

Proposta de fornecimento eléctrico sustentável no Instituto Politécnico da Lunda-Sul

Proposal for sustainable electricity supply at the Polytechnic Institute of Lunda-Sul

Arone Inácio Augusta Venâncio ^{1*}, José Eduardo Márquez Delgado ²

¹ Lic. Categoria docente o académico. Afiliação institucional. arone.venancio3@gmail.com

² PhD. Professor Titular. Universidade de Granma. Cuba. jemarquezd69@gmail.com

* Autor para correspondência: venancio3@gmail.com

RESUMO

As fontes renováveis de energias podem converter-se em propostas que permitam uma diminuição do uso direto de combustíveis fósseis como fonte de energia atual a nível mundial que economiza grandes somas de dinheiro às entidades. Neste artigo se desenvolveu uma proposta de fornecimento eléctrico sustentável para aplicar no Instituto Politécnico da Lunda-Sul. Para esta avaliação utilizaram-se softwares (HOMER, PVSIST, Excel e MATLAB) que permitem caracterizar as condições em que se desempenharão as propostas. Propuseram-se diferentes variantes de fornecimento eléctrico para garantir o serviço contínuo à instituição e estudou-se do ponto de vista técnico económico as oportunidades e desvantagens de cada uma, além disso, se tiveram em conta diferentes indicadores sustentáveis para avaliar de uma óptica mais profunda as propostas declaradas.

Palavras chave: Sistema fotovoltaico. Sistema híbrido. Gerador diesel. Fornecimento eléctrico.

ABSTRACT

Renewable energy sources can be converted into proposals that allow a reduction in the direct use of fossil fuels as a current source of energy worldwide, which saves entities large sums of money. In this dissertation, a proposal for sustainable electricity supply was developed to be applied at the Polytechnic Institute of Lunda-Sul. For this evaluation, softwares (HOMER, PVSIST, Excel and MATLAB) were used, which allow to characterize the conditions under which the proposals will be performed. Different variants of electrical supply were proposed to guarantee continuous service to the institution and the opportunities and disadvantages of each were studied from a technical and economic point of view.

Keywords: Photovoltaic system, Hybrid system, diesel generator, electrical supply.

INTRODUÇÃO

O Instituto Superior Politécnico da Lunda-Sul (IPLS) tem estado a registar algumas anomalias no seu funcionamento devido à interrupção contínua ou intermitente da energia elétrica fornecida pela concessionária Empresa Nacional de Distribuição de Eletricidade (ENDE).

Economicamente existe afetação no IPLS porque tem sido necessário fazerem-se pagamentos à concessionária e manter-se o funcionamento do grupo existente. Ou seja, no IPLS, a falta de energia elétrica além de criar dificuldades no desenvolvimento de suas atividades básicas e tarefas também trás problemas do ponto de vista económico.

Como parte das alternativas de economia de energia ou garantias de fornecimento elétrico efetivo sustentável encontram-se as fontes de energias renováveis, mas, para poder dispor delas terá que dispor de um grande investimento inicial, por isso ao decidir a sua implementação, necessariamente deverão realizar-se tarefas de optimização tanto técnicas como financeiras.

De acordo com os comentários de (Muñoz, 2015), o fornecimento de energia elétrica do ponto de vista do usuário, que para este caso uma instituição pública, consiste na entrega de energia em condições de regularidade e qualidade mediante a contraprestação económica.

A energia solar em Angola tem um elevado potencial de recurso solar, com uma radiação solar global em plano horizontal anual média compreendida entre 1350 e 2070 kWh/m²/ano. Este é o maior recurso renovável do país é o mais uniformemente distribuído.

Conforme o (Aguilar *et al.*, 2016) a energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia que produz eletricidade de origem renovável obtida diretamente a partir da radiação solar mediante um dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, ou mediante uma deposição de metais sobre um substrato denominada célula solar.

Seguindo a experiência de (Abdel-Qader, 2008), um sistema híbrido de energia é aquele que utiliza várias fontes de energia, de naturezas diferentes, que podem ser de tipos convencionais, neste caso os combustíveis fósseis ou de fontes renováveis, podem ser ainda usados em conjunto equipamentos de armazenamento de energia. As tecnologias de energia renovável utilizadas são, a energia eólica, solar, hídrica, biomassa, biogás, entre outras tecnologias.

Sustentado por (Oliveira Ferreira, 2014), um sistema fotovoltaico diesel o é sistema híbrido combina a disponibilidade do recurso solar do local com a produção através de um grupo diesel, para a produção de eletricidade. A figura 1 apresenta o diagrama de blocos do sistema, sendo a constituição deste sistema híbrido semelhante ao sistema eólico-diesel.

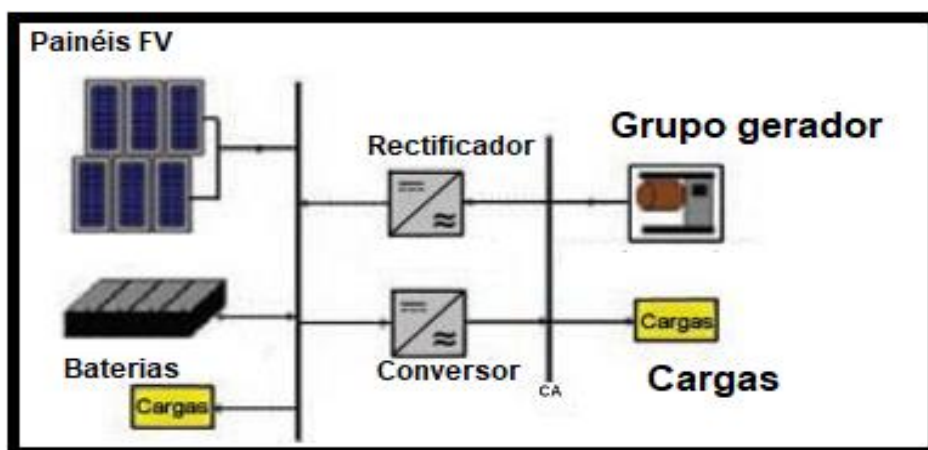


Figura 1. Sistema híbrido fotovoltaico-diesel. Fonte: (Barreto e Pinho, 2008), e adaptado pelo autor.

Na perspetiva de (Pereira, 2011), o grupo gerador diesel é um conjunto de motor diesel e gerador de corrente alternada, convenientemente montado, composto por componentes de supervisão e controlo necessários para um funcionamento autónomo e destinado ao suprimento de energia elétrica produzida a partir do consumo de óleo diesel.

Por outra parte e segundo (Schneider, 2019) e exposto por (El-Hawary e Eckels, 2014), o Grupo Motor Gerador (GMG) é um equipamento que possui um motor alimentado a diesel, gasolina ou gás, acoplado a um gerador e montado sobre base metálica, com acionamento manual ou automático.

DESENVOLVIMENTO

Demanda de energia elétrica do Instituto Politécnico da Lunda-Sul.

Um dos problemas confirmados durante o diagnóstico realizado às instalações da instituição foi confirmar que o sistema de pagamento da energia elétrica à ENDE era muito por debaixo da carga de consumo que existe atualmente.

Facto que manifesta que a utilização de energia elétrica de todos os dispositivos consumidores que atualmente se encontram instalados no Instituto Politécnico está muito a baixo da sua possível utilização nominal, o que permitirá desenhar as variantes de fornecimento elétrico de acordo com os meios históricos de consumo dos últimos anos e a conseguinte economia para o financiamento das mesmas.

Determinou-se configurar as propostas de acordo com as cargas de consumo atuais que serão declaradas mais adiante.

Os valores mais críticos por ano recolhem-se na tabela 1 a seguir, e a carga atualizada na tabela 2.

Tabela 1. Valores totais de consumos nos anos de estudo.

Anos	Consumo de energia elétrica estimado (kWh)
2018	57922
2019	62480
2020	51771
Média	57391

Fonte: (Dados da ENDE, adaptados pelo autor, 2021).

Tabela 2. Carga actualizada do Instituto Politécnico da Lunda-Sul.

Designação	Potência Unitária (W)	Quantidade	Potência (W)	Tempo (h/dia)	Consumo (kWh/dia)
Televisão+ Box	70	4	280	14	3,92
Geleira	300	4	1200	24	28,80
Arca congeladora	3600	1	3600	24	86,40
Micro ondas	700	3	2100	14	29,4
Fogão elétrico	2500	1	2500	3	7,50
Computador	350	160	56000	15	840,00
Cafeteira Elétrica	110	2	220	14	3,080
Iluminação	75	20	1500	14	21
Iluminação	400	10	4000	12	4,80
Iluminação	18	310	5580	24	133,92
Iluminação	36	268	9648	24	231,55
Iluminação	70	18	1260	12	15,12
AC 12000 BTU	1600	9	14400	15	216
AC 9000 BTU	1300	45	58500	10	585
AC 18000 BTU	2600	12	31200	15	468
AC 24000 BTU	2800	4	11200	15	168
Totais	16529	971	203188	-----	2842,49
Energia total mensal	-----	-----	6095640	-----	85274,70

Fonte: (Autor, 2021).

Ver na tabela 3 as horas de radiação solar da latitude de Saurimo.

Tabela 1. Horas de radiação solar da latitude de Saurimo.

Meses	Horas do nascente do sol Hs	Hora do pôr do sol Hp	Duração em que o sol ilumina esta zona N
Janeiro	06h00min	18h19min	12,3
Fevereiro	06h07min	18h21min	12,2
Março	06h05min	18h13min	12,1
Abril	05h59min	18h01min	12,0
Maio	05h58min	17h54min	11,9
Junho	06h04min	17h57min	11,9
Julho	06h09min	18h03min	11,9
Agosto	06h05min	18h04min	12,0
Setembro	05h53min	17h58min	12,1
Outubro	05h40min	17h52min	12,2
Novembro	05h36min	17h54min	12,3
Dezembro	05h45min	18h06min	12,4

Fonte: (Atlas de Estratégia Nacional para as Energias Renováveis).

Na seguinte figura 2 se representa a localização que tem o Instituto Politécnico da Lunda-Sul, representado pelos dois blocos principais, conhecidos pela área administrativa e o bloco principal de docência, além da área de laboratórios e o bloco auxiliar de salas de aulas conhecido como (comboio).



Figura 2. Localização do Instituto Politécnico da Lunda-Sul. Fonte: (Google Earth, 2021), adaptado pelo autor.

Na figura 3 se mostram as possíveis convocações onde estariam situados os painéis fotovoltaicos.



Figura 3. Possíveis convocações onde estariam situados os painéis fotovoltaicos. Fonte: (Google Earth, 2021), adaptado pelo autor.

Com a utilização do programa PVSYST e com a simulação direta na ferramenta do MATLAB se poderiam obter os dados de radiação da cidade do Saurimo onde se encontra localizado o Instituto Politécnico da Lunda-Sul. Ver figura 4.

Parâmetros do lugar geográfico

Coordenadas geográficas. Climatologia mensal. Mapa.

Localização

Nome: Instituto Politécnico da Lunda Sul

País: Angola Região: Africa

Coordenadas geográficas

Trajetória do sol

	Decimal	Deg.	min.	
Latitude	9.66 [°]	301	23	Hemisfério sul
Longitude	20.39 [°]	20.3	046	Oeste Greenwich
Altitude	1 100	Metros sobre o nível do mar		
Fuso Hor	UTC+1	Corresponde a uma diferença		
Hora Legal - Hora Solar = 0h 0m				

Mostra mapa

Imprimir Anular OK

Figura 4. Definição do lugar de convocação do sistema. (Coordenadas Geográficas). Fonte: (Simulação do sistema com software PVSYST, autor, 2021).

Para os casos que serão estudados no presente trabalho, e redes isoladas com geração a diesel com nova integração de energia fotovoltaica, não é imprescindível um conhecimento detalhado do recurso solar (exemplo, histórico de dados horários de medição), pois o parâmetro mais importante é a média anual da irradiação global horizontal ($\text{kWh/m}^2/\text{dia}$).

Isto é especialmente válido para os sistemas isolados no Sul do país, nos quais, a radiação solar apresenta uma grande e excelente homogeneidade ao longo do ano.

Ressalta-se que, pelo facto de serem sistemas híbridos onde a geração térmica convencional sempre terá a capacidade de suprir os 100% da carga, um erro na estimativa do recurso solar somente modificará (levemente) a economia do combustível obtido ao longo do ano graças a contribuição da geração fotovoltaica.

De acordo com este (Atlas de Estratégia Nacional para as Energias Renováveis) e segundo a figura, a maioria absoluta da zona do município apresenta uma irradiação média acima de 6,21 kWh/m²/dia. Ver figura 5.

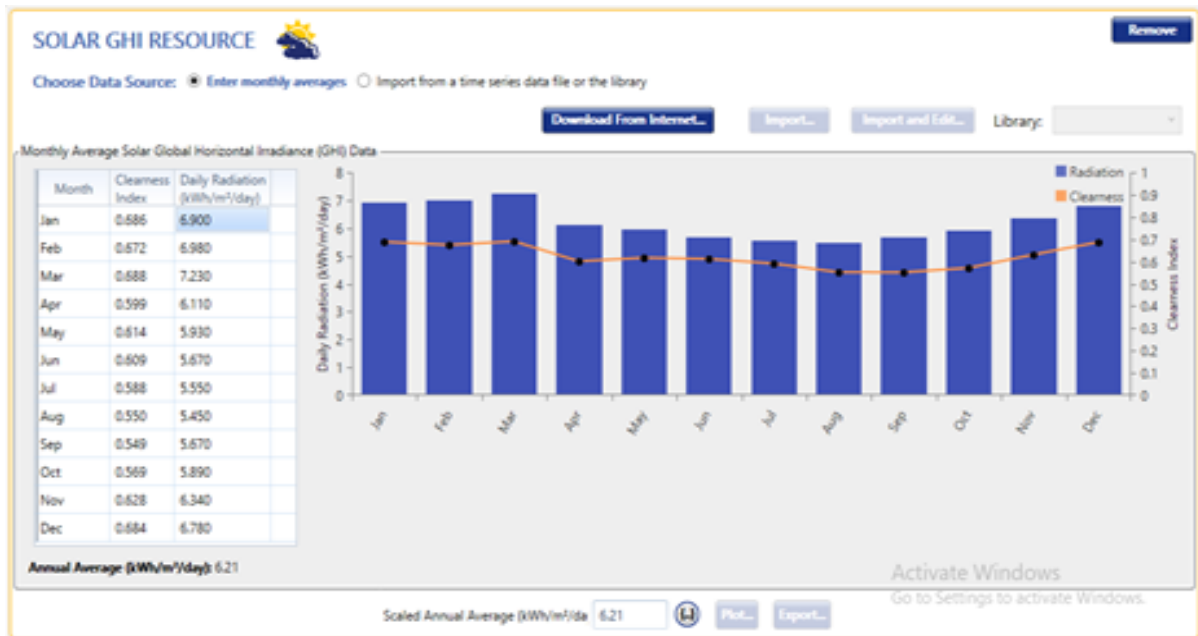


Figura 5. Dados mensais da irradiação global horizontal (kWh/m²/dia) pelas coordenadas da cidade do Saurimo.
Fonte: (Atlas de Estratégia Nacional para as Energias Renováveis). Simulado com o Software HOMER.

O sistema híbrido combinará a geração fotovoltaica do sistema fotovoltaico proposto e diesel do gerador (Perkins) já instalado no Instituto Politécnico da Lunda-Sul.

Ambos integrados através de um banco de baterias e um conversor formador de rede (IFR), também conhecido como conversor de bateria, que representam uma opção adequada e reconhecida para redes isoladas, (como seria no caso de não receber energia através da rede pública da ENDE).

Desta forma ficaria desligado até aproximadamente 585 kW para suprir a demanda máxima, (e mitigar a totalidade o problema de fornecimento elétrico do Instituto Politécnico da Lunda-Sul), e também de ser capaz de injetar energia à rede pública.

O limite de potência tem como referência a oferta tecnológica mais comumente encontrada no mercado, sem descartar a possibilidade de projetar especialmente sistemas de maior porte no futuro.

Ao decidir-se implementar o sistema híbrido fotovoltaico e diesel e que o investimento ficará amortizado em poucos anos o limite de demanda máxima analisaria se possa se aumentar rapidamente, devido a necessidade de suprir sistemas cada vez maiores com a opção tecnológica considerada.

Exemplos de possíveis configurações apresentam-se nas figuras 6 e 7 com os conceitos de sistemas híbridos de dois fabricantes reconhecidos:

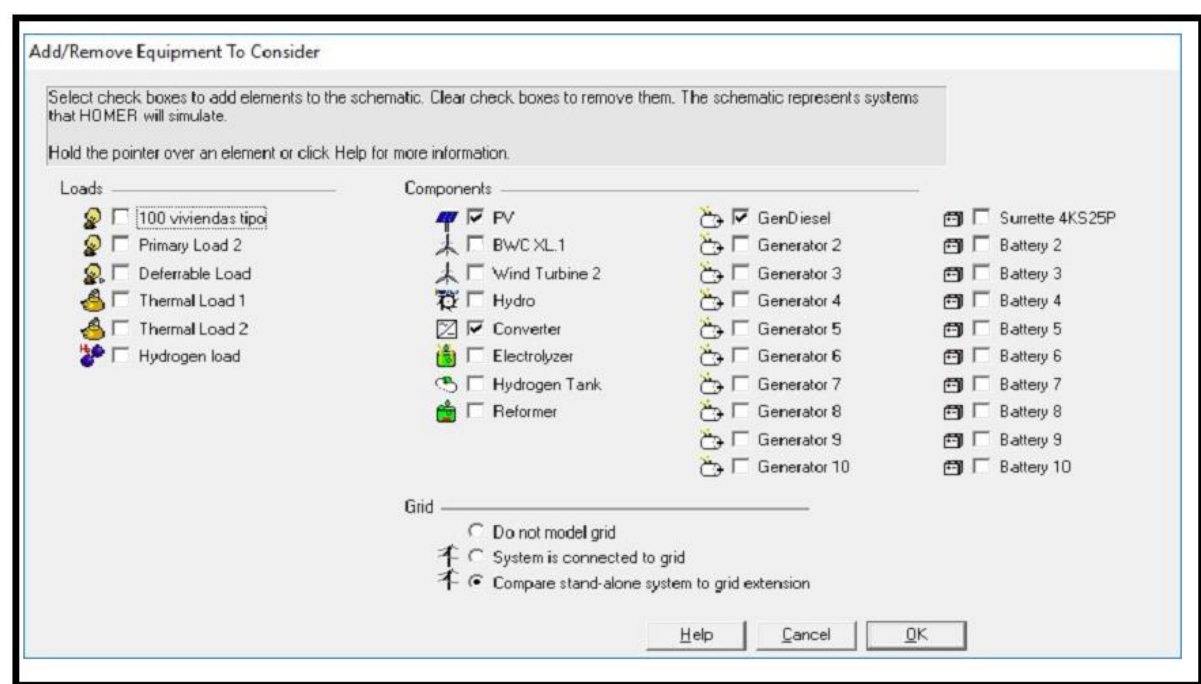


Figura 6. Distintas configurações de sistemas híbridos que gerará HOMER. Fonte: (Simulação com software Homer).

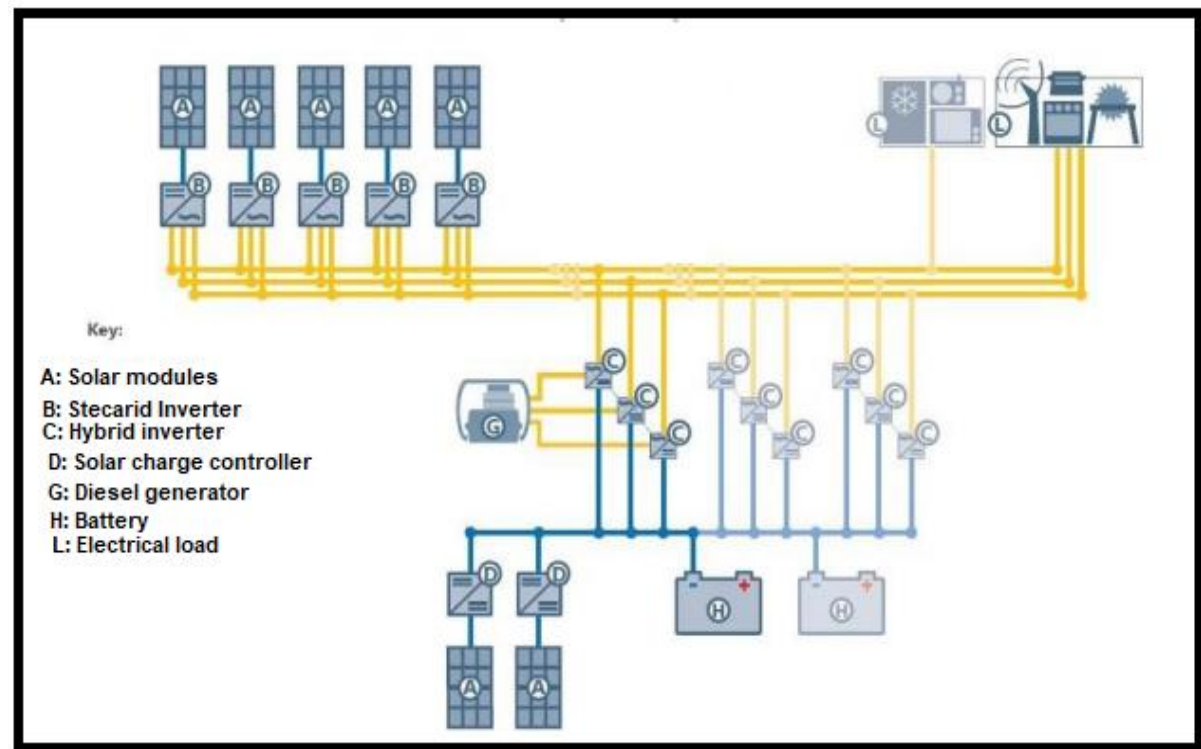


Figura 7. Sistema híbrido de três fases. Fonte: (Steca Elecktronik, 2021). Adaptado pelo autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo ao analisado se representam os resultados da radiação solar que se teria para a instalação do sistema fotovoltaico no Instituto Politécnico da Lunda-Sul. Ver os dados de radiação solar na zona de estudo na tabela 4.

Tabela 4. Radiação solar na zona de estudo.

Meses	Índice de claridade	Radiação diária horizontal (kWh/m ² /d)
Janeiro	0,584	6,770
Fevereiro	0,623	7,064
Março	0,651	7,264
Abril	0,523	6,106
Maio	0,419	5,007
Junho	0,418	5,399
Julho	0,413	5,311
Agosto	0,435	5,345
Setembro	0,517	6,091
Outubro	0,527	6,111
Novembro	0,544	6,214
Dezembro	0,584	6,770
Media Anual	0,519	6,121

Fonte: (Autor, 2021).

Resulta muito evidente que com a instalação do sistema fotovoltaico no Instituto Politécnico da Lunda-Sul poderá se garantir o fornecimento elétrico até mesmo em dias chuvosos ou relativamente nublados ao continuar com a tendência de consumo até a data de hoje em dia. Ver a figura 8.

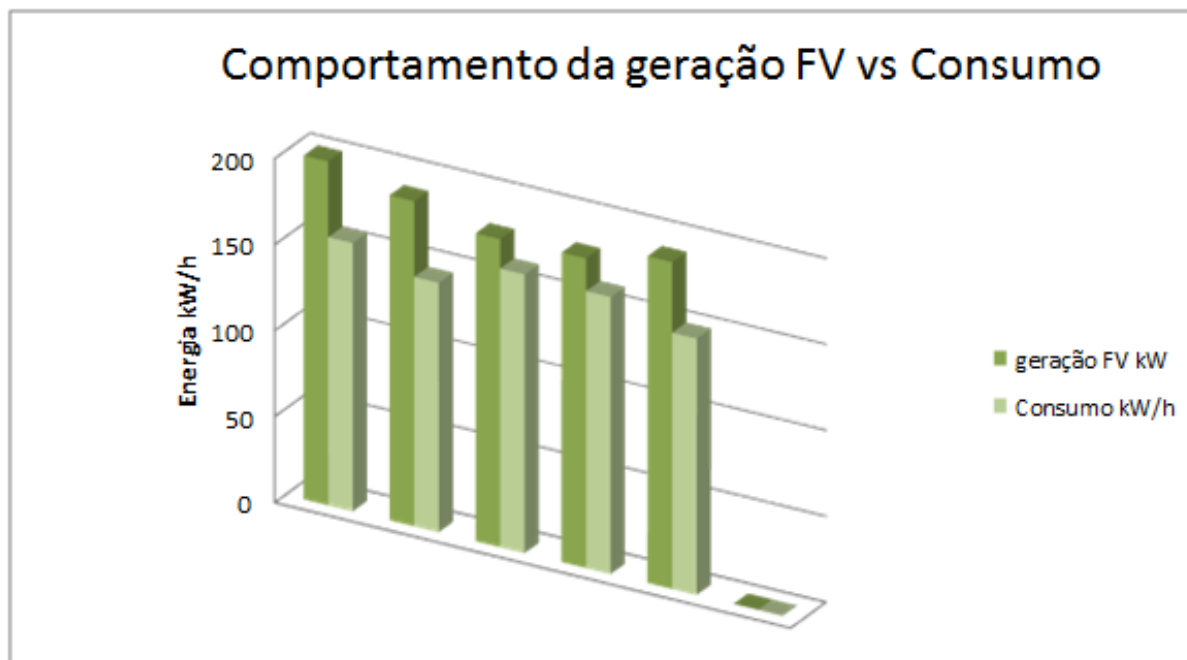


Figura 8 Comportamento da geração FV vs Consumo. Fonte: (Autor, 2021).

Resultados de simulação da variante de sistema híbrido fotovoltaico e diesel e baterias.

Diesel+FV+Baterias.

A configuração que se vai seleccionar estará composta por:

1. Sistema de painéis fotovoltaicos DSM (310) de 200 kW.

2. Gerador elétrico diesel (Perkins) de 385 kVA.
3. Baterias S4kS25P de 200 kW.
4. Conversor Deshmukh Solar de 200 kW.

O investimento inicial é baixo, 105428.77 \$, já que o grupo diesel já está instalado com antecedência, o custo de operação alcança os 125,354 por ano, o custo por equivalente a consumir um kWh é de 0.271 \$. Ver figura 9.

	PV (kW)	XL1	Dsl (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Dsl (hrs)
	202		385	4224	200	105,428.77	125,354	105,428.77	0,271	0,27	140	1,888

Figura 9 Resultados de simulação com Homer. Fonte: (Autor, 2021).

Os dados que se têm para esta variante são:

Sistema para uma demanda máxima anual de 57,391 MW e consumo médio de 157 kWh/dia, do atendimento atual quase nulo com o gerador diesel de 385 kVA, ao hibridizar o sistema com painéis fotovoltaicos de porte variável, mantendo a infraestrutura da rede e dos painéis fotovoltaicos.

As simulações se realizaram tendo em conta o preço do diesel por litro, na data de 15 de Março do ano 2021 em Angola.

Considerando que 1 litro equivalente a 0,218 USD, e a taxa de mudança do USD com respeito às (Akz), que são 626,20 Akz, é por isso, que se valorou estabelecer o custo do litro diesel em 130 Akz.

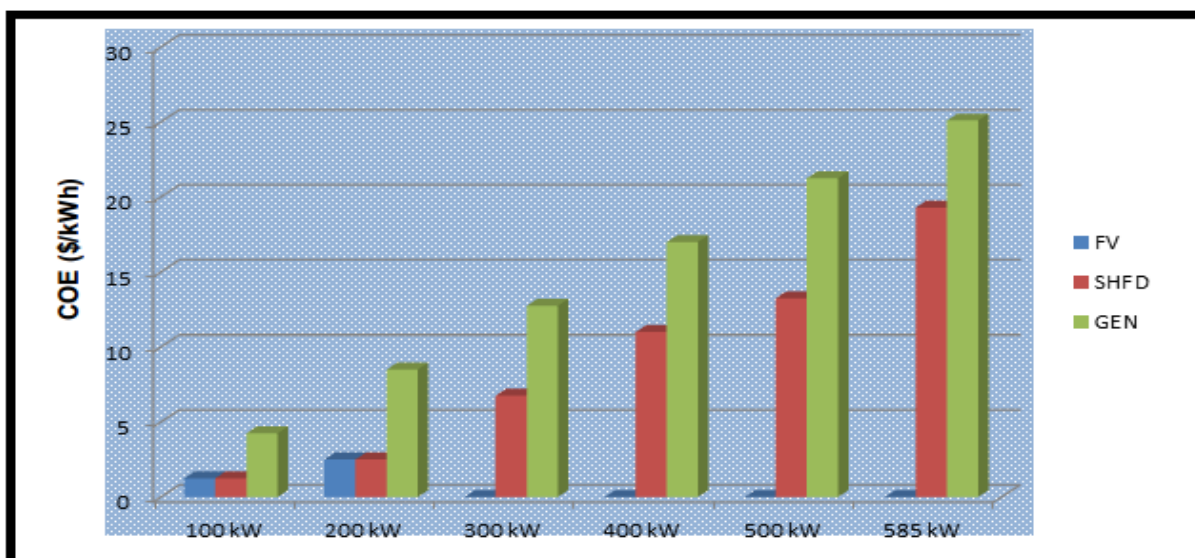


Figura 10 Descrição da variante de sistema híbrido fotovoltaico e diesel, curva de carga usada para fins de simulação com o software HOMER. Fonte: (Autor, 2021).

A figura 11 apresenta o preço da energia a obter pelos diferentes sistemas, em função do preço efetivo do diesel no local.

Por isso a configuração do sistema (puro diesel) é estática, o mesmo não é certo para os demais sistemas, pois a potência ótima do gerador fotovoltaico em função do preço do diesel é, diretamente proporcional ao ganho conseguido com a economia de combustível.

Entretanto, a capacidade energética do banco de baterias foi fixada para cada sistema. Em todas as figuras, as linhas descontínuas verticais e as setas horizontais indicam a faixa na qual um determinado tipo de sistema se mostra vantajoso economicamente.

Para o caso onde o preço efetivo do diesel seja de 160 Akz/l, o sistema puro diesel obterá um preço da energia de 270 Akz/kWh, enquanto o SHFVD de 24 h de autonomia, com uma potência fotovoltaica

de 200 kWh, obteria um preço de 220 Akz/kWh, 18,52% menor. Para o extremo de 200 Akz/l, a economia chegaria até um 25.92% do valor original.

O SHFVD de 0h de autonomia representa um sistema híbrido sem banco de baterias nem IFR, onde os painéis fotovoltaicos injetam energia na rede através de conversores fotovoltaicos. Neste sistema, o gerador a diesel é o responsável para formar a rede, e no mínimo deve encontrar-se em operação.

Assim, o gerador fotovoltaico tem a finalidade de reduzir o consumo de combustível exclusivamente durante as horas de sol, sem influir no pico da curva de carga, que acontece de noite de acordo com as premissas adotadas.

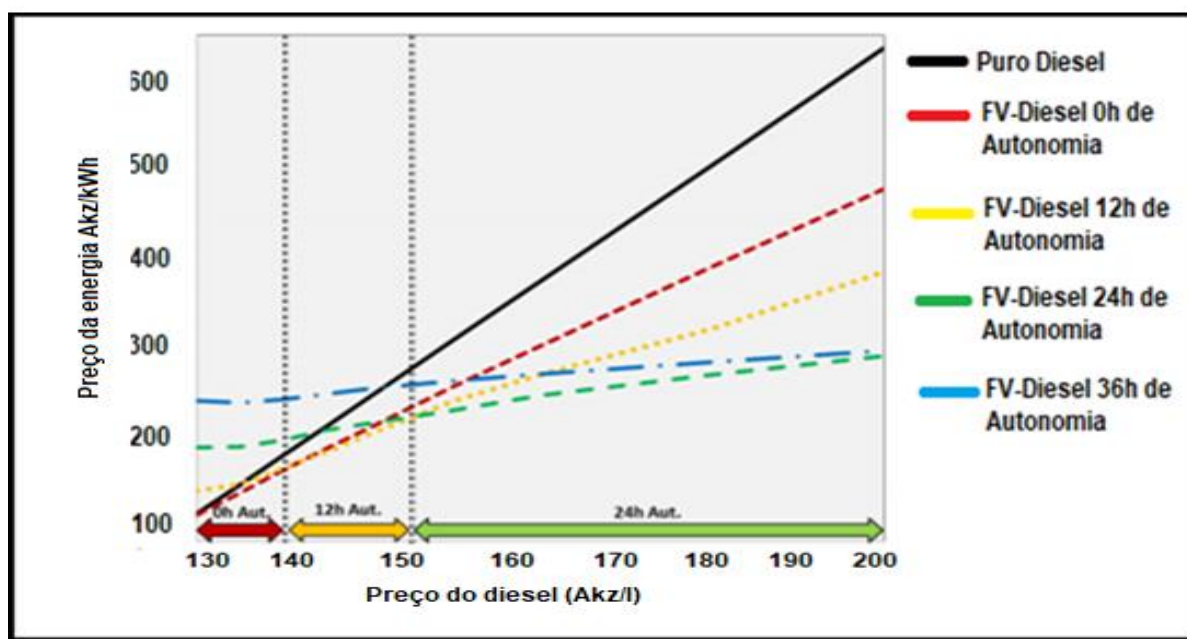


Figura 11. Preço da energia obtido por diferentes sistemas nas condições da variante de sistema híbrido fotovoltaico e diesel em função do preço efetivo do diesel no local. Fonte: (Autor, 2021).

Aqui a situação alternativa seria de que aumentará o nível de consumo da instituição seja por instalação de novos equipamentos ou afetação desmedida da economia energética como política de eficiência energética no Instituto.

CONCLUSÕES

Caracterizou-se o fornecimento elétrico sustentável para poder propor as diferentes variantes a instalar-se para garantir o fornecimento elétrico sustentável do Instituto Politécnico da Lunda Sul.

Propuseram-se variantes para garantir o fornecimento elétrico sustentável no Instituto Politécnico da Lunda-Sul e demonstrar que não só se deve depender do fornecimento da ENDE.

Executou-se um estudo de viabilidade técnico económico das diferentes variantes para o fornecimento elétrico sustentável do Instituto Politécnico da Lunda-Sul demonstrando-se que a variante fotovoltaica é a mais racional de aplicar ao obter-se resultados mais favoráveis em termos de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel Qader, A. M. (2008). Simulation of a Hybrid System Consisting of Wind Turbine, PV, Storage Battery and Diesel Generator with Compensation Network. Disponível em: www.semanticscholar.org Acesso em Dezembro de 2020.

Aguilar, F. J., Aledo, S., e Quiles, P. V. (2016). Experimental study of the solar photovoltaic contribution for the domestic hot water production with heat pumps in dwellings. Applied Thermal Engineering. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.01.12>. Acesso em: Dezembro de 2020.

El-Hawary, M. e Eckels, A.R. (2014). Motor Gerador. Disponível em: www.doi.org/10.1036/1097-8542.436110/. Acesso em: Dezembro de 2020.

Muñoz, Gómez, R. (2015). Análisis del suministro eléctrico, mejoras de los índices y niveles de calidad en la distribución de energía eléctrica. Tesis doctoral para título de doctor ingeniero Universidad Miguel Hernández de Elche. Disponível em: <http://www.dspace.umh.es>. Acesso em Fevereiro de 2021.

Oliveira Ferreira, C. M. (2014). Estudo e análise das centrais híbridas de energias renováveis. Mestrado em Engenharia Electrotécnica-Sistema Eléctricos de Energia. Departamento de Engenharia Electrotécnica. Universidade do Porto. Portugal. Disponível em: <http://www.recipp.ipp.pt>. Acesso em Fevereiro de 2021.

Pereira, V. C. (2015). Implantação do gerador a diesel no harario de ponta. Disponível em: www.nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br. Acesso em Fevereiro de 2021.

Schneider, F.P. (2019). Comparação de geração de sistemas de energia utilizando gerador a diesel e paineis fotovoltaicos para áreas rurais isoladas. Disponível em: www.tede.unioeste.br. Acesso em Fevereiro de 2021.

www.aipex.gov.ao. Acesso em Janeiro de 2021.

www.store.technosun.com. Acesso em Janeiro de 2021.

www.cubasolar.cu/. Acesso em Janeiro de 2021.

www.standard.iec.com/. Acesso em Fevereiro de 2021.

www.irse.gov.ao. Acesso em Janeiro de 2021.

www.minea.gv.ao. Acesso em Fevereiro de 2021.

www.endeportaldeangola.com. Acesso em Janeiro de 2021.

www.prodel.co.ao. Acesso em Janeiro de 2021.

www.governo.gov.ao. Acesso em Janeiro de 2021.

www.sitiosolar.com. Acesso em Janeiro de 2021.

www.neosolar.com.br. Acesso em Fevereiro de 2021.

Síntesis curricular de los autores

Arone Inácio Augusta Venâncio: Licenciado em Eletromecânica, Bacharel em Eletromecânica, Professor da disciplina Física e Técnico de Seguros.

José Eduardo Márquez Delgado: Doutor em Ciências pela Universidade Politécnica de Madrid (UPM), Espanha. Máster em Desenho e Fabricação Assistido por Computadores (CAD/CAM). Engenheiro Mecânico. Professor Titular do departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Granma. Cuba.