram a ter acesso ao transporte aéreo, graças ao aumento do poder aquisitivo dos brasileiros e à competição entre as empresas aéreas, que reduziu o custo das passagens. (Revista Em Discussão, 2010).

Se esse fenômeno proporcionou a milhares de brasileiros a experiência de viajar pelos céus, ao mesmo tempo sobrecarregou a infraestrutura nacional para a aviação civil, que hoje precisa de investimentos bilionários para conseguir atender à demanda crescente. (Revista Em Discussão, 2010).

2.2. Aeroporto de Porto Alegre:

O Aeroporto Internacional de Porto Alegre/Salgado Filho ocupa uma área patrimonial que tem a sua origem na antiga Sesmaria de Jerônimo de Ornellas. Com a morte de Jerônimo de Ornellas, a área foi ocupada até que a Brigada Militar, por meio de um processo envolvendo o Governo do Estado do Rio Grande do Sul,

passou a utilizá-la parcialmente para desenvolvimento de Unidades Paramilitares no combate às periódicas revoluções.

Na época, havia uma pista de 600 metros de comprimento localizada no campo da várzea do Rio Gravataí, onde foram construídos dois galpões destinados a oficinas e hangares. Em 15 de setembro de 1923 terminava a construção do primeiro Aeroporto de Porto Alegre, que pertencia ao Serviço de Aviação da Brigada Militar.

Em 1937/1938, teve início o processo de desapropriações de terrenos adjacentes à área ocupada pelo Aeródromo de São João para sua ampliação e construção do Aeroporto de Porto Alegre, que recebeu a designação pelo Decreto Lei nº 2271 de 03 de julho de 1940. Neste período foi construído o primeiro terminal de passageiros, pelo Engenheiro Stoki, primeiro chefe da 9ª Região do Departamento de Aviação Civil - DAC.

Em 12 de outubro de 1951, pelo Decreto Lei nº 1457, o Aeródromo de São João ou simplesmente Aeroporto de Porto Alegre passou a ser designado Aeroporto Internacional Salgado Filho. O novo trecho de pista e os 12 módulos da Estação de Passageiros foram inaugurados em 19 de abril de 1953.

Até 1971, o aeroporto passou por inúmeras transformações com obras de ampliação, recuperação, drenagem, pavimentação, entre outras, como o acesso à Varig, estacionamento para táxis, praça em frente ao aeroporto, reformas nas bombas de drenagem e a ampliação e modernização do terminal de passageiros, oferecendo maior capacidade e funcionalidade.

Em 7 de janeiro de 1974, a Infraero assumiu a administração, operacionalidade e exploração comercial e industrial do aeroporto. Em 1982, novos recursos foram destinados à ampliação do Terminal de Passageiros, pois a demanda aeroportuária já alcançava índices elevados de movimento.

Em 1987, o estacionamento em frente ao aeroporto foi ampliado de 280 para 750 vagas. Desde 1993, o prédio do aeroporto passou por reformas proporcionando melhorias aos usuários. Neste ano foi realizada a modernização da marquise em frente ao aeroporto, a remodelação da sala de embarque 1, a duplicação da sala de embarque 3 e a ampliação do desembarque doméstico. Em 1994 foi instalado o elevador hidráulico que facilita o acesso ao segundo piso; a climatização com ar condicionado central e a construção do berçário.

Em 1995 foram concluídas a ampliação do Terminal de Cargas e a

instalação da segunda esteira de bagagem no desembarque doméstico. Em 1996, o terraço panorâmico foi fechado com vidros e climatizado e, em 28 de dezembro de 1996, foi assinada a ordem de serviço para início da construção do novo Complexo Aeroportuário Internacional Salgado Filho.

Em outubro de 2001 foi inaugurado o novo Terminal do Aeroporto Internacional Salgado Filho. As obras foram iniciadas em janeiro de 1997 e concluídas em setembro de 2001. Em dezembro de 2010 foi reinaugurado o antigo terminal de passageiros. (INFRAERO, 2014)

2.3. Eficiência Energética nas Edificações:

A grande maioria das edificações desperdiça relevantes oportunidades de poupar energia pela não consideração efetiva, desde o projeto arquitetônico, passando pela construção até a utilização final, de novas tecnologias. Importantes desenvolvimentos nas áreas da arquitetura, materiais, equipamentos e tecnologias construtivas, vinculados à eficiência energética, acabam não sendo aplicados pelo entendimento equivocado que seus custos são mais elevados, os que nem sempre é verdadeiro. Quando se concebe um projeto integrado da edificação, ganhos significativos em sustentabilidade podem ser atingidos, tornando extremamente favorável a relação benefício/custo. Da mesma forma, técnicas de restauração de edificações (“retrofits”) permitem aumentar substancialmente a eficiência energética de prédios existentes. (BRASIL, 2002, p. 26).

Alguns estudos já demonstram o potencial da geração fotovoltaica integrada a complexos aeroportuários, o que viabilizou a celebração de um Termo de Cooperação Técnica entre a Infraero e a UFSC, visando integrar aos aeroportos a utilização da energia solar como fonte de energia alternativa (BRAUN; JARDIM; RÜTHER, 2007). Outro estudo no Brasil foi feito utilizando o Aeroporto Internacional de Val-de-Cans (Belém, PA) como objeto de estudo (SANTOS; PINHO; MACÊDO, 2008).

2.4. Geração solar fotovoltaica

Considerada uma fonte eterna de energia, amplamente disponível e gratuita, o Sol fornece em um único dia, mais energia que a demanda de todos os habitantes do planeta durante um ano. A luz solar, fonte de energia essencial para a

sobrevivência do planeta, também pode prover eletricidade de forma limpa e renovável.

A energia solar se apresenta como uma fonte interessante a ser explorada, tendo em vista os problemas ambientais causados pelos combustíveis fósseis e as crescentes dificuldades na obtenção de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas. Além disso, a redução nos custos de produção dos módulos fotovoltaicos e as condições extremamente favoráveis de irradiação solar no Brasil, são elementos a serem considerados, tal como já acontece na Alemanha, Espanha, EUA e Japão, líderes no desenvolvimento e utilização desta tecnologia. (Eletrosul, 2014).

Desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e fazer uma troca direcionando o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade. (ANEEL, 2014).

O sistema fotovoltaico (FV) integrado à edificação e interligado à rede elétrica é um exemplo interessante de fonte geradora de energia para aplicação em áreas urbanas, principalmente em países ensolarados e com dimensões continentais como o Brasil. Essa aplicação vem sendo cada vez mais inserida no ambiente urbano, não somente para uso residencial, mas também em edificações comerciais e industriais onde o pico de carga e o de geração FV são geralmente coincidentes. As edificações dos setores urbanos no Brasil apresentam um grande potencial para a integração dos sistemas FV, mostrando bons resultados em termos de geração de energia e de redução da curva de carga. Inserida nos setores urbanos, a utilização dessa fonte renovável de energia (FRE) poderá auxiliar a rede elétrica em diferentes formas, tanto como uma fonte geradora de energia, que poderá contribuir com a redução da sobrecarga da rede em alimentadores específicos, quanto como uma pequena usina capaz de diversificar a matriz energética e auxiliar em situações de sobrecarga dos alimentadores de áreas adjacentes. (RUTHER, 2011).

Quando a integração fotovoltaica é possível e a potência instalada gerar anualmente a mesma quantidade de energia que o edifício consumir, pode-se entender que a edificação é um ZEB (Zero Energy Building). Caso o balanço anual

entre o consumo de energia elétrica e a geração fotovoltaica do sistema integrado estiver negativa, ou seja, gerando mais do que o consumo, a edificação passa a ser um Energy-PlusBuilding (edificação de energia positiva). (ANTONIOLLI, 2013).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Verificar a possibilidade de geração fotovoltaica no aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre como estratégia de eficiência energética.

3.2. Objetivo específico

Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Coletar os dados de consumo energético da edificação: Energia consumida para Climatização, Iluminação, sistemas eletrônicos, entre outros, através de seus valores de consumo diurno, noturno e mensal.

- Analisar e interpretar tais dados para identificação dos sistemas mais críticos, analisando ainda as épocas do ano com maiores picos de consumo, convertendo tais valores energéticos em custo financeiro para a administradora dos aeroportos.

- Analisar a oferta de irradiação solar nas diferentes épocas do ano e as possibilidades de aproveitamento da energia solar na edificação utilizando-se das tecnologias fotovoltaicas disponíveis.

- Analisar as possibilidades de implantação dos sistemas de geração de energia fotovoltaica através das plantas do sítio aeroportuário e das plantas de cobertura das Edificações.

4. METODOLOGIA

Para identificação da demanda atual por energia, será elaborado um estudo de caso em um Aeroporto da Regional Sul da Infraero, o Aeroporto Internacional

Salgado Filho, em Porto Alegre, pela disponibilidade de dados reais. Nesse estudo de caso, o objeto será o Terminal de Passageiros 1 (TPS), por possuir a maior demanda, a maior potencialidade fotovoltaica pela grande área de cobertura disponível. Além disto, esta análise poderá servir de modelo a novas análises por ser este o modelo de edificação mais padronizado entre os aeroportos e por apresentar uma estrutura complexa de sistemas, necessários para garantir o conforto no atendimento ao público geral. A análise será feita em relação à demanda de energia do mesmo e as possibilidades de geração fotovoltaica aplicada ao edifício.

4.1. Coleta de dados de consumo energético da edificação

Levantamento do consumo total energético do TPS, incluindo seus principais equipamentos e sistemas. Através da obtenção dos valores expressos na fatura única da concessionária de energia e dados da área de manutenção do aeroporto será possível a identificação dos sistemas mais críticos, os picos de consumo e valores de consumo mensal. Foram levantadas as diversas faturas no período de 12 meses, para ter a base de dados completa.

4.2. Análise de Dados

Análise e interpretação dos dados de consumo do aeroporto, para identificação dos sistemas mais críticos, épocas do ano de maior consumo, levando-se em consideração o montante financeiro desembolsado em cada situação.

4.3. Análise climática

Através de pesquisas bibliográficas (Atlas Solar, Instituições meteorológicas, etc.), softwares e plantas do sítio aeroportuário, elaborar a análise da oferta de radiação solar nas diferentes épocas do ano e levantar as potencialidades para geração de energia elétrica fotovoltaica na estrutura atual do Terminal de Passageiros.

4.4. Estudo da edificação:

Foi feita a análise para implantação dos sistemas de aproveitamento da energia solar, através de módulos fotovoltaicos. Para tal, foi necessário o estudo detalhado da orientação do edifício, área de telhados e as características dos mesmos, como inclinação, estrutura, orientação e localização. Além disso, foi feita uma breve análise nos sistemas consumidores onde, caso necessário, serão sugeridas ações, com o objetivo de diminuir o consumo do mesmo. Também foi verificado o potencial de geração com 3 tecnologias de painéis fotovoltaicos (Silício Amorfo, Silício Policristalino e HIT) com diferentes eficiências e custos.

4.5. Geração e Demanda

Análise da relação entre o consumo da edificação e a possibilidade de geração fotovoltaica da mesma. A partir disso, análise dos 3 diferentes cenários, para ser verificado o custo de cada sistema, estimado o tempo de retorno do investimento e os ganhos ao final da garantia dos equipamentos.

Verificar o percentual atendido pela proposta de geração fotovoltaica e identificar possibilidades de melhoria do balanço energético.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados de consumo energético da edificação

Com o auxílio de um sistema de Gerenciamento de Contratos de Energia da Infraero (GCE), foi possível coletar informações confiáveis sobre o consumo de energia dos aeroportos da Regional Sul e de todas as edificações do sítio Aeroportuário. Dentre os 12 Aeroportos da Regional Sul da Infraero, que compreende Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, o Aeroporto de Porto Alegre (SBPA) representa o maior consumo, com cerca de 39% do consumo total da Regional. Esse consumo contribui significativamente nos custos com energia elétrica dessa regional, havendo sido gastos, entre Setembro de 2013 e Setembro de 2014, mais de 7 milhões de reais.

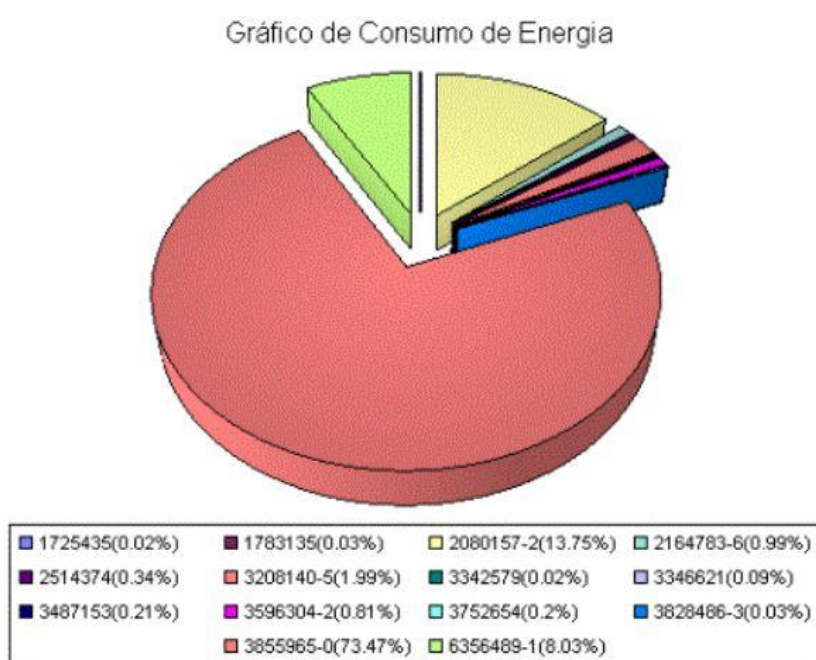
Tabela 01: Ranking de consumo por aeroporto da Regional Sul da Infraero, entre 2013 e 2014.

Posição	Dependência	Consumo kWh	% Consumo Total	Valor (R\$)	% Valor Total
001	SBBI	125.866,00	0,23 %	R\$ 54.746,16	0,29 %
002	SBBG	148.769,00	0,27 %	R\$ 58.305,22	0,30 %
003	SBUG	187.280,00	0,34 %	R\$ 73.160,35	0,39 %
004	SBCM	225.708,00	0,42 %	R\$ 83.260,31	0,50 %
005	SBPK	226.946,00	0,42 %	R\$ 83.675,70	0,45 %
006	SBJV	1.295.092,97	2,38 %	R\$ 513.681,44	2,75 %
007	SBNF	2.278.818,26	4,19 %	R\$ 878.759,38	4,70 %
008	SBLO	2.921.659,00	5,37 %	R\$ 869.056,06	4,65 %
009	SBFL	5.071.992,07	9,32 %	R\$ 1.912.566,44	10,22 %
010	SBFI	7.266.110,99	13,35 %	R\$ 2.384.143,34	12,74 %
011	SBCT	13.494.147,98	24,80 %	R\$ 4.413.897,27	23,59 %
012	SBPA	21.171.993,01	38,91 %	R\$ 7.378.160,44	39,43 %
TOTAL GERAL -		54.414.383,280	100%	R\$ 18.711.212,11	100%

Fonte: Infraero

Para detalhar o importante consumo de energia do SBPA, foram levantados os dados das principais unidades consumidoras do Aeroporto. Constatou-se que o TPS tem importante contribuição no consumo de energia elétrica do Aeroporto, responsável por cerca de 73% do total.

Figura 01: Gráfico das unidades consumidoras de energia do SBPA, onde o TPS-1 é representado em vermelho.



Fonte: Infraero

A partir dessa constatação, procurou-se precisar o consumo do TPS, partindo da definição das diversas formas de consumo e seu custo mensal. Levando-se em consideração a grande amplitude térmica característica da região de Porto Alegre, que exige maior consumo energético para climatização durante alguns meses do ano, foram levantados dados de um período de 12 meses.

Primeiramente, levantou-se o consumo total do TPS-1, no período de 12 meses, entre Outubro de 2013 e Setembro de 2014, em kWh.

Quadro 01: Consumo total do TPS, em kWh, entre 2013 e 2014.

MÊS	2013	2014
OUT	1.200.634,00	
NOV	1.269.822,00	
DEZ	1.272.296,00	
JAN		1.486.483,00
FEV		1.475.057,00
MAR		1.224.520,00
ABR		1.304.878,00
MAI		1.047.786,00
JUN		953.598,00
JUL		1.086.529,00
AGO		1.052.257,00
SET		1.054.111,00
T O T A L	3.742.752,00	10.685.219,00

Fonte: Infraero

A partir da definição do consumo total, tornou-se importante ao estudo o detalhamento desse consumo, definindo os percentuais de consumo em Horário de Ponta (período de 3 horas diárias, geralmente noturnas, onde o fornecimento de energia é mais caro) e o consumo Fora de Ponta do TPS.

Quadro 02: Consumo no Horário de Ponta do TPS-1, em kWh, entre 2013 e 2014.

MÊS	2013	2014
OUT	112.714,00	
NOV	121.062,00	
DEZ	115.616,00	
JAN		127.363,00
FEV		142.097,00
MAR		116.680,00
ABR		112.678,00
MAI		101.706,00
JUN		92.238,00
JUL		100.729,00
AGO		107.737,00
SET		104.671,00
TOTAL	349.392,00	1.005.899,00

Fonte: Infraero

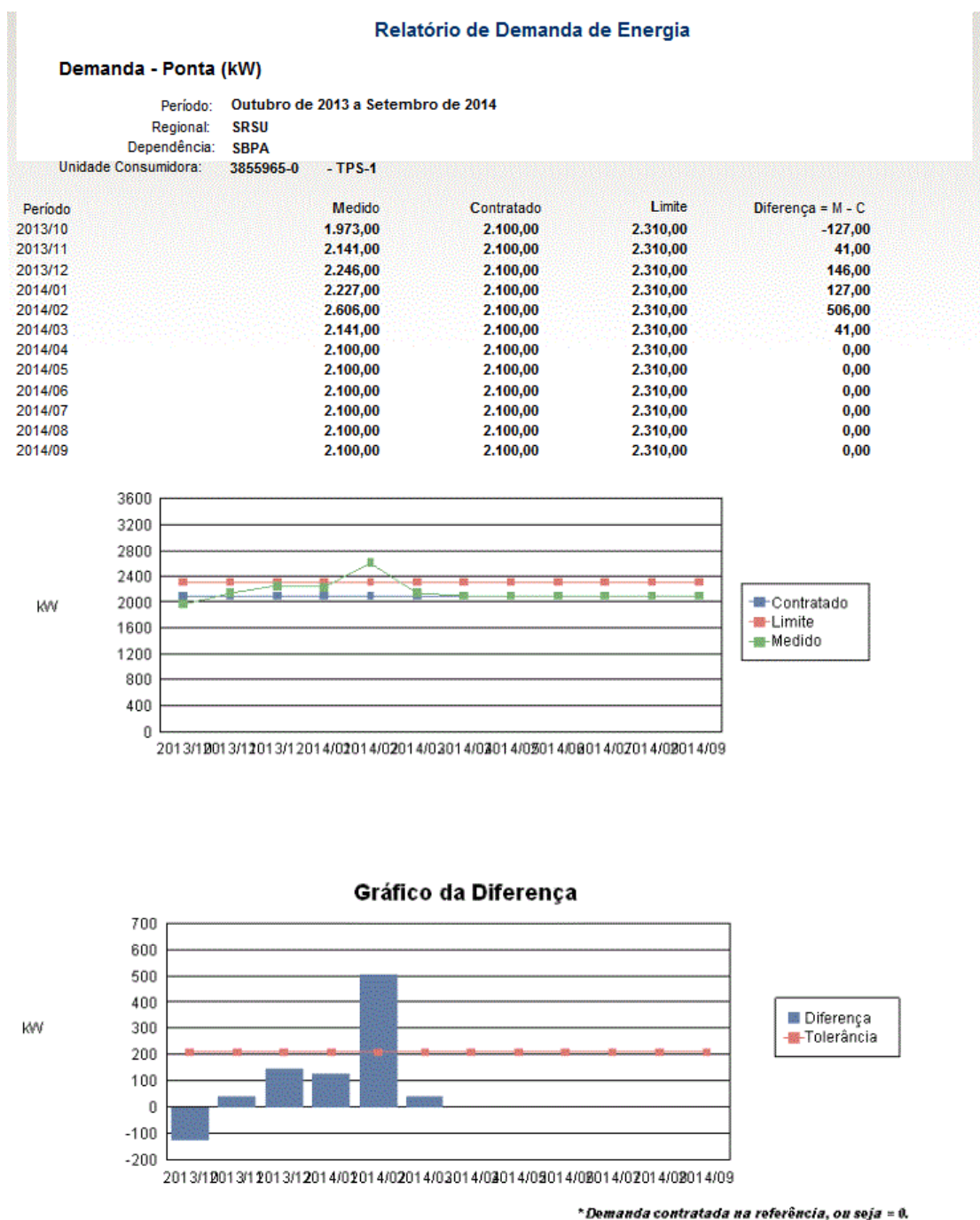
Quadro 03: Consumo Fora da Ponta do TPS-1, em kWh, entre 2013 e 2014.

MÊS	2013	2014
OUT	1.087.920,00	
NOV	1.148.760,00	
DEZ	1.156.680,00	
JAN		1.359.120,00
FEV		1.332.960,00
MAR		1.107.840,00
ABR		1.192.200,00
MAI		946.080,00
JUN		861.360,00
JUL		985.800,00
AGO		944.520,00
SET		949.440,00
TOTAL	3.393.360,00	9.679.320,00

Fonte: Infraero

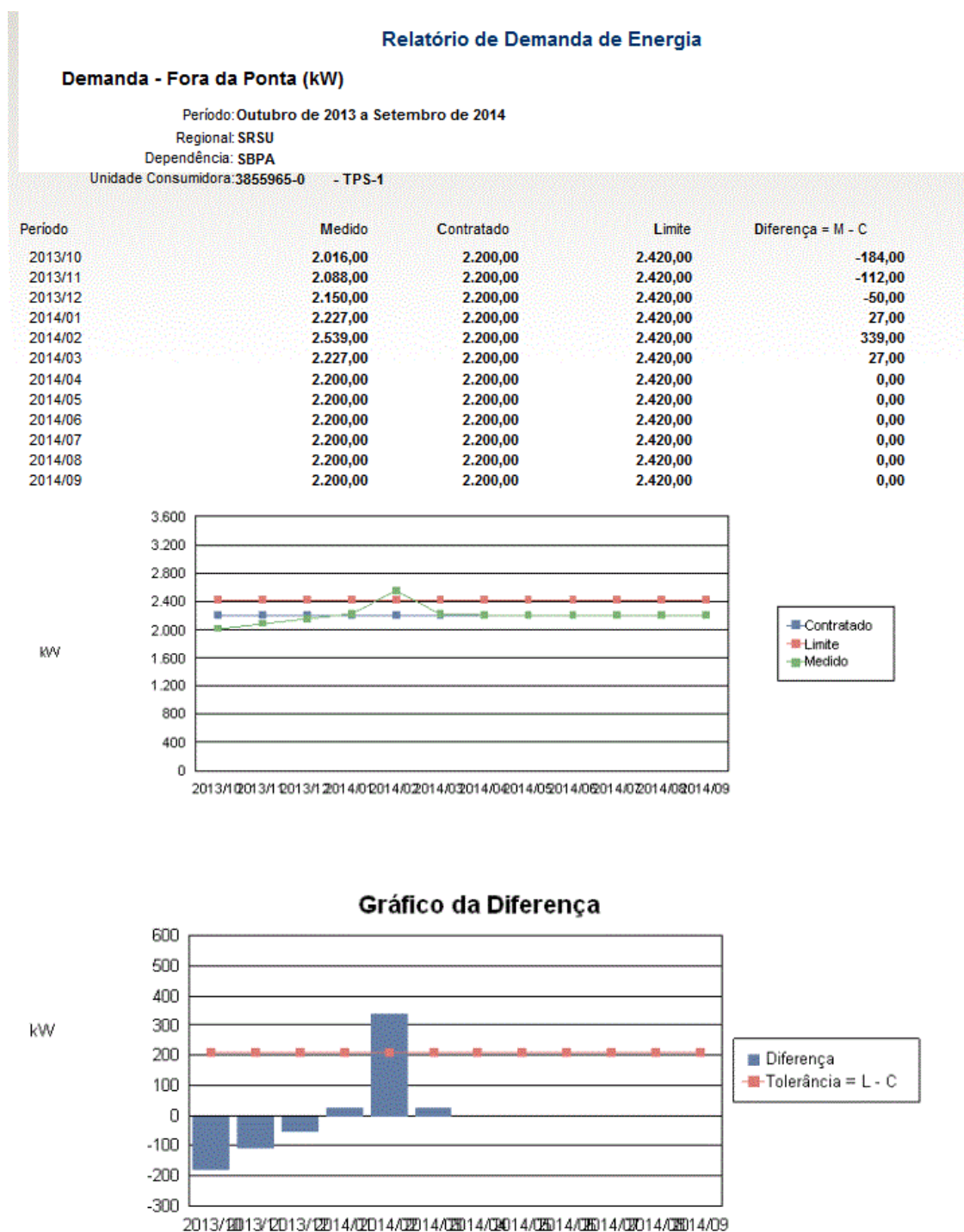
Foi possível constatar que o mês de Junho de 2014 apresentou os menores valores de consumo, tanto em Horário de Ponta quanto Fora de Ponta, enquanto nesses mesmos horários, os picos de consumo estiveram entre os meses de Janeiro e Fevereiro de 2014.

Figura 02: Demanda de energia anual (Horário de Ponta) do TPS, em kW, entre 2013 e 2014.



Fonte: Infraero

Figura 03: Demanda de energia anual (Fora da Ponta) do TPS, em kW, entre 2013 e 2014.



* Demanda contratada na referência, ou seja = 0.

Fonte: Infraero

Em concordância aos picos de consumo, observou-se o ultrapasse das demandas contratadas nos meses de Dezembro à Março, que se deve ao maior volume de passageiros e à necessidade de climatização dos ambientes, pois se

tratam dos meses mais quentes na região. Com isso, foi levantada ainda a contribuição dos diferentes sistemas do TPS, no intuito de identificar os de maior consumo de energia na edificação. Pela disponibilidade de dados, foi possível fazer o levantamento apenas dos 4 principais transformadores. Através de consultas às áreas de engenharia, estimou-se que os 3 primeiros transformadores representavam os diferentes sistemas utilizados no prédio, enquanto o Transformador 4 era dedicado aos equipamentos de Ar Condicionado.

Figura 04: Participação de cada Transformador no consumo do TPS-1.

Transformador	tensao (V)	potencia (kW)	participação %	POTÊNCIA					
				R	S	T	TOTAL	TENSÃO	
Transformador 1:	225,4	244	15,0%						
Transformador 2:	225,4	415	25,5%	→ CAV'S 1,2,3,4	25	24	25	74	388
Transformador 3:	225,4	490	30,1%	→ CAV'S 5,6,7,8	34	30	28	92	379
Transformador 4:	225,4	479,3	29,4%						
TOTAL:	225,4	1628,3	100,0%						
				Ar-Condicionado					
				Transformador 4:	479,3	29%			
				CAV'S 1,2,3,4	74	5%			
				CAV'S 5,6,7,8	92	6%			
				Total	645,3	40%			

Fonte: Infraero

É possível perceber pela figura acima, que o sistema de Ar Condicionado responde por 40% do consumo total da edificação. Conforme informado pelos técnicos da Infraero, tal consumo pode chegar a 60% nos meses mais quentes.

5.2. Custos atuais do consumo energético

Para estimativa dos gastos com energia no TPS, buscou-se levantar as faturas mensais, porém não foi possível o acesso às faturas de todos os meses estudados. Assim, com a fatura do mês de Dezembro de 2013, que descreve os valores unitários dos serviços, fez-se o cálculo dos custos mensais por consumo e por demanda do TPS, com auxílio dos dados das medições mensais do consumo, já abordados anteriormente.

Quadro 04: Estimativa de custos mensais por energia do TPS.

CUSTOS MENSAIS COM ENERGIA						
MÊS	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora da Ponta (R\$)	Demanda Ponta (R\$)	Demanda Fora da Ponta (R\$)	Deduções - 5,8% (R\$)	TOTAL (R\$)
out/13	45.536,46	279.595,44	65.933,70	22.574,20	- 23.991,11	389.648,69
nov/13	48.909,05	295.231,32	69.795,53	22.574,20	- 25.317,59	411.192,51
dez/13	46.708,86	297.266,76	79.685,59	22.574,20	- 25.891,87	420.343,54
jan/14	51.454,65	349.293,84	77.895,96	23.405,34	- 29.118,89	472.930,90
fev/14	57.407,19	342.570,72	113.594,35	33.009,64	- 31.701,75	514.880,14
mar/14	47.138,72	284.714,88	69.795,53	23.405,34	- 24.653,16	400.401,31
abr/14	45.521,91	306.395,40	65.933,70	22.574,20	- 25.544,66	414.880,55
mai/14	41.089,22	243.142,56	65.933,70	22.574,20	- 21.618,90	351.120,78
jun/14	37.264,15	221.369,52	65.933,70	22.574,20	- 20.134,21	327.007,36
jul/14	40.694,52	253.350,60	65.933,70	22.574,20	- 22.188,07	360.364,94
ago/14	43.525,75	242.741,64	65.933,70	22.574,20	- 21.736,97	353.038,32
set/14	42.287,08	244.006,08	65.933,70	22.574,20	- 21.738,46	353.062,60

Fonte: dados da pesquisa

5.3. Análise climática

Em uma segunda etapa, foram levantados os dados climáticos do Aeroporto de Porto Alegre – RS, com ênfase na disponibilidade de Radiação Solar, visando estimar o potencial do sítio aeroportuário para geração de energia solar fotovoltaica. Para tal, foi utilizado o software SUNDATA, desenvolvido pelo CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, que faz parte do CEPTEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás. Os dados coletados são referentes ao período de 12 meses e é comparado com outras localidades da região.

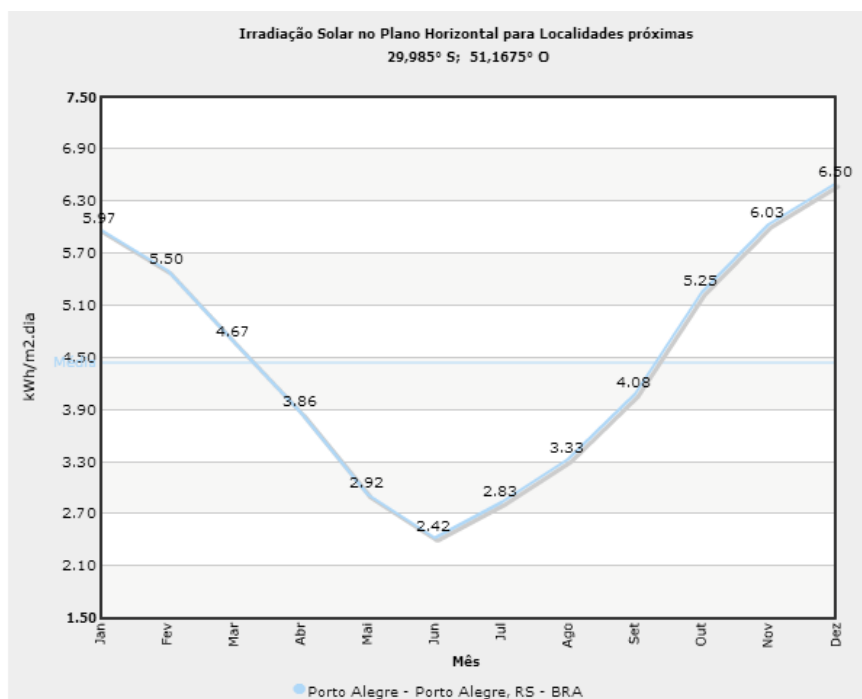
Tabela 02: Índices de Irradiação solar em Porto Alegre, RS.

Localidades próximas

						Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]														
#	Estação	Município	UF País	Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Porto Alegre	Porto Alegre	RS BRA	30°S	51,228104°O	6,1	5,97	5,50	4,67	3,86	2,92	2,42	2,83	3,33	4,08	5,25	6,03	6,50	4,45	4,08
<input type="checkbox"/>	Caxias do Sul	Caxias do Sul	RS BRA	29,1°S	51,179444°O	98,5	5,39	5,08	4,61	3,86	3,06	2,39	2,92	3,19	4,06	4,97	5,67	6,00	4,27	3,61
<input type="checkbox"/>	Bento Gonçalves	Bento Gonçalves	RS BRA	29,1°S	51,519166°O	104,2	5,28	5,81	4,81	4,08	3,06	2,56	2,92	3,33	4,39	5,39	6,14	6,36	4,51	3,80

Fonte: SUNDATA/CRESESB.

Figura 05: Gráfico de irradiação solar no plano horizontal, em Porto Alegre, RS.



Fonte: SUNDATA/CRESCESB.

Cabe ressaltar que, apesar da região sul apresentar invernos rigorosos e longos períodos chuvosos, os índices de radiação solar nessa região são considerados elevados. Por estar situado mais ao Sul da Linha do Equador, Porto Alegre tem um melhor aproveitamento da energia solar em painéis fotovoltaicos se os mesmos estiverem em plano inclinado, voltados ao Norte. Assim, foram analisados, além das irradiações no plano horizontal, os planos de inclinação com melhor média de irradiação.

Tabela 03: Índices de Irradiação solar nos planos inclinados, em Porto Alegre, RS.

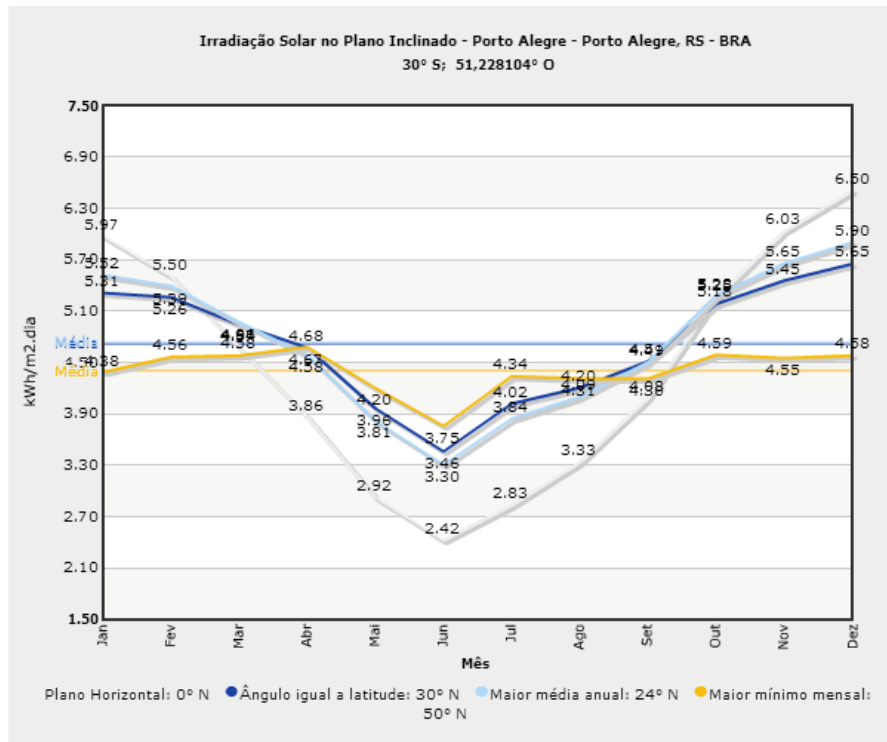
Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Porto Alegre
Município: Porto Alegre, RS - BRA
Latitude: 30° S
Longitude: 51,228104° O
Distância do ponto de ref. (29,985° S; 51,1675° O): 6,1 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,97	5,50	4,67	3,86	2,92	2,42	2,83	3,33	4,08	5,25	6,03	6,50	4,45	4,08
✓	Ângulo igual a latitude	30° N	5,31	5,26	4,94	4,67	3,96	3,46	4,02	4,20	4,51	5,18	5,45	5,65	4,72	2,19
✓	Maior média anual	24° N	5,52	5,39	4,96	4,58	3,81	3,30	3,84	4,09	4,49	5,28	5,65	5,90	4,73	2,59
✓	Maior mínimo mensal	50° N	4,38	4,56	4,58	4,68	4,20	3,75	4,34	4,31	4,30	4,59	4,55	4,58	4,40	,92

Fonte: SUNDATA/CRESCESB.

Figura 06: Gráfico da irradiação nos planos inclinados, em Porto Alegre, RS.



Fonte: SUNDATA/CRESCESB.

Com base nos resultados do software, e de acordo com outras referências no assunto, observa-se que a melhor inclinação para os painéis fotovoltaicos para Porto Alegre é em um plano inclinado a 24° N. Isto representa um aumento na média anual de irradiação em Porto Alegre em relação ao plano horizontal. Ressalta-se ainda que, para instalação dos painéis na cobertura da edificação, é necessária a previsão de espaço para manutenção, além de evitar que haja sombreamento dos painéis, o que pode diminuir o rendimento e a relação custo x benefício.

5.4. Estudo da edificação:

Após o levantamento de dados de consumo e de potencial climático para a geração fotovoltaica, fez-se necessário estimar a disponibilidade e potencial da edificação. O Terminal de Passageiros 1 está localizado no Aeroporto Salgado Filho, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Além de situar-se próximo ao grande lago Guaíba, há um controle rigoroso das edificações, decorrente da Zona de Proteção dos Aeródromos e outras normas internacionais de aviação. Assim, o TPS-1 conta com insolação generosa, sem sombreamentos, que favorece a geração fotovoltaica.

Figura 07: Implantação do TPS-1 no Aeroporto Salgado Filho.



Fonte: Google Earth, 2014.

Com uma edificação característica, de forma retangular alongada, o TPS-1 tem suas fachadas principais orientadas no sentido Norte / Sul. Na edificação, que possui 3 pavimentos operacionais e uma galeria técnica no 4 pavimento, são identificados 4 principais coberturas:

- A cobertura do acesso frontal, sobre a via de veículos do lado Terra (público), com cerca de 3.700 m²;
- A cobertura do Módulo Operacional Provisório (MOP), com aprox. 1.480m²;
- A cobertura principal da edificação, com cerca de 9.100m²;
- A cobertura da galeria técnica, com cerca de 2.100m².

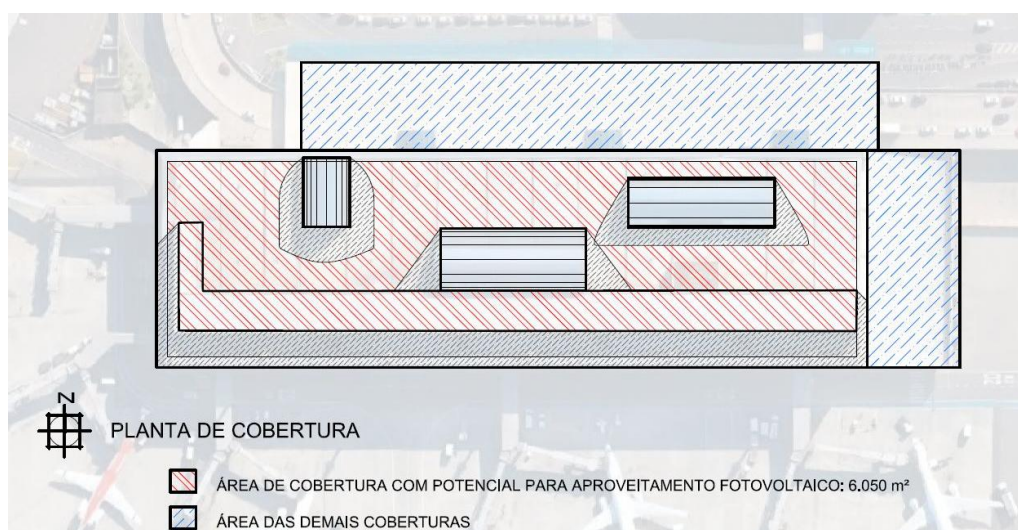
Figura 08: Cobertura do Terminal de Passageiros.



Fonte: Google Earth, 2014.

Para esse estudo, não utilizaremos a área da cobertura do MOP, por estar em um nível inferior e ter sua cobertura sombreada pela edificação principal no turno da tarde. Já a cobertura frontal tem boa insolação, mas por estar em um nível mais baixo, pode vir a ser sombreado por ampliações futuras do estacionamento, apesar de não haver essa previsão em curto prazo. Assim, consideraremos a área de cobertura da galeria técnica, sem maiores sombreamentos, e a cobertura principal, excluindo-se os detalhes arquitetônicos, como claraboias, e suas áreas sombreadas. Apesar de serem claraboias semicirculares, o sombreamento desses detalhes abrangem uma área considerável, afetando o rendimento do sistema proposto.

Figura 09: Estimativa de área de telhado com potencial para geração fotovoltaica.



Fonte: Infraero, adaptado pelo autor.

5.5. Sistemas de geração e demanda

A escolha do sistema de geração fotovoltaica considerou diversas variáveis, tais como: Garantia, Eficiência, Fabricante, Tipo de Painel, Tolerância de Potência, Custo e Coeficiente de temperatura, o que é especialmente importante devido ao clima da região sul do Brasil.

No presente estudo, analisaremos 3 tipos de módulos fotovoltaicos:

- Painel de Silício Amorfo, ou de Filme Fino (a-Si), que apesar de ter um processo de produção simples e energeticamente econômico, que o torna relativamente mais barato, sua eficiência é relativamente baixa (de 6 a 10%), exigindo mais espaço, mais infraestrutura de manutenção, estrutura com maior suporte de peso, entre outros;

- Painel de Silício Policristalino (p-Si), onde cristais de silício são fundidos em um bloco, preservando a formação de múltiplos cristais. São semelhantes aos Painéis Monocristalinos, mas apresentam, em geral, menor eficiência que estes, atingindo valores entre 13 e 19%;

- Painel tipo HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer), apresenta um processo de fabricação similar ao dos painéis fotovoltaicos monocristalinos, porém, possuem uma passivação com camada de Silício Amorfo (a-Si), dentre outras diferenças. De maneira geral, este painel produz mais energia por metro quadrado e também funciona muito bem com temperaturas mais altas, desta forma, esta tecnologia é mais interessante para o Brasil. Apresenta eficiência, entre 16 e 22%.

Foram selecionados diferentes modelos de equipamentos, pela disponibilidade de dados e pela compatibilidade com o mercado nacional. Observou-se ainda as diferentes eficiências dos painéis, para simulação dos distintos cenários.

Tabela 04: Valores das eficiências das tecnologias utilizadas, considerando uma temperatura padrão de 25°C(STC), 1.000 W/m² e 1,5 A.M

Tecnologia	Fabricante	Modelo	Potencia (W)	Área (m ²)	EFFSTC (%)
a-Si	Uni-Solar	PVL-144	144	2,16	6,67
p-Si	Yingli	YL260P-29b	260	1,62	16
HIT	Sanyo Solar	VBHN235SJ17	235	1,28	18,3

Fonte: dados dos fabricantes.

Com as diferenças apresentadas entre os equipamentos, onde o sistema HIT representa o sistema mais eficiente, partiu-se para a estimativa do quantitativo dos painéis na cobertura do TPS-1 e levantamento geral de custos, para verificação final dos melhores equipamentos e do tempo de retorno do investimento.

Para estimar a quantidade de painéis possíveis de serem instalados na cobertura, utilizou-se em todas as simulações a área estimada de cobertura com insolação abundante, excluindo-se possíveis obstáculos, conforme figura 16, admitindo ainda uma perda de 5%, pela dimensão e disposição dos painéis. Assim, a área considerada para instalação foi de 5747m². É possível, para uma segunda etapa, a expansão do sistema para a cobertura do acesso frontal, incrementando mais 3500m² (61%), visto que esse tipo de sistema permite a instalação por etapas, com custos proporcionais por instalação.

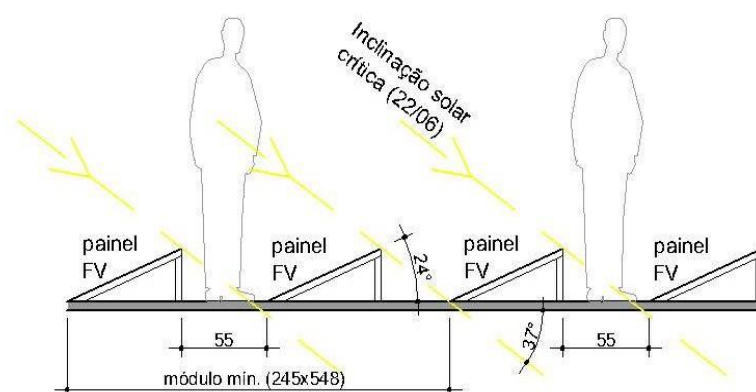
Para estimar o número de painéis a serem instalados, precisou-se observar os espaçamentos entre painéis na cobertura da edificação, para proporcionar manutenção e evitar sombreamentos, conforme já mencionado. Para tanto, todas as simulações consideraram a posição do sol mais próxima à linha do horizonte em Porto Alegre, com inclinação de 36,5° em relação ao plano horizontal, que ocorre no dia 22 de Junho, ao meio-dia, conforme cartas solares do município. Como as coberturas consideradas tem pouca inclinação e seus caimentos diferem de sentido, utilizou-se um plano horizontal padrão, podendo haver adaptações executivas na instalação do painel. Os suportes dos painéis para instalação inclinada podem ser fornecidos com o fabricante, como acessórios adicionais. Porém, priorizou-se a utilização de estrutura metálica fabricada localmente, com perfiz de aços galvanizados. Tal estrutura pode facilitar instalações desse porte e, apesar de não ter sido o foco desse estudo, pode reduzir os custos se comparados aos suportes dos fabricantes, conforme informado pelos fornecedores locais.

Utilizou-se, ainda, para tais simulações, a previsão de corredores de acesso para manutenção, com 55 cm de largura. Um acesso longitudinal, para serviços junto aos painéis, e um transversal, como corredores principais, a cada 20m lineares. Isso representa uma redução de 2,75% da área útil para instalação de equipamentos, diminuindo a área de instalação de painéis solares para 5603m².

5.6. Simulação de sistema com painéis de Silício Amorfo (a-Si)

Para estimar a área de cobertura a ser ocupada pelos painéis, primeiramente foi feito o estudo da melhor disposição das placas, prevendo para cada módulo mínimo de instalação, a sua área de sombreamento e manutenção.

Figura 10: Disposição dos painéis a-Si e ares livres.



CORTE ESQUEMÁTICO - a-Si

Escala 1/50

Por apresentar dimensões muito específicas, com 548 x 38,5cm, e por considerarmos um plano horizontal de instalação, os painéis apresentaram uma única situação possível. Devido à pequena largura dos painéis, admitiu-se a previsão de um único acesso a cada dois módulos, otimizando-se assim a eficiência da instalação.

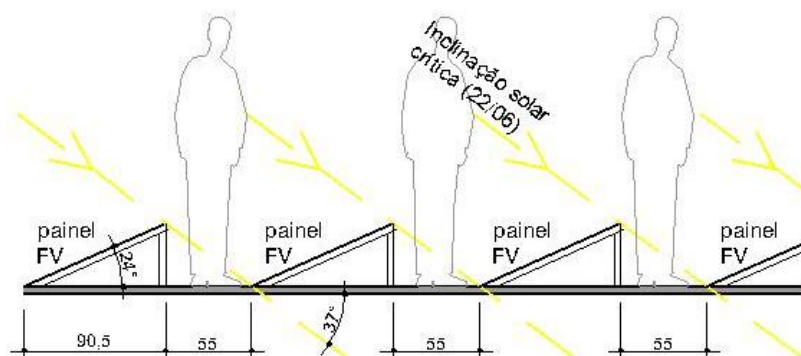
Assim, para fins de cálculo quantitativo, definiu-se um módulo mínimo de instalação, contendo 2 painéis, acesso e área de sombreamento, ocupando 13,43m² de cobertura.

Dividindo-se a área de cobertura, com acessos principais, obteve-se a quantidade de 834 painéis. Utilizando-se os painéis PVL-144, com 144W de potência nominal cada, conclui-se que o sistema tem capacidade instalada de 120.096W de potencia, ou 120,10kWp.

5.7. Simulação de sistema com painéis de Silício Policristalino (p-Si)

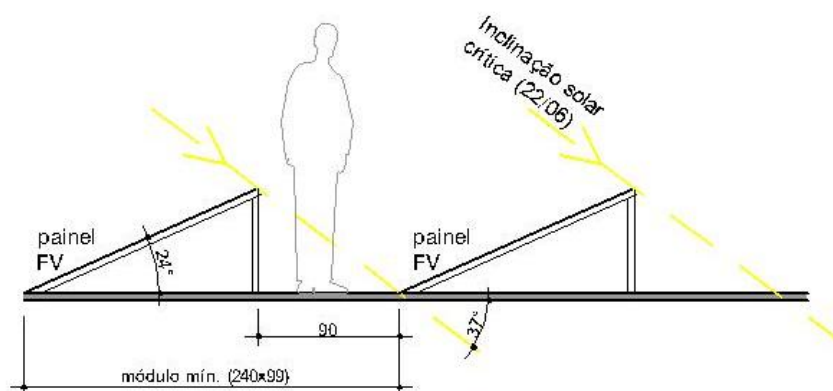
Assim como na simulação anterior, foi elaborado, primeiramente, o estudo da melhor disposição das placas, prevendo para cada módulo mínimo de instalação, a sua área de sombreamento e manutenção.

Figura 11: Opções de disposição dos painéis p-Si e ares livres.



CORTE ESQUEMÁTICO - p-Si - Opção 1

Escala 1/50



CORTE ESQUEMÁTICO - p-Si - Opção 2

Escala 1/50

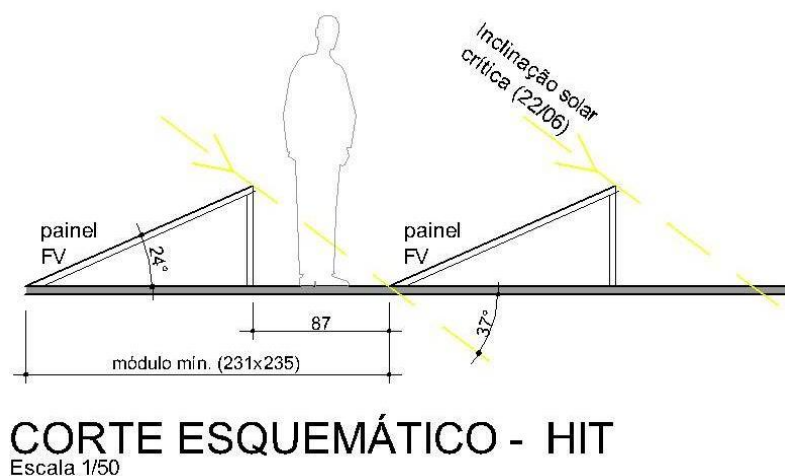
Nessa simulação, percebeu-se que apesar da disposição dos painéis na opção 1 resultar em dimensões sombreadas iguais às necessárias para manutenção (55cm), a melhor eficiência se mostrou na disposição da opção 2, pelas dimensões retangulares da placa (99x164cm). Assim, nessa disposição, o módulo mínimo de instalação, com um painel e uma área sombreada de acesso, ocupa uma área de 2,37m².

Dividindo-se a área de cobertura, com acessos principais, obteve-se a quantidade de 2364 painéis. Utilizando-se os painéis YL260P-29b, com 260W de potência nominal cada, conclui-se que o sistema tem capacidade instalada de 614.640W de potencia, ou 614,64kWp.

5.8. Simulação de sistema com painéis tipo HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer)

Assim como nas demais simulações, elaborou-se inicialmente o estudo da melhor disposição das placas, prevendo para cada módulo mínimo de instalação, a sua área de sombreamento e manutenção.

Figura 12: Disposição dos painéis HIT e ares livres.



Como na simulação anterior, a dimensão de 81x158 cm do painel, propicia um melhor aproveitamento de área quando utilizado no seu menor sentido junto à cobertura da edificação.

Assim, para fins de cálculo quantitativo, definiu-se um módulo mínimo de instalação, contendo um painel, acesso e área de sombreamento, ocupando 1,87m² de área dos telhados.

Dividindo-se a área de cobertura, com acessos principais, obteve-se a quantidade de 2996 painéis. Utilizando-se os painéis VBHN235SJ17, com 235W de potência nominal cada, conclui-se que o sistema tem capacidade instalada de 704.060W de potência, ou 704,01kWp.

Em resumo, com o resultado da simulação de cada tecnologia, podemos estimar a potência instalada (P_{cc}). Ou seja:

Para a-Si..... $P_{cc} = 834 \text{ painéis} \times 144W = \mathbf{120,10 \text{ kWp}}$

Para p-Si..... $P_{cc} = 2364 \text{ painéis} \times 260W = \mathbf{614,64 \text{ kWp}}$

Para HIT..... $P_{cc} = 2996 \text{ painéis} \times 235W = \mathbf{704,01 \text{ kWp}}$.

Assim, para estimar a geração solar fotovoltaica (EFV) de cada tecnologia, utilizaremos a seguinte equação:

$$E_{FV} = P_{cc} \times I_{poa} \times P_R$$

Para esta equação, utilizou-se a potência instalada (P_{cc}) encontrada, considerando a área disponível de 5603 m². Como índice de irradiação em Porto Alegre (I_{poa}), utilizaram-se os dados diários obtidos através do software SUNDATA da CRESCESB para o plano inclinado de 24° e adotou-se ainda um coeficiente padrão de perdas (P_R) de 0,83, referente às perdas da geração, inversor e transmissão.

Os resultados foram comparados ao consumo do TPS-1 no período de 12 meses, no horário Fora de Ponta (HFP), uma vez que a geração de energia ocorre no período diurno.

Quadro 05: Estimativa de energia solar fotovoltaica nas diferentes tecnologias, com comparativo de consumo do TPS-1 em horário fora de ponta (HFP).

Mês / Ano	Irradiação solar média diária	Energia Solar FV Estimada a-Si		Energia Solar FV Estimada p-Si		Energia Solar FV Estimada HIT		Consumo TPS (HFP)
	kWh/m ² .dia	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh
out/13	5,28	15.789,79	1,45	80.807,95	7,43	92.557,60	8,51	1.087.920,00
nov/13	5,65	16.896,27	1,47	86.470,63	7,53	99.043,65	8,62	1.148.760,00
dez/13	5,90	17.643,89	1,53	90.296,76	7,81	103.426,11	8,94	1.156.680,00
jan/14	5,52	16.507,50	1,21	84.481,04	6,22	96.764,77	7,12	1.359.120,00
fev/14	5,39	16.118,74	1,21	82.491,45	6,19	94.485,89	7,09	1.332.960,00
mar/14	4,96	14.832,83	1,34	75.910,50	6,85	86.948,05	7,85	1.107.840,00
abr/14	4,58	13.696,44	1,15	70.094,77	5,88	80.286,71	6,73	1.192.200,00
mai/14	3,81	11.393,77	1,20	58.310,28	6,16	66.788,72	7,06	946.080,00
jun/14	3,30	9.868,62	1,15	50.504,97	5,86	57.848,50	6,72	861.360,00
jul/14	3,84	11.483,48	1,16	58.769,42	5,96	67.314,62	6,83	985.800,00
ago/14	4,09	12.231,10	1,29	62.595,55	6,63	71.697,08	7,59	944.520,00
set/14	4,49	13.427,30	1,41	68.717,37	7,24	78.709,02	8,29	949.440,00
MÉDIA	4,73	14.157,48	1,30	72.454,22	6,65	82.989,23	7,61	1.089.390,00

Fonte: dados da pesquisa.

Visto que o mês de Dezembro de 2013 apresentou maior índice de irradiação, as tecnologias apresentaram maior geração, gerando os maiores

percentuais da energia consumida pelo Terminal de Passageiros.

Isso significa uma economia importante nesses meses pois, conforme tabelas de consumo e demanda do TPS-1, os meses mais quentes do ano (entre Dezembro e Março) representam os maiores picos de consumo, devido às altas cargas dos equipamentos de climatização. Como tais picos costumam ultrapassar os limites contratados na concessionária de energia, esses excedentes recebem uma tarifação consideravelmente maior. Com a maior incidência de irradiação solar e maior rendimento dos painéis, justamente nesses períodos, estima-se uma redução significativa nesse tipo de custo.

5.9. Análise Financeira

Para esta análise financeira, utilizaremos a metodologia de utilização da geração distribuída, prevista pela Resolução Normativa da Aneel nº 482 que, desde 2012, estabelece os critérios para microgeração e minigeração distribuída. Nessa metodologia, a energia gerada é convertida em créditos de energia para utilização posterior. Assim, além não exigir a necessidade de armazenamento da energia gerada pelos usuários, contribui para o sistema municipal de distribuição de energia ao minimizar a potencia da mesma, contribuindo com energia proveniente de fontes renováveis.

Considerou-se, ainda, para o estudo financeiro, uma estimativa simplificada de custos de aquisição dos equipamentos, visto que o levantamento preciso desses dados demandaria um trabalho mais criterioso, detalhando dados como impostos, obrigações trabalhistas, adaptações na edificação, entre outros.

Assim, com base no consumo e no custo atual da energia do Terminal de Passageiros 1, fizeram-se estimativas da contribuição financeira e do tempo de retorno do investimento.

Primeiramente, para estimar o valor de instalação do sistema, foram feitas consultas ao mercado da região, onde se constatou que os módulos de Silício Policristalino (p-Si) são os mais comercializados. Para esse tipo de painel, foi possível estimar um custo médio para instalação do sistema completo de R\$ 7,50, variando entre R\$ 6,50 e R\$ 8,50, conforme informado pela empresa Sohlen Soluções Energéticas, de Porto Alegre. Ainda baseado na consulta à empresa, foi possível verificar uma proporcionalidade simplificada da composição desse custo,

sendo cerca de 65% para módulos FV e seus acessórios e 35% para o Inversor e seus acessórios. Assim, com base nos valores dos produtos para as diferentes tipologias de painéis, encontrados em sites de revendedores internacionais, estimaram-se os seguintes custos por W instalado:

Quadro 06: Estimativa de custo dos painéis fotovoltaicos conforme projeto.

	a-Si	p-Si	HIT
Preço médio (R\$/unid.)	550	674	1100
Quant. Proj.	834	2.364	2.996
R\$	458.700,00	1.593.336,00	3.295.600,00
Coef.	0,29	1,00	2,07

Considerando-se que o custo relativo aos inversores, fiações e demais acessórios não deve sofrer grandes alterações na estimativa dos custos por W instalado, pois são dimensionados pela potência instalada (W_p) do sistema, esse percentual foi mantido para todas as simulações. A partir da diferença de custo dos painéis solares, foi atribuído um coeficiente para estimar o custo com os módulos solares das diferentes tipologias.

Quadro 07: Estimativa de custo de instalação das diferentes tecnologias.

Componentes	a-Si		p-Si		HIT	
	Inversor (35%)	Módulo Solar (65%)	Inversor (35%)	Módulo Solar (65%)	Inversor (35%)	Módulo Solar (65%)
Custo instalado (R\$ / W)	2,63	1,40	2,63	4,87	2,63	10,07
Custo médio Instalação (R\$ / W)	4,03		7,5		12,70	

Logo, para estimar o custo do investimento inicial (C_i) para instalação do sistema de geração de energia solar, multiplicou-se o custo por W instalado pela capacidade de potência instalada de cada tecnologia, como segue.

Para a-Si..... $C_i = 120,10 \text{ kWp} \times 4,03 = \text{R\$ } 484.003,00$

Para p-Si..... $C_i = 614,64 \text{ kWp} \times 7,5 = \text{R\$ } 4.609.800,00$

Para HIT..... $C_i = 704,01 \text{ kWp} \times 12,7 = \text{R\$ } 8.940.927,00$

Com o investimento inicial estimado, verificaram-se os custos da energia elétrica no período de 12 meses, para possibilitar o tempo de amortização do

investimento.

Considerou-se, para esse estudo, o consumo de energia no Horário Fora de Pico (HFP) do Terminal de Passageiros, visto que a energia será gerada em período diurno. O consumo anual de energia elétrica no HFP foi de 13.072.680 kWh. Utilizando-se os dados de consumo e os detalhamentos de custos mensais, estimou-se que 14% da fatura representam o consumo na Ponta e 86% o consumo Fora de Ponta. Assim, estimou-se uma média de R\$ 0,314/kWh consumido, o que representa um custo de R\$ 4.104.821,52.

Quadro 08: Cálculo de redução de custos com a geração FV, nas diferentes tecnologias simuladas.

Tecnol.	Geração FV anual (kWh/ano)	Diferença consumo e geração (kWh/ano)	Novo custo anual de energia (R\$)	Economia anual (R\$)
a-Si	169.889,74	12.902.790,26	4.054.934,34	713.937,31
p-Si	869.450,69	12.203.229,31	3.835.084,71	933.786,95
HIT	995.870,72	12.076.809,28	3.795.354,93	973.516,72

Apesar das oscilações apresentadas nos últimos 10 anos no custo de energia elétrica pelo setor de Comércio e Serviços, conforme dados da ANEEL, foi possível estimar para esse período um crescimento médio anual de 3,5%. Porém, devido às recentes crises de abastecimento, estima-se um aumento próximo a 12% para o próximo ano. Estimaremos, para esse estudo, o crescimento anual de 12% para o primeiro ano, retornando a patamares de 4% a partir do 10º mês simulado. Para definição do período da simulação, adotaremos as especificações dos fabricantes dos painéis, que fornecem garantia dos módulos por 25 anos.

Quadro 09: Estimativa de retorno do investimento e ganhos após 25 anos.

Tempo (anos)	Índice Reaj. Anual	Consumo Total TPS (R\$)	Painéis a-Si		Painéis p-Si		Painéis HIT	
			Investim. R\$	484.003,00	Investim. R\$	4.609.800,00	Investim. R\$	8.940.927,00
			Economia (R\$)	Saldo do invest. (R\$)	Economia (R\$)	Saldo do invest. (R\$)	Economia (R\$)	Saldo do invest. (R\$)
1		4.768.871,65	713.937,31	-229.934,31	933.786,95	3.676.013,05	973.516,72	7.967.410,28
2	1,12	5.341.136,25	799.609,79	-1.029.544,10	1.045.841,38	2.630.171,67	1.090.338,73	6.877.071,55
3	1,11	5.928.661,24	887.566,86	-1.917.110,96	1.160.883,94	1.469.287,73	1.210.275,99	5.666.795,57
4	1,1	6.521.527,37	976.323,55	-2.893.434,51	1.276.972,33	192.315,40	1.331.303,58	4.335.491,98
5	1,09	7.108.464,83	1.064.192,67	-3.957.627,18	1.391.899,84	-1.199.584,44	1.451.120,91	2.884.371,07
6	1,08	7.677.142,01	1.149.328,08	-5.106.955,26	1.503.251,83	-2.702.836,27	1.567.210,58	1.317.160,49
7	1,07	8.214.541,96	1.229.781,05	-6.336.736,31	1.608.479,45	-4.311.315,72	1.676.915,32	-359.754,83
8	1,06	8.707.414,47	1.303.567,91	-7.640.304,23	1.704.988,22	-6.016.303,94	1.777.530,24	-2.137.285,07
9	1,05	9.142.785,20	1.368.746,31	-9.009.050,53	1.790.237,63	-7.806.541,58	1.866.406,75	-4.003.691,82
10	1,04	9.508.496,60	1.423.496,16	-10.432.546,69	1.861.847,14	-9.668.388,71	1.941.063,02	-5.944.754,84
11	1,04	9.888.836,47	1.480.436,01	-11.912.982,70	1.936.321,02	-11.604.709,74	2.018.705,54	-7.963.460,38
12	1,04	10.284.389,93	1.539.653,45	-13.452.636,15	2.013.773,86	-13.618.483,60	2.099.453,76	-10.062.914,15
13	1,04	10.695.765,52	1.601.239,58	-15.053.875,73	2.094.324,82	-15.712.808,42	2.183.431,92	-12.246.346,06
14	1,04	11.123.596,15	1.665.289,17	-16.719.164,90	2.178.097,81	-17.890.906,23	2.270.769,19	-14.517.115,26
15	1,04	11.568.539,99	1.731.900,73	-18.451.065,63	2.265.221,72	-20.156.127,96	2.361.599,96	-16.878.715,22
16	1,04	12.031.281,59	1.801.176,76	-20.252.242,40	2.355.830,59	-22.511.958,55	2.456.063,96	-19.334.779,17
17	1,04	12.512.532,85	1.873.223,83	-22.125.466,23	2.450.063,82	-24.962.022,37	2.554.306,52	-21.889.085,69
18	1,04	13.013.034,17	1.948.152,79	-24.073.619,02	2.548.066,37	-27.510.088,74	2.656.478,78	-24.545.564,47
19	1,04	13.533.555,54	2.026.078,90	-26.099.697,92	2.649.989,02	-30.160.077,76	2.762.737,93	-27.308.302,39
20	1,04	14.074.897,76	2.107.122,06	-28.206.819,97	2.755.988,59	-32.916.066,35	2.873.247,45	-30.181.549,84
21	1,04	14.637.893,67	2.191.406,94	-30.398.226,91	2.866.228,13	-35.782.294,48	2.988.177,34	-33.169.727,18
22	1,04	15.223.409,41	2.279.063,22	-32.677.290,13	2.980.877,25	-38.763.171,73	3.107.704,44	-36.277.431,62
23	1,04	15.832.345,79	2.370.225,74	-35.047.515,87	3.100.112,34	-41.863.284,08	3.232.012,61	-39.509.444,23
24	1,04	16.465.639,62	2.465.034,77	-37.512.550,64	3.224.116,84	-45.087.400,92	3.361.293,12	-42.870.737,35
25	1,04	17.124.265,21	2.563.636,16	-40.076.186,81	3.353.081,51	-48.440.482,43	3.495.744,84	-46.366.482,20

Conclui-se que, considerando os padrões de consumo atual no TPS-1 e apesar dos painéis de Silício Amorfo (a-Si) apresentarem menor eficiência, seu baixo custo faz com que essa tipologia tenha o menor tempo de retorno do investimento, o que pode ocorrer após o primeiro ano de instalação, apresentando ainda uma economia próxima à R\$40 milhões aos 25 anos de utilização. Já os painéis de Silício policristalino (p-Si) possibilitam o retorno do investimento entre o 4º e 5º ano de utilização, representando ainda, após 25 anos de uso, um ganho superior à R\$ 48 milhões. Por fim, a simulação com painéis tipo HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) indicou o retorno do investimento no 7º ano de uso, apresentando ainda um ganho, após 25 anos de uso, próximo à R\$ 46 milhões.

6. OBSERVAÇÕES FINAIS

Apesar de apresentar um investimento financeiro elevado e de não ser possível a transformação do Terminal de Passageiros 1 em um ZEB (Zero Energy Building), a geração de energia elétrica por módulos fotovoltaicos em Aeroportos representa uma alternativa viável, com retorno financeiro em longo prazo, com ganhos ambientais e sociais, uma vez que pode minimizar a potência fornecida na rede centralizada, principalmente nos meses mais quentes, quando há um maior consumo de energia. Os Aeroportos do sul do Brasil tem grande potencial para geração fotovoltaica de energia, uma vez que apresentam edificações com dimensões horizontais e livres de sombreamento, por apresentarem índices de irradiação favoráveis e, por apresentar temperaturas mais baixas com relação ao restante do país, os painéis tendem a apresentar uma maior eficiência.

Outro ponto relevante é que, ao dimensionar os painéis com as previsões de acessos para manutenção e sombreamento, há uma diminuição significativa na eficiência do painel submetido às condições de STC, o que pode gerar cálculos não precisos de geração de energia.

Foi possível observar, ainda, que há uma relação entre os picos de consumo e a temperatura ambiente. Conforme tabelas de demanda e consumo apresentadas no capítulo anterior, os meses mais quentes, de Dezembro a Março apresentam constantes ultrapasses na demanda contratada, gerando tarifas ainda mais altas nesse período. Porém, é justamente nesse período que os painéis solares apresentam um maior rendimento, representando uma redução significativa dos custos nesses períodos.

Como resultado das simulações e com base nas informações de mercado, conclui-se que os painéis solares do tipo Silício Policristalino (p-Si) se destacam entre as demais por apresentar maior comercialização e com isso custos mais acessíveis, por ter uma boa relação entre as dimensões do painel e sua eficiência e por apresentar uma boa perspectiva de retorno do investimento, juntamente com ganhos financeiros a longo prazo.

As demais tecnologias também apresentaram resultados financeiros positivos. Porém, enquanto os painéis de Silício Amorfo (a-Si) têm menos opções no mercado, os painéis tipo HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) ainda não ganharam plenamente o mercado nacional. Devido a sua grande eficiência e modulação racional, esse tipo de painel tende a se tornar uma boa opção quando

inserido no mercado, melhorando assim os custos para o consumidor final.

Assim, conclui-se que os módulos solares fotovoltaicos representam uma boa solução para a Infraero, apresentando diferentes opções de investimento inicial, mas com significativos ganhos em longo prazo. Adicionalmente, tal iniciativa pode auxiliar no resgate da imagem da empresa, através da utilização dos princípios da sustentabilidade. Afinal, conforme pesquisadores de Harvard, as empresas sustentáveis dão lucro e ainda ganham da sociedade a “licença para lucrar”. (Correio Braziliense, 2013).

7. REFERÊNCIAS

Airport Environmental Handbook – Department of Transportation – FAA;

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANTONIOLLI, A. F. **Integração fotovoltaica à arquitetura de edificações e o conceito de ZEB (Zero Energy Building)**. Santa Catarina, 2013.

AOUAD, G. **Managing Construction Information Effectively Using Integrated Databases**. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 1996, London. Proceedings... London: CIB. v. 3, p. 14-22.

BRASIL. **Lei nº 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Implementação da Lei de Eficiência Energética: relatório de atividades**. Brasília, DF, 2002.

BRAUN, P.; JARDIM, C. S.; RÜTHER, R. **Análise da Contribuição Energética de Sistemas Fotovoltaicos Integrados em Edificações: Aeroporto Internacional de Florianópolis: um estudo de caso**. In: ENCONTRO NACIONAL, 9., ENCONTRO LATINO-AMERICANO, DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2007.

CANELAS, A. L. S.; CAVALCANTI, M. C. B.; **“Análise da Viabilidade da Energia Fotovoltaica”**. Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro. 2004.

COELHO, S. T.; VELAZQUEZ, S. M. S. G.; SILVA, O. C.; VARKULYA JR., A.; PECORA, V. **“Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas –**

Purefa". Agrener GD 2004. Campinas. 2004.

CARVALHO, C. E.; **"A Análise do Ciclo de Vida e os Custos Completos no Planejamento Energético"**, Dissertação de mestrado, PEA – USP, São Paulo, 2000.

DAC – Departamento de Aviação Civil,

ELETROBRAS. **Relatório Anual**. Rio de Janeiro, 2003.

ELETROBRAS. **Apresentação do Programa PROCEL**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br/EM_Programas_Procel/default.asp>. Acesso em: 12 set. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUARIA (INFRAERO). **Relatório Anual 2002**. Brasília, DF, 2003.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FAA – Departamento de transportes – **"Policies of procedures for considering environmental impacts"**.

GALDINO, M. A.; **"Um ano e meio de operação do sistema fotovoltaico conectado à rede do Cepel"**. Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro. 2004.

GIMENES, A.L.V.; UDAETA, M.E.M. **"Modelo de Integração de Recursos como Instrumento para um Planejamento Energético Sustentável"**, tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, (2004)

HUOVILLA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M. **Fast or Concurrent: the Art of Getting Construction Improved**. In: ALARCÓN, L. (Ed.). *Lean Construction*. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p. 143-159.

IAC – Instituto de Aviação Civil,

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária,

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Airport Development Reference Manual**. Geneva, 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, <http://www.ibge.gov.br>

JACQUES, J. J. **Contribuições para a Gestão da Definição e Transmissão de**

Informações Técnicas no Processo de Projeto. 2000. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

JOHN, V. M. **Premissas para Modelos de Certificação.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO, 2008. São Paulo. Anais... São Paulo: CTE, 2008.

KAMARA, J.; ANUMBA, C.; EVBUOMWAN, N. **Establishing and Processing Client Requirements: a key aspect of concurrent engineering in construction.** Journal of Engineering, Construction and Architectural Management, London, v. 7, n. 1, p. 15-28, 2000.

KORNEVALL, C. Relatório Síntese. São Paulo: CIB Megatrends, 2008.

KOSKELA, L. An **Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction.** 2000. 296 f. Thesis (Doctoral in Technology) – Technical Research Center of Finland, VTT Building Technology, Helsinki, 2000.

KOSKELA, L., HUOVILA, P. **On Foundations of Concurrent Engineering.** In: ALARCÓN, L. (Ed.). Lean Construction. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p. 22-32.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. **Documento 2.2: levantamento do estado da arte: energia.** São Paulo, 2007. Projeto Finep 2386/04.

MASCARÓ, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas.** Porto Alegre: Masquatro, 2006.

MANZIONE, L. **Estudo de Métodos de Planejamento do Processo de Projeto de Edifícios.** 2006. 267 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MIRON, L. I. G. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção.** 2002. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

REIS, L. B.; **“Geração de Energia Elétrica”.** Editora Manole. 2003.

RIBEIRO, S. K.; **“Programa de eficiência energética para veículos de apoio nos aeroportos da Infraero”.** Infraero/COPPE. Rio de Janeiro. 2001.

SALAMONI, I. **Metodologia para cálculo de geração fotovoltaica em áreas urbanas aplicadas a Florianópolis e Belo Horizonte** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFSC, 2004.

SANTOS, F. A. V.; PINHO, J. T.; MACÊDO, W. N. **Estudo da Inserção de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede no Complexo Aeroportuário de Belém-PA.** In: CONGRESO IBÉRICO, 14., CONGRESO IBEROAMERICANO DE ENERGÍA SOLAR, 9., 2008, Vigo. Anais... Vigo: Asociación Española de Energía Solar, 2008.

SAUER, I.L.; UDAETA, M.E.M.; GIMENES, A.L.V.; GALVÃO, L.C.R.; CARVALHO, C.E.; **"Brazilian Energy Prospects Seeking The Sustainable Development"**; IAEE, 2003

SCHEIDT, F.S.S.; HIROTA, E.H. **"Diretrizes para inserção de requisitos de eficiência energética no processo de projeto de aeroportos"** Londrina, 2010.

UDAETA, M.E.M.; GIMENES, A.L.V.; GALVÃO, L.C.R.; REIS, L.B.; CARVALHO, C.E.; **" Brazilian Energy Outlook For The Next Five Years: A Critical Overview About Energy Economics And Forecasts"** 18th WEC - World Energy Congress, 21 a 25 de outubro de 2001, Buenos Aires Argentina.

UDAETA, M. E. M. et all. **"Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo"**. São Paulo. 2004.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development.** London: McGraw-Hill, 2000.

VIEIRA, C. S.; RÜTHER, R. **Simulação de gerador solar fotovoltaico integrado à edificação e conectado à rede elétrica para suprir a demanda energética do Aeroporto Internacional Tancredo Neves - Um estudo de caso.** Florianópolis. 2010.

WINCH, G. M. **Managing Construction Projects: an information processing approach.** London: Blackwell Science, 2002.

WOODRUFF, R. B. **Customer Value: the next source for competitive advantage.** Journal of the Academy of Marketing Science, Greenvale, v. 25, n. 2, p. 139-153, 1997.