APLICAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EM INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR NO EXTREMO SUL DO BRASIL

Vinicius Marins Cleff – viniciuscleff@hotmail.com
Liader da Silva Oliveira – liader@globo.com
Leno Porto Dutra – leno.dutra@hotmail.com
Isabel Salamoni – isasalamoni@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Resumo. *A energia elétrica é uma das maiores despesas de custeio nas instituições federais de ensino superior, logo após as despesas com os serviços terceirizados de portaria, vigilância e limpeza. É comum vermos instituições terem os serviços prestados pelas concessionárias de energia suspensos, devido ao atraso no pagamento das faturas, prejudicando as atividades de ensino, pesquisa e extensão. A Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) possui institucionalizado um programa de gerenciamento energético que visa a redução de consumo de energia e dos custos relativos a este insumo, seja com medidas técnicas, administrativas e de educação do usuário. Mesmo assim no ano de 2016 mais de cinco milhões de reais foram repassados à concessionária para pagamento das faturas de energia. Por outro lado, a geração fotovoltaica (FV) tem crescido significativamente no país, em função da legislação 482 da ANEEL, que além de outras possibilidades, permite injetar a energia na rede da concessionária, possibilitando a compensação de um crédito de energético a ser utilizado em até sessenta meses. O presente trabalho propõe a implantação de um sistema de minigeração distribuída nas instalações da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Centro de Artes da UFPEL, a partir da utilização da área disponível para instalação dos módulos solares fotovoltaicos e dos dados de consumo e demanda de energia da instalação. O estudo demonstrou que a energia gerada pelo sistema fotovoltaico seria suficiente para atender o consumo total da edificação, além de proporcionar um excedente que poderia ser compensado por outras unidades acadêmicas ou administrativas, da mesma instituição, utilizando os benefícios do autoconsumo remoto.*

Palavras-chave: *Minigeração Distribuída, Geração Solar Fotovoltaica, Autoconsumo Remoto.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil possui grande impacto no meio ambiente e requer um gasto energético elevado (FERREIRA et al, 2009). O setor é responsável globalmente por 40% do consumo anual de energia e por até 30% da emissão de gases de efeito estufa e, além disso, o setor também representa 12% no consumo de água doce e aproximadamente 40% da geração de resíduos sólidos. (CBCS, 2013). Desta forma, é de extrema importância buscar alternativas mais eficientes de geração de energia, de construção das edificações e de hábitos dos usuários, de forma a auxiliar na redução deste impacto.

Kato (2007) aponta que "se o edifício é elemento fundamental formador da cidade e constitui o espaço em que desenvolvemos nossas atividades, é nele que se encontra a principal demanda energética exigida nas cidades". Entretanto, na atual arquitetura, pouco se demonstra preocupação real com a sustentabilidade. Nesse sentido, Freitas et al (2013) apontam que "as tecnologias existentes aliadas a estratégias e soluções de projeto podem fazer com que o edifício atinja o conceito nZEB – *Nearly Zero Energy Buildings* – edifícios com o consumo de energia próximo a zero". Ou seja, uma construção eficiente, que no final do ciclo de um ano possa ser capaz de gerar tanta energia quanto sua necessidade de consumo. Essas edificações possuem um desempenho energético elevado com o mínimo consumo de energia (CUNHA, 2015).

Este conceito vai de encontro à necessidade de diversificação da geração de energia, e assim, as fontes renováveis de energia (FRE) podem ser consideradas alternativas tecnológicas para que as edificações alcancem o nZEB, reduzindo o impacto energético das edificações e auxiliando na contribuição energética de uma forma mais descentralizada e sustentável, podendo ser utilizadas de forma integrada, nos centros urbanos, próximas ao ponto de consumo. Consequentemente, reduzindo os impactos econômicos e ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis. Dentre as FRE, a que mais apresenta possibilidades de integração com a envoltória das edificações no ambiente urbano, em função de seu avanço tecnológico e, principalmente, simplicidade na instalação (RÜTHER, 2004), é a energia solar por meio de sistemas solares fotovoltaicos (SFV).

A geração de energia elétrica através da utilização dos SFV teve um impulso significativo no país, a partir da aprovação da Resolução ANEEL 482/2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso a micro e minigeração distribuída, além do sistema de compensação de energia elétrica. A aprovação posterior da Resolução ANEEL 687/2015 complementou e ampliou os benefícios da resolução anterior, proporcionando condições efetivas para a ampliação deste sistema. A possibilidade de compensação dos créditos de energia em até 60 meses bem como o regramento do autoconsumo remoto, que permite a utilização do excedente de energia gerada para abater o consumo de energia de outra

instalação, desde que de mesma titularidade e na mesma área de concessão, ampliaram as condições de viabilidade comercial da geração solar FV, até então tida como muito onerosa e de retorno demasiadamente lento. Além destes, outros fatores tornaram esta geração mais atrativa: a elevação, acima dos índices inflacionários, nos valores das tarifas de energia elétrica e a redução dos custos de equipamentos e SFV decorrentes dos efeitos da chamada "curva de aprendizado" e do aumento da demanda por estes sistemas. Segundo dados da International Energy Agency (IEA, 2012) os custos de geração FV de pequeno poderiam cair à metade, entre 2010 e 2020, o que vem se confirmando e ainda estima melhora até 2020 conforme (Instituto Ideal, 2017).

A geração de energia solar FV já é realidade em várias universidades, tanto no Brasil quanto no mundo. Talavera et al (2011) avaliou o potencial FV no Campus da Universidade de Jaén, Espanha, e definiu possíveis áreas onde os sistemas poderiam ser instalados de acordo com o espaço disponível e possibilidade de ligação à rede elétrica existente. Ele concluiu que a instalação tem um valor presente líquido positivo e um tempo de retorno estimado em 16 anos. Bilir (2017) fez um estudo para uma edificação escolar em Izmir, na Turquia, e verificou que com uma taxa de cobertura de 75% da área de telhado, a geração de energia excedeu em 62% o consumo anual de energia da edificação, mesmo que não tenha conseguido cobrir o consumo total de energia em todos os meses do ano, sendo que o tempo de retorno simples foi estimado em 7,5 anos.

No país o primeiro sistema de geração FV conectado à rede foi implementado na Universidade Federal de Santa Catarina, no Laboratório de Energia Solar (LABSOLAR) em 1997, com potência total de 2 kW fornecida através de 65 módulos solares com células de silício-amorfo (a-Si). Na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) foi instalado um módulo conectado à rede de 2,1 kW de potência de pico, com células de silício policristalino (p-Si), que gerou, entre dezembro de 2011 e junho de 2014, 5,95 MWh. Mais recentemente, em agosto de 2015, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) inaugurou o maior estacionamento solar do país, com uma área de 652 m² e 414 painéis solares. Com capacidade para abrigar 65 veículos o "estacionamento solar" é capaz de gerar 140 mil kWh/ano. Já o Instituto Federal da Paraíba - Campus João Pessoa - inaugurou em 2017 o seu sistema de geração FV integrado à rede. Os painéis FV, totalizando 95 kWp, foram instalados na cobertura de diversos prédios e em um estacionamento do campus e estima-se que poderão fornecer 5% da energia total anual consumida na instituição.

A Universidade Federal de Pelotas, da mesma forma que a grande maioria das instituições federais de ensino, possuem um orçamento muito elevado, que não raramente é próximo das prefeituras dos locais onde estão inseridas. Porém a grande maioria deste orçamento é relativo ao pagamento de pessoal e a verba que as instituições dispõem para o funcionamento da própria instituição, denominadas de verbas de custeio. Essas verbas devem prever, além do pagamento dos serviços terceirizados de portaria, limpeza e vigilância, a manutenção dos prédios, fornecimento de água, energia elétrica, telefonia, entre outros. Com a crise econômica s e a atual política pública nacional, que deixou de priorizar a educação superior, os recursos orçamentários, mesmo aprovados previamente, estão sendo colocados em estado de contingência e repassados com atraso. Muitas das instituições estão tendo problemas para manter até mesmo o pagamento das faturas de água e energia elétrica em dia, o que tem ocasionado cortes no fornecimento destes serviços.

A energia elétrica é, depois dos serviços terceirizados, a maior despesa da UFPEL. Mensalmente são repassados à concessionária local cerca de R$ 400 mil reais para o pagamento de mais de setenta unidades de consumo da universidade. Atualmente o valor mensal desembolsado é de R$ 70 mil reais, porém é corrigido mensalmente, e o prazo para quitação total da dívida é de 20 anos, segundo o Relatório Anual de Gestão da UFPEL de 2016. Mesmo que a universidade tenha um programa de eficiência energética estabelecido há mais de 10 anos, em que todas as medidas administrativas, técnicas e de educação estejam sendo implementadas, o PROBEN (2011), é fundamental buscar uma outra forma de reduzir o valor despendido com este insumo e aumentar a sustentabilidade energética da universidade. A geração de energia FV conectada à rede, aproveitando principalmente a extensa área de cobertura disponível, seria uma alternativa que poderia ser implementada na instituição com este objetivo. Além disso, as universidades, como fontes primordiais da produção de conhecimento e de pesquisa, também devem ser responsáveis por capitanear iniciativas que, além de auxiliar na redução dos custos de manutenção da instituição, liberando recursos para as atividades fins, possam reduzir a necessidade da geração de energia por outras fontes mais impactantes e poluentes.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de geração de energia elétrica através da instalação de SFV na cobertura dos prédios da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e do Centro de Artes da Universidade Federal de Pelotas. O estudo considera a aplicação dos módulos FV diretamente sobre a cobertura pré-existente das unidades, não sendo corrigidos nem o desvio azimutal nem o ângulo de incidência solar, apenas a liberação das áreas sombreadas. O estudo deverá indicar o percentual do consumo de energia suprido pelo SFV e o tempo de retorno do investimento.

3. DESCRIÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

A unidade consumidora escolhida como objeto de estudo foram a Faculdade de Arquitetura de Urbanismo (FaUrb) e o Centro de Artes (CEARTE) situado no Campus Porto da UFPEL, conforme representado na Figura 1. A escolha se deu pelo potencial espaço de cobertura que os edifícios comportam e por serem grande consumidores de energia elétrica.



Figura 1: Localização das edificações a serem analisadas.
Fonte: Google Earth.

3.1 Características das edificações

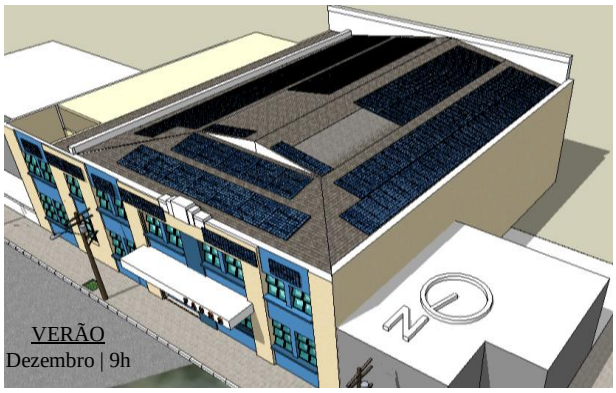
A FAUrb e o CEARTE são prédios distintos, porém para a concessionária local de energia, fazem parte da mesma unidade consumidora, por serem alimentados pela mesma subestação transformadora e por terem um único ponto de medição. O consumo médio anual de energia é de aproximadamente 105.000 kWh. Deste total 11.500 kWh são consumidos no horário de ponta (entre 18 e 21hs nos dias úteis) e os 93.500 kWh restantes no horário fora de ponta, que engloba os demais horários nos dias úteis e as 24hs em feriados e fins de semana. A demanda de energia atualmente contratada com a concessionária é de 90 kW, na modalidade tarifária horária verde.

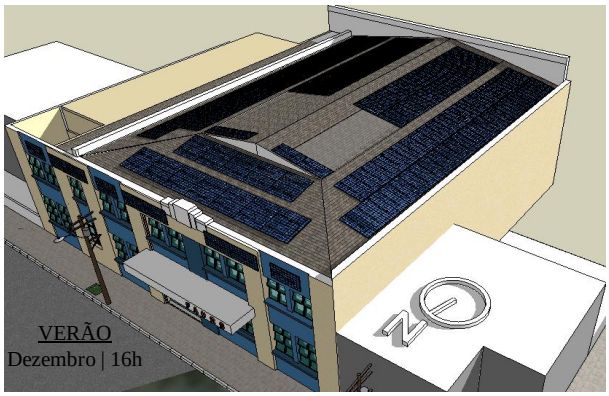
As edificações analisadas estão situadas, próximas as outras unidades acadêmicas e administrativas da instituição, na zona portuária do município de Pelotas, em uma área basicamente residencial e comercial de pequeno porte. Esse fato beneficia a instalação dos módulos FV, pela pequena interferência de sombreamento de edificações vizinhas.

Como características civis, ambas edificações dispõem de uma estrutura de cobertura com telha de fibrocimento. A edificação da FAUrb contempla 2 pavimentos e o CEARTE é uma edificação com 3 pavimentos.

3.2 Estudo de sombreamento

Para definição da área a ser utilizada para implantação dos SFV foi estipulado a utilização de módulos de 72 células, onde neste formato o equipamento tem uma área aproximada de 2m². Através de uma análise em 3D, utilizando o *software* Sketchup, utilizou-se os modelos de projetos dos edifícios propostos, fornecidos por Barros (2010) no Projeto Modela UFPEL. Em um segundo momento, modelou-se as edificações do entorno da FaUrb e do CEARTE através de blocos com as alturas aproximadas. Por fim, aplicaram-se os módulos nas coberturas e fachadas de modo que não estivessem sombreados durante os solstícios de verão e inverno, bem como nos equinócios de outono e primavera, no período entre 9h00min até às 16h00min. Na Figura 2, está representado o estudo de sombreamento no prédio da FaUrb.





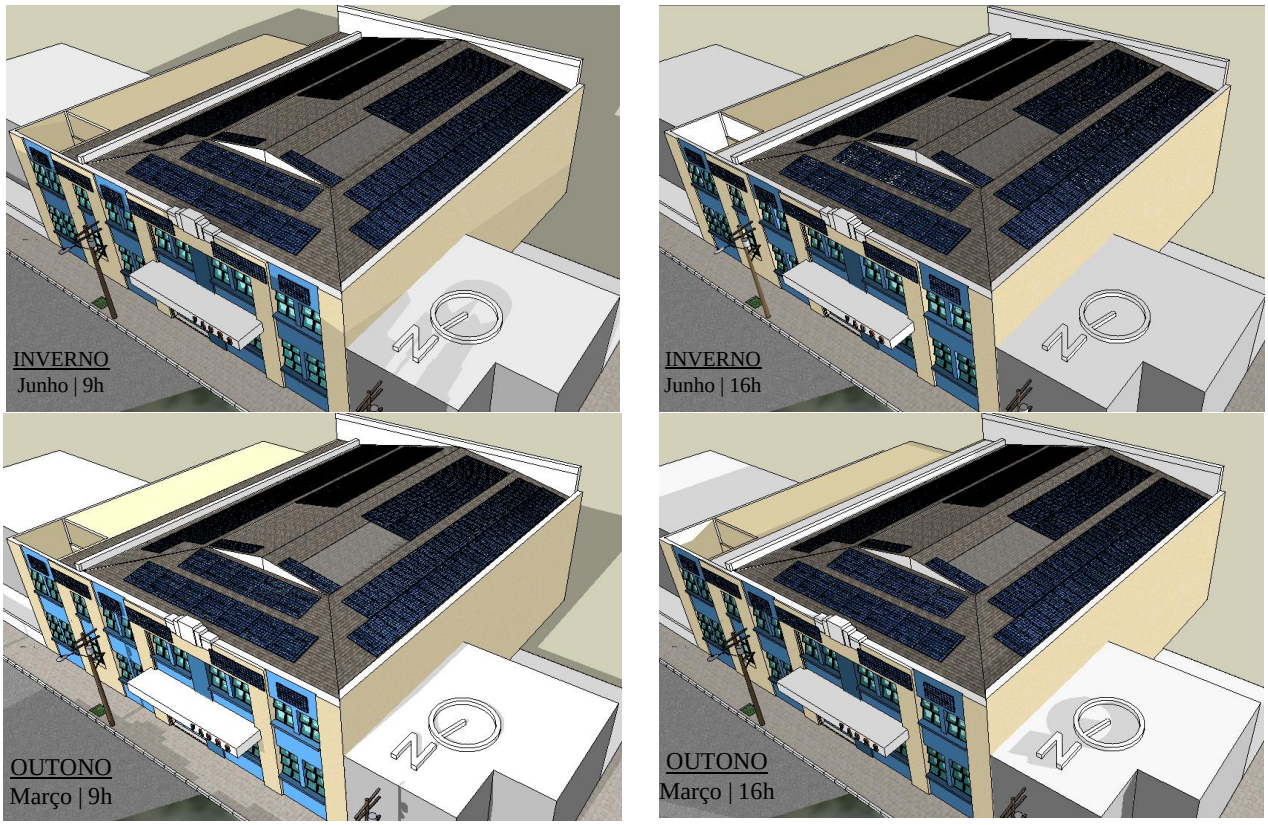
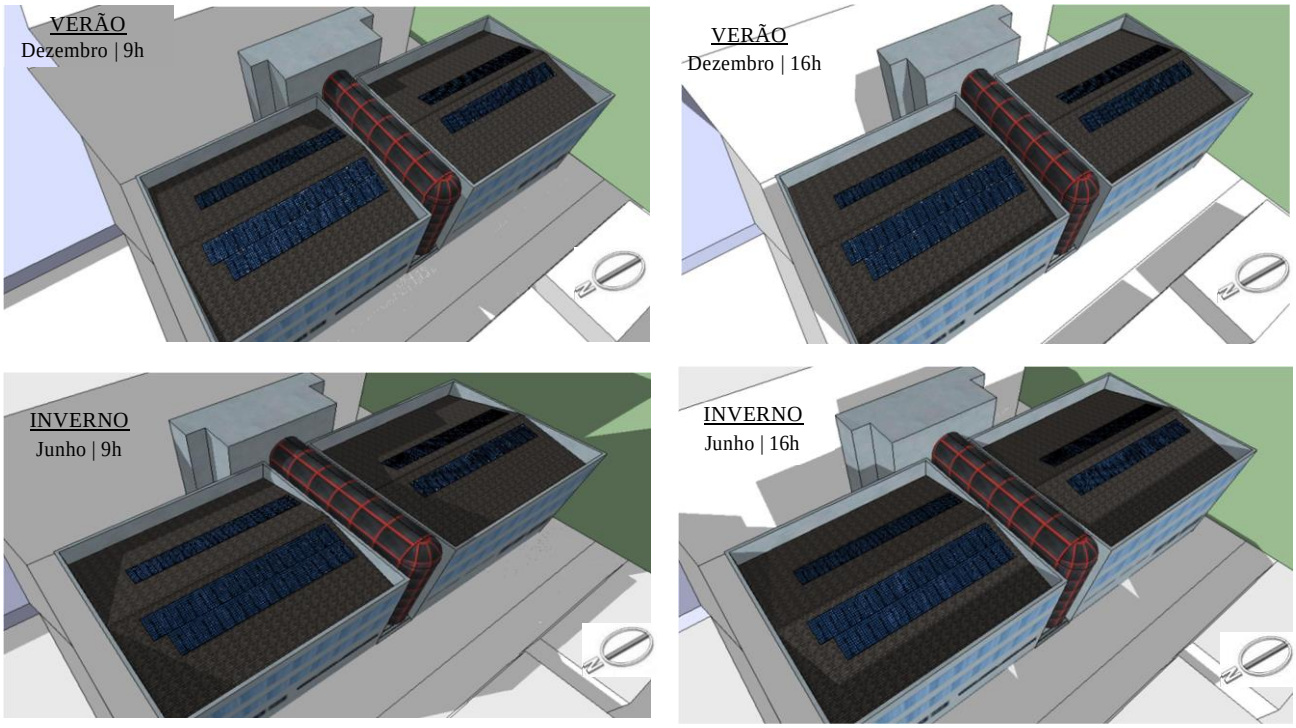


Figura 2: Estudo de sombreamento nos solstícios e equinócios no prédio da FaUrb.
Fonte: Autores.

Os estudos nos equinócios foram feitos somente no mês de março pelo fato do sol ter comportamento similar no outono e na primavera. Na Figura 3 mostra como estão dispostos os módulos FV na cobertura da edificação. Neste caso o fator de sombreamento limitou a área de aplicação, no entanto ainda há viabilidade na instalação do sistema.



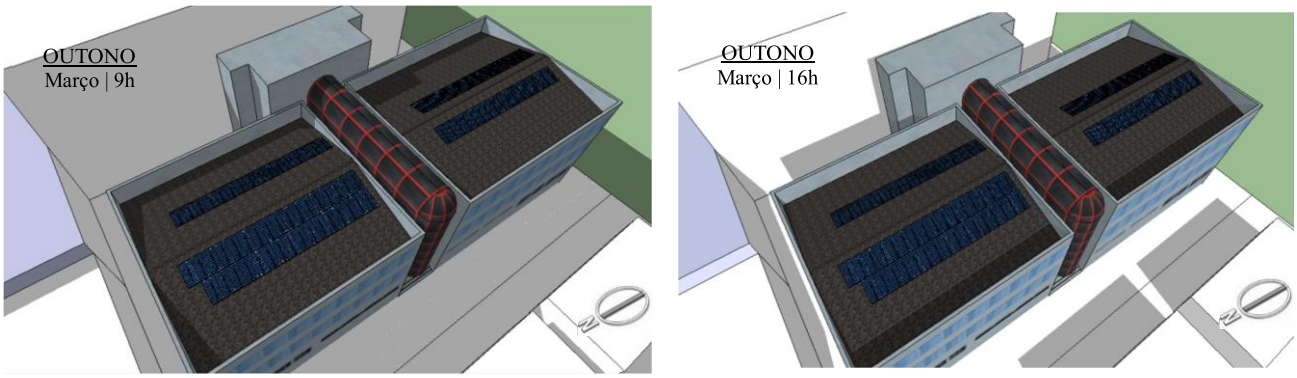


Figura 3: Estudo de nos solstícios e equinócios no prédio do CERT.
Fonte: Autores.

A quantidade de módulos instalados na cobertura e fachada norte da FaUrb e cobertura do CEARTE foram projetados de acordo com a área disponível, desconsiderando a área sombreada, fazendo uma análise anual do comportamento de rotação e translação da terra em relação ao sol. Sendo assim, o potencial instalado se deu conforme as disposições possíveis nas coberturas, e ficaram configurados conforme Tabela 1.

Tabela 1: Relação da quantidade e potência dos módulos em função do posicionamento na cobertura.

Edificação	**Coordenada**	**Desvio**	**Inclinação**	**Módulos** (Un.)	**Potencial Instalado** (kWp)	**Potência Total** (kWp)
FaUrb	Norte	14º	90º	9	2,88	59,2
		14ª	12º	24	7,68	
	Leste	104º	12º	76	24,32	
	Oeste	-76	12º	76	24,32	
CEARTE	Leste	104º	12º	33	10,56	26,56
	Oeste	-76	12º	50	16,00	

Fonte**:** Autores.

Totalizando a unidade de módulos FV com possibilidade de instalação nas coberturas das edificações, tem-se um potencial instalado de 85,76 kWp, configurando uma minigeração distribuída. Ainda, mostra-se viável em relação a demanda contratada da unidade consumidora, que é de 90 kW. Neste caso, seria necessária uma potência instalada igual ou menor a demanda contratada, de acordo com ANEEL, 2012.

Devido a diferentes posições e angulações das águas das coberturas, calcularam-se seis valores de irradiação para as distintas posições de aplicação dos painéis FV. No item a seguir apresentam-se os valores obtidos para devido dimensionamento dos equipamentos e cálculo de estimativa de produção.

3.3 Índices de radiação solar no município de Pelotas

. Com base nos dados de radiação global horizontal, obtidos através do Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006), foram calculados, através do *software* Radiasol, os valores de radiação solar para o plano inclinado. No entanto, este estudo apresenta diferentes condições de inclinação e orientação, em virtude das coberturas analisadas. Sendo que, o ângulo de inclinação e o desvio azimutal das águas sudeste e noroeste são iguais para ambos os edifícios. Os valores apresentados na Tabela 2 mostram os diferentes índices de radiação para as diferentes angulações e desvio azimutal.

Tabela 2: Relação média anual da radiação para as diferentes posições dos módulos FV em Wh/m².dia.

		Ângulo de Inclinação	
		12º	**90º**
Ângulo de Desvio Azimutal	**14º**	4964	2564
	104º	4667	-
	-76º	4789	-

Fonte**:** Autores.

Comparando as diferentes posições nota-se que o menor índice de radiação solar é quando se tem um ângulo de inclinação de 90º (fachada da FAUrb), enquanto os demais variam pouco em relação à posição dita como a de condição de projeto.

3.4 Módulos e Inversores de Frequência

Para a escolha dos equipamentos de conversão de irradiação solar para energia elétrica, buscou-se por tecnologias cuja sua eficiência energética tivesse classificação 'A', diante a avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Sendo assim, o módulo adotado foi o Modulo Diamond CS6X-320P-FG da marca Canadian Solar. A Tabela 3 apresenta as características do módulo utilizado.

Tabela 3: Características gerais do módulo fotovoltaico.

Dados Elétricos		**Dados Mecânicos**	
Potência Nominal	320 W	Tipo de Células	Poli cristalino
Tensão de Operação	36,8 V	Arranjo das Células	72 (6x12)
Corrente de Operação	8,69 A	Dimensões	1972x996x10 mm
Tensão de Circuito Aberto	45,3 V	Peso	27,5 kg
Corrente de Curto Circuito	9,26 A	Vidro da Frente	2,5 mm
Eficiência	16,39 %	Vidro de Trás	2,5 mm
Temperatura de Operação	- 40ºC ~ +85ºC	Espessura do Condutor	4, 0 mm²
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W	Comprimento do Condutor	1150 mm

Fonte: Canadian Solar.

Com os valores pré-determinados, pode-se dimensionar a disposição mecânica dos módulos em cobertura, e também as suas conexões elétricas nas devidas proteções e nos inversores de frequência.

Para a escolha dos inversores de frequência deve-se levar em consideração o potencial dos módulos instalados e a posição que o conjunto do painel está voltada, pois para que haja otimização das unidades de corrente e tensão de geração FV, os módulos FV com orientação devem estar conectados ao mesmo seguimento de máxima potência (SPMP) do inversor.

Sendo assim, como existem duas edificações distintas para a mesma unidade consumidora de energia elétrica, a aplicação dos painéis FV seria em coberturas relativamente distantes e haveria diferentes posicionamentos e angulações dos módulos. Dessa forma, optou-se pela utilização de três diferentes modelos de inversores. Na Tabela 4 são apresentados os módulos as características dos inversores de frequência, conforme suas marcas e modelos.

Tabela 4: Características gerais dos inversores de frequência aplicados.

Edificação	**Marca**	**Modelo**	**Potência de Entrada** (kW)	**MPPT** (Un.)	**Potência de Saída** (kW)
FaUrb	Fronius	Primo 6.0-1	9,0	2	6,0
	ABB	TRIO-TM-50.0-400	52,5	3	50,0
CEARTE	ABB	TRIO 27.6-TL-OUTD	32,0	2	27,6

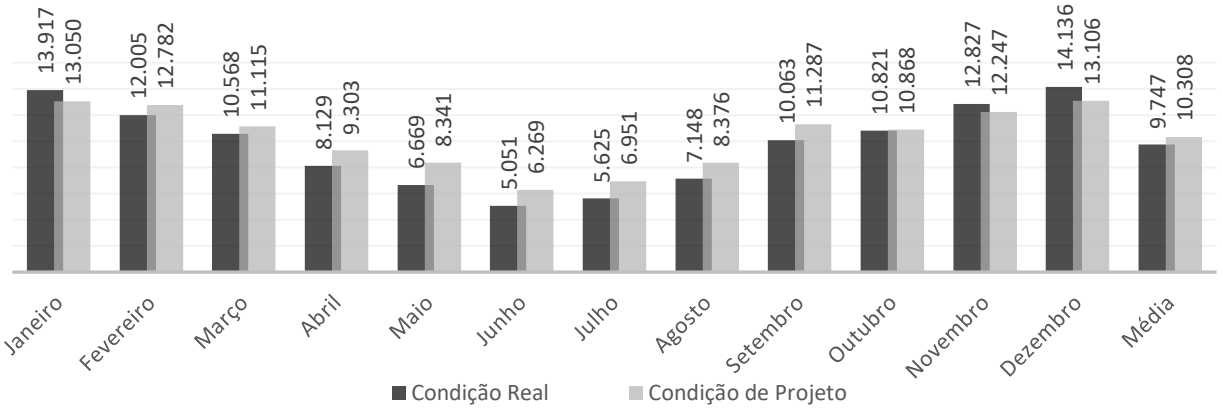
Fonte: Fronius e ABB.

Observa-se que o somatório da potência de entrada de todos os inversores admite o dimensionamento dos módulos. Para a FaUrb o inversor Primo 6.0-1 seria utilizado para os painéis solares voltados para norte com desvio de 14º. Já os inversores ABB seriam divididos para as coberturas com desvios para Leste e Oeste para ambos os prédios. Chega-se assim a uma otimização dos recursos frente as ferramentas disponíveis no mercado.

3.5 Capacidade de geração fotovoltaica do sistema

Devido ao fato de o sistema proposto considerar as características construtivas da edificação e não considerar as condições ideais de inclinação e orientação solar dos módulos, não obtém-se a melhor geração de energia. Sendo assim, o Gráfico 1 faz um comparativo com o sistema dimensionado nas condições reais com outro nas condições ideais, na melhor condição do projeto, posicionado com desvio azimutal 0º e inclinação conforme a latitude local: ≈ 32º

Gráfico 1: Capacidade de produção fotovoltaica em quilowatt-hora por mês (kWh/mês).



Fonte: Autores.

Analisando o Gráfico 1, interpreta-se que no montante da produção anual o rendimento do sistema proposto para as edificações da FAUrb e CEARTE é de 93%. Ou seja, pode-se dizer que há uma perda de 7% frente à condição de instalação real em relação a máxima capacidade de produção. A partir disso, discute-se a viabilidade econômica desse contexto frente a capacidade que o SFV teria de suprir o consumo atual da unidade consumidora.

3.6 Balanço energético

A partir da determinação da instalação dos módulos FV na cobertura das edificações, e para que haja viabilidade técnica da instalação dos SFV, também é necessário mensurar o quanto a produção dessa energia irá suprir o consumo da unidade consumidora em questão.

A unidade consumidora em estudo é atendida e faturada em média tensão (MT), se configurando consumidor do Grupo A, modalidade tarifária horária verde. Nesta modalidade há diferentes valores de quilowatt-hora (kWh), em função do horário em que a energia é consumida. O horário de ponta, situado entre 18 e 21hs, tem o custo do kWh quase cinco vezes maior que o horário fora de ponta, que engloba as demais horas dos dias úteis, fins de semana e feriados.

De acordo com ANEEL (2012), o sistema de compensação de energia elétrica, é definido por permitir que a energia gerada por um micro ou minigerador e não consumida momentâneamente pela unidade consumidora (UC), seja injetada na rede da concessionária de distribuição de energia local, que armazenará o excedente. A partir do momento que a geração mensal for maior que o consumo, a UC receberá créditos em (kWh), que serão utilizados para compensar o consumo em outro posto tarifário ou nos meses subseqüentes. Nesse caso, levando em conta um sistema de energia solar, a geração acontece no período do dia (fora de ponta), e o excedente é compensado durante a noite (ponta) e logo, acumulado nos próximos meses. No momento que há excedente de energia gerado no horário fora de ponta, para que haja compensação no consumo do horário de ponta deve-se aplicar um fator de ajuste (FA). As tarifas de energia, porém, possuem dois componentes tarifários na sua composição, a Tarifa de Energia (TE) e a Tarifa pelo Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). O fator de ajuste para compensar-se a geração no horário fora de ponta e o consumo no horário de ponta leva em conta apenas a componente da TE. Neste momento se estabelece uma outra vantagem importante, pois a componente TE no horário de ponta é cerca de 50% maior que a componente TE no horário fora de ponta. A componente que mais influência na majoração de quase cinco vezes da tarifa de ponta é a TUSD, que não é utilizada para definir-se o Fator de Ajuste. Expressa-se este fator através de Eq. (1), conforme ANEEL (2012).

$$FA = \frac{TE\ (FP)}{TE\ (HP)} \quad \textbf{(1)}$$

Entretanto, como este caso se trata de um consumidor do Grupo A, a UFPEL continuará pagando a demanda contratada de 90kW, sendo esta superior ao potencial instalado do SFV.

A partir da Tabela 5 analisa-se e compara-se a quantidade de energia consumida frente à gerada e assim chega-se ao percentual suprido pela unidade consumidora. A relação estabelecida demonstra a produção de energia gerada e a energia consumida no horário de ponta e fora de ponta em determinado mês, que após compensada a energia nos postos horários, é quantificado o excedente acumulado, que será disponibilizado no mês subsequente. Caso a geração de determinado mês seja inferior ao consumo, é utilizado o excedente de energia acumulado do mês anterior.

Tabela 5: Perfil de geração, consumo e compensação de energia elétrica mensal

Mês	**Energia Gerada**(kWh/mês)	**Energia Consumida Fora de Ponta** (kWh/mês)	**Energia Consumida na Ponta** (kWh/mês)	**Excedente de Energia Acumulado** (kWh/mês)	**Energia Suprida Fora de Ponta** (%)	**Energia Suprida na Ponta** (%)
Janeiro	13.917	5.490	395	7.844	100	100
Fevereiro	12.005	5.931	464	13.233	100	100
Março	10.568	8.693	1.009	13.617	100	100
Abril	8.129	10.489	1.581	8.922	100	100
Maio	6.669	9.616	1.365	3.959	100	100
Junho	5.051	10.422	1.407	0	86	0
Julho	5.625	9.894	1.218	0	57	0
Agosto	7.148	6.702	819	0	100	37
Setembro	10.063	8.668	1.190	0	100	79
Outubro	10.821	7.188	955	2.222	100	100
Novembro	12.827	4.733	510	9.563	100	100
Dezembro	14.136	5.689	558	17.186	100	100

Fonte: Autores.

Através da Tabela 5 conclui-se que a geração de energia elétrica, de acordo com o potencial instalado, supriria 100% da energia consumida pelas duas edificações em oito meses do ano. Deve-se levar em conta que esta análise foi feita considerando o primeiro ano de implantação do sistema. A partir do segundo ano, com o excedente de 17.186 kWh do mês de dezembro, a geração conseguiria suprir a energia consumida, tanto na ponta quanto fora de ponta, em todos os meses do ano. Isto pode ser facilmente visualizado na Tabela 6, em que analisamos a geração solar FV e o consumo do ano inteiro.

Tabela 6: Perfil de estimativa geração e consumo de energia anual

Energia Gerada (kWh/mês)	**Energia Consumida Fora de Ponta** (kWh/ano)	**Energia Consumida na Ponta** (kWh/ano)	**Consumo Total**[1] (kWh/ano)	**Energia Excedente** (kWh/ano)
116.969	93.515	11.471	110.456	6.503

Fonte: Autores.

A análise da Tabela 6 nos mostra que, além de conseguir gerar toda a energia anual consumida pela instalação, ainda haveria um excedente de 6.503 kWh, que poderia ser utilizada no prazo de 60 meses ou compensado em outra unidade consumidora da Universidade.

3.7 Análise econômica

Neste estudo fez-se necessário analisar a viabilidade econômica que esta tecnologia, aplicada nas edificações de UFPEL, teria no atual contexto. Num primeiro momento, buscou-se por orçamento de empresa que atua com comercialização, projeto e instalação dos equipamentos na região de estudo, e ainda validou-se o valor levantado tendo como referência o estudo sobre 'O mercado de geração distribuída fotovoltaica' (Instituto Ideal, 2017).

Para o estudo de análise de retorno de investimento, tomou-se como base o método do Custo Médio Ponderado de Capital (Weight Average Cost of Capital – WACC), utilizada pelas maiores distribuidoras de energia elétrica do Brasil, conforme Carvalhães (2014) tendo como referência de cálculo as variáveis da Tabela 7 para obtenção do resultado.

Tabela 7: Variáveis para cálculo do retorno do investimento

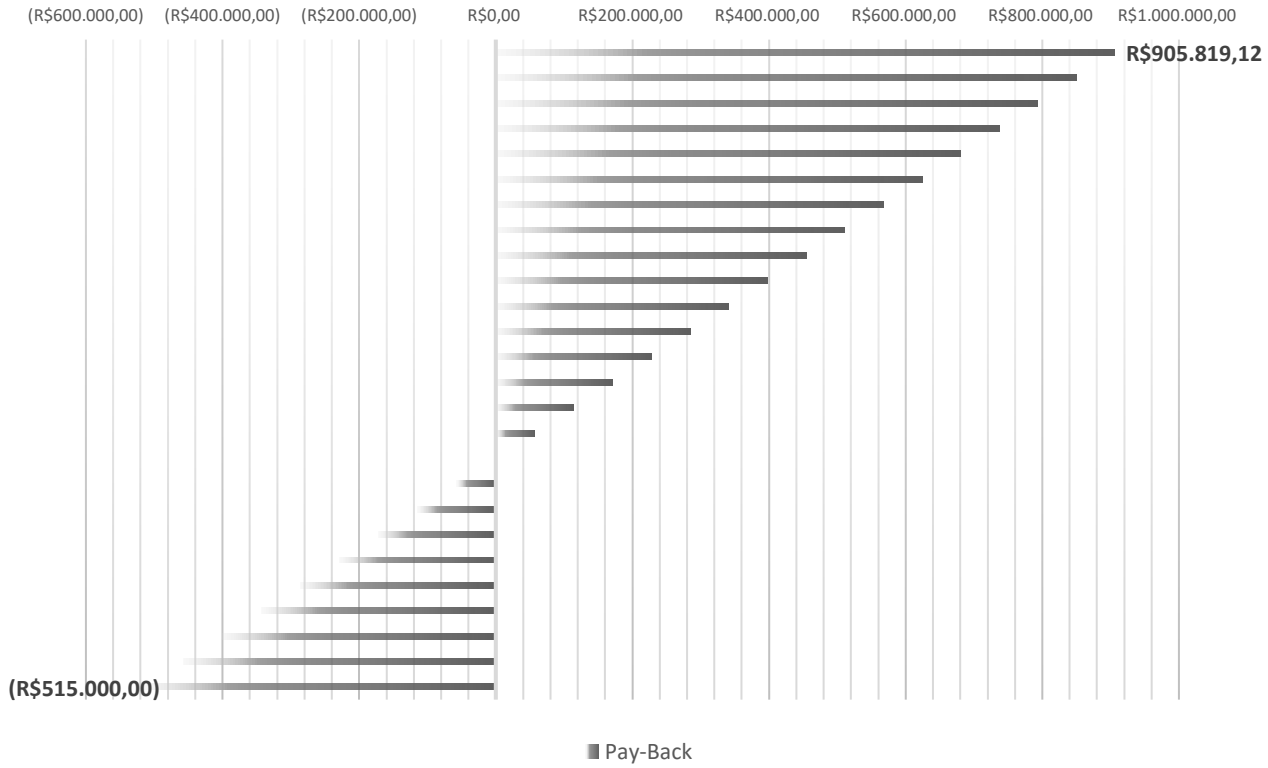
WACC	**Carga Tributária**	**Taxa de Desconto**	**Geração Anual**	**Preço do quilowatt-hora**
12,26%	34%	8,09%	116.959 kWh	R$ 0,53

Fonte: Autores.

[1]A energia consumida total leva em conta o fator de ajuste do consumo no horário de ponta.

A partir dos valores supramencionados, com um custo inicial totalizando o valor de R$ 515.000,00 e considerando um fluxo de caixa para o primeiro ano de com um Valor Presente (VP) de R$ 57.412,83, tem-se no Gráfico 2 a estimativa do retorno de investimento para o SFV após seu devido funcionamento.

Gráfico 2: Análise de retorno financeiro do investimento no prazo de 25 anos.



Fonte: Autores.

Sendo assim, concluiu-se que para tal investimento teria-se um retorno financeiro em aproximadamente 9 anos. Considerando que o tempo de vida útil dos módulos FV é de, aproximadamente 25 anos, pode-se considerar que a unidade consumidora estudada se tornaria comercialmente estável frente a eventuais inflações ou oscilações que o setor energético possa ter. Além disso, em um período de 16 anos a tecnologia se mostraria um bem rentável.

Em suma, nesta análise econômica tem-se um Valor Presente Líquido (VPL), no final dos 25 anos, de aproximadamente R$ 905.819,12, com uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 19%.

4. CONCLUSÕES

A UFPEL, como um órgão público vinculado ao Governo Federal, mesmo que tenha autonomia para gerenciar suas ações, tem um limitador importante, que é o orçamento que a União disponibiliza anualmente à instituição. Mesmo recursos que estão no orçamento anual têm sido contingenciados pelo governo, causando problemas de atraso nos pagamentos aos fornecedores, empresas terceirizadas e bolsistas. Os pagamentos da energia elétrica, assim como os anteriormente citados, fazem parte das verbas de custeio. Não raramente as faturas de energia não são pagas às concessionárias gerando dívidas que, mais cedo ou mais tarde, tem que ser quitadas. Um exemplo é a própria UFPEL, que tem um acordo com a concessionária por vinte anos, o que significa cinco gestões administrativas.

Os resultados obtidos neste trabalho, nos quais foi demonstrado que toda a energia consumida pela instalação analisada poderá ser gerada pelo SFV projetado, além de obtermos um excedente de energia que poderá ser compensado em outra instalação da universidade, torna-se ainda mais significativo em função dos problemas de orçamento citados. A possibilidade de poder gerar toda a energia consumida, além de reduzir o custo global que a universidade deve pagar à concessionária, possibilitará a instituição dispor de mais recursos para aplicação nas atividades fins da instituição.

Além disso a própria análise financeira indica um retorno do investimento em cerca de nove anos e um custo evitado, ao final dos vinte e cinco anos de vida útil do sistema, de mais de R$ 900.000,00. A possibilidade de captar os recursos necessários para a implantação do sistema através de projetos de incentivo a geração de energias alternativas, cada vez mais comum nas instituições federais, é outro facilitador para aplicação de projetos deste tipo. E, principalmente, por serem as universidades grandes atores na produção e difusão de conhecimento e pesquisa, é fundamental que as ações por elas realizadas possam servir de exemplo positivo para as comunidades nas quais estão inseridas.

REFERÊNCIAS

Aneel, Agência Nacional de Energia Elétrica. 482: 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. Brasília: Aneel, 2012. 12 p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2012.

BARROS, L. Projeto Modela UFPel: visibilidade e acessibilidade para a instituição. In: Congresso de Iniciação Cientifica, 19., 2010, Pelotas. Respositório. Pelotas: Ufpel, 2010. p. 1 - 4.

BILIR, Levent; YILDIRIM, Nurdan. Photovoltaic system assessment for a school building. International Journal Of Hydrogen Energy**,** Ízmir, Turquia, v. 42, n. 28, p.17856-17868, jul. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.122.

CAVALHÕES, M.; ALBUQUERQUE, A.; Silva, D. Comparação de duas metodologias de apuração do custo de capital das distribuidoras de energia elétrica brasileiras. Revista de Contabilidade e Controladoria, Curitiba, v. 6, n. 2, p.106-127, ago. 2014.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Diretrizes de ação. 2013. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Sobre%20CBCS/CBCS_Diretrizes% 20de%20Acao_rev1.pdf>. 2013. Acesso em: 25 de set. 2016.

CUNHA, Filipe Alexandre Oliveira da. Estudo de Estratégias e tecnologias de climatização para atingir Edifícios NZEB. 2015. 188p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). – Universidade do Porto; Porto, Portugal. 2015.

FERREIRA, Denize Demarche Minatti, et al.. Gestão de resíduos da construção civil e de demolição: contribuição para a sustentabilidade ambiental, UFSC, V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2, 3 e 4 de julho de 2009. Disponível em: <http://docplayer.com.br/1637374-Gestao-de-residuos-daconstrucao-civil-e-de-demolicaocontribuicoes-para-a-sustentabilidadeambiental.html>. Acesso em: 01 mar. 2017.

FREITAS, J.; DALBEM, R.; CUNHA, E.; KREBS, L.; RODRIGUES, M.; VICENTE, R. Aplicabilidade do conceito Passivhaus no contexto brasileiro. Artigo. IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA]. Energy Technology Perspectives 2012. Organization for Economic Cooperation & Development, Paris.

Ideal, Instituto. O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica. 2017. Disponível em: <https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/estudoidealmercadofv2017_web>. Acesso em: 20 ago. 2017./

KATO, C.A. Arquitetura e sustentabilidade: projetar com ciência da energia. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Pós-Graduação da Universidade Presbiteriana Mackenzie: São Paulo, 2007.

PBE, Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/>. Acesso em: 17 out. 2001.

PROBEN, Programa do Bom Uso Energético. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/proben>. Acesso em: 13 dez. 2011.

TALAVERA, D.L et al. Energy and economic analysis for large-scale integration of small photovoltaic systems in buildings: The case of a public location in Southern Spain. Elsevier. Jaén, Espanha, p. 4310-4319. 12 set. 2011.

APPLICATION SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN FEDERAL INSITUTION OF HIGHER EDUCATION IN SOUTH REGION OF BRASIL

Abstract. *Electricity is one of the largest financing expenses in federal higher education institutions, shortly after the expenses with outsourced concierge, surveillance and cleaning services. It is common to see institutions having the services suspended by the company of energy distribution, the latest in payment of invoices, hampering teaching, research and extension activities. The Federal University of Pelotas (UFPEL) has an energetic management program aimed at reducing energy consumption and costs, including technical, administrative and user education measures. Even so, in 2016 five million of reais that were transferred to the concession (trocar) for payment of energy bills. On the other hand, the photovoltaic (PV) generation has grown significantly in the country due to ANEEL's 482 legislation which, in addition to other possibilities, allows the installation of an energy in the grid of the concession, enabling a compensation of an energy and an appeal in up to sixty months. The present work proposes the implementation of a distributed mining system in the units of the Faculty of Architecture and Urbanism and the Arts Center of UFPEL, using the available area for the installation of photovoltaic solar modules and data of energy consumption and demand of the installation. The study demonstrated that the energy generated by the photovoltaic system will be sufficient to meet the total consumption of the building, in addition to a higher amount that can be compensated by other academic or administrative units using the benefits of remote self-consumption.*

Keywords: *Distributed Minigeneration, Solar Photovoltaic Generation, Remote Self-Consumption.*