

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE GESTIÓN DE ACTIVOS APLICADOS A LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FLOTANTES

Charles U. M. Carmona¹, Tarcisio S. Bacelar² Elielza M. Barbosa³ and Olga C. Vilela⁴

¹ Federal University of Pernambuco (Brazil)

² Federal University of Pernambuco (Brazil)

³ Federal University of Pernambuco (Brazil)

⁴ Federal University of Pernambuco (Brazil)

Tel. 55(81)21268368 e-mail: charles.carmona@ufpe.br

Recibido 20/08/19, aceptado 24/10/19

RESUMEN:

Este artículo examina algunas metodologías de soporte de gestión de activos que consideran proyectos de energía fotovoltaica flotante. El análisis se vuelve importante considerando que existe una tendencia a aumentar las inversiones en los próximos años en este segmento y se necesitan mecanismos que ayuden en la toma de decisiones para mantener el valor de los activos. En este sentido, se proponen cuatro métodos de evaluación: análisis SWOT, proceso de jerarquía analítica (AHP), diagrama de radar y una metodología basada en la medición del riesgo operativo. La matriz energética brasileña está diversificada y la generación de electricidad depende de la energía hidroeléctrica y los combustibles fósiles, por lo que es importante realizar inversiones en energía flotante fotovoltaica como una nueva forma de energía renovable. El estudio sugiere que es posible utilizar las metodologías propuestas y que se puede examinar un conjunto importante de variables para la gestión de activos.

Palabras clave: Energía renovable, Gestión de activos, Sistema fotovoltaico flotante, Soporte de decisiones, Sobradinho-Brasil.

INTRODUCCIÓN

El uso de la energía solar para la generación de energía ha aumentado constantemente su participación en la matriz energética mundial y ya se presenta hoy como la fuente de energía de más rápido crecimiento, como lo destaca el Renewables Global Status Report, informe de la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena, 2017). Este rápido crecimiento trae consigo una cantidad sustancial de nuevos procedimientos de inversión y problemas de evaluación de proyectos. Debido a su historial relativamente corto como industria autónoma, existen pocos estudios en literatura académica previa sobre el costo de capital de las empresas de energía renovable (Donovan y Nuñez, 2010).

En 2016, Brasil tenía una potencia fotovoltaica instalada de aproximadamente 150 MW, que correspondía a aproximadamente el 0.1% de la matriz energética brasileña. Según el EPE National Energy Balance (2018), en 2017, la participación de la energía solar en la matriz eléctrica fue del 0,13%. Con un rápido crecimiento, en 2019 Brasil alcanzó más de 2 GW de energía solar instalada, lo que representa el 1.27% de su matriz energética según el Banco de Información de Generación GRANDE de ANEEL (2019).

La experiencia adquirida en el país con respecto a las instalaciones fotovoltaicas, tanto técnicas como comerciales, ha permitido establecer un entorno favorable a la aparición de propuestas innovadoras, como la generación fotovoltaica en agua.

La decisión de invertir en plantas fotovoltaicas flotantes (UFF) debe profundizarse aún más desde el punto de vista de la gestión de activos corporativos, teniendo en cuenta que la operación conjunta (UFF, HPP) con plantas hidroeléctricas permite una inversión económicamente atractiva dada su

complementariedad y su participación. de recursos. misma infraestructura aprovechando cualquier inactividad en la red de drenaje de la energía producida por el complejo.

La energía fotovoltaica flotante (UFF) en depósitos hidroeléctricos se ha propuesto como una alternativa ventajosa a los sistemas en tierra debido a la posibilidad de aumentar la eficiencia al reducir la temperatura, así como a las ventajas económicas de los costos de adquisición de terrenos evitados, una instalación más rápida. y obtener una licencia ambiental, ahorrando agua mediante la reducción de la evaporación, entre otros. La instalación propuesta de plantas fotovoltaicas flotantes en depósitos supone que las ganancias de las ventajas mencionadas anteriormente pueden compensar los costos adicionales con flotadores, anclajes, sellado, cableado de agua y vida útil reducida del equipo.

El objetivo principal de la investigación es asesorar a la alta gerencia de una compañía de energía sobre la decisión de invertir en un proyecto de planta solar flotante y, de ser así, cómo administrar los activos o el patrimonio adquirido por la compañía.

REVISIÓN DE LITERATURA

La planta fotovoltaica flotante es una de las formas de generar energía renovable utilizando energía solar mediante placas para capturar la energía y transformarla en electrones casi instantáneamente.

Brasil es un país que actualmente produce energía renovable de bajo costo a través de sus represas hidroeléctricas, que, además de ser duraderas, no tienen un alto costo de mantenimiento.

Según Terra e Coelho (2005, p.192), "a pesar de todas estas ventajas, es importante recordar que los complejos hidroeléctricos (plantas de energía, represas, etc.) siempre alteran el paisaje y pueden causar impactos ambientales y otros problemas como Gran deforestación. , con daños a la flora y fauna que inundan áreas verdes, aumento de la evaporación y humedad relativa, entre otros. "

Brasil tiene ventajas para instalar plantas fotovoltaicas flotantes en todo el territorio, tenemos varias plantas hidroeléctricas, muchos ríos y lagos con presas cableadas para distribuir energía, que requieren solo estudios ambientales y recursos para la instalación y monitoreo de estas plantas.

Uno de los ejemplos más destacados en los medios de comunicación por ser la planta flotante más grande de Brasil fue la instalación en la Planta Hidroeléctrica Sobradinho / BA, que tiene la capacidad de generar 1 megavatio de energía y se completó en diciembre de 2018.

Actualmente hay proyectos de desarrollo liderados por grupos de investigación y alineados con las principales compañías de energía del país que están diseñando y desarrollando nuevas plantas solares flotantes para aumentar la capacidad de producción de energía renovable de Brasil.

DEFINICIÓN DE GESTIÓN DE ACTIVOS

La gestión de activos consiste en buenas prácticas que pueden ser utilizadas por las organizaciones en su proceso de control de activos y que buscan lograr un resultado deseado y sostenible. Ver Figura 1.

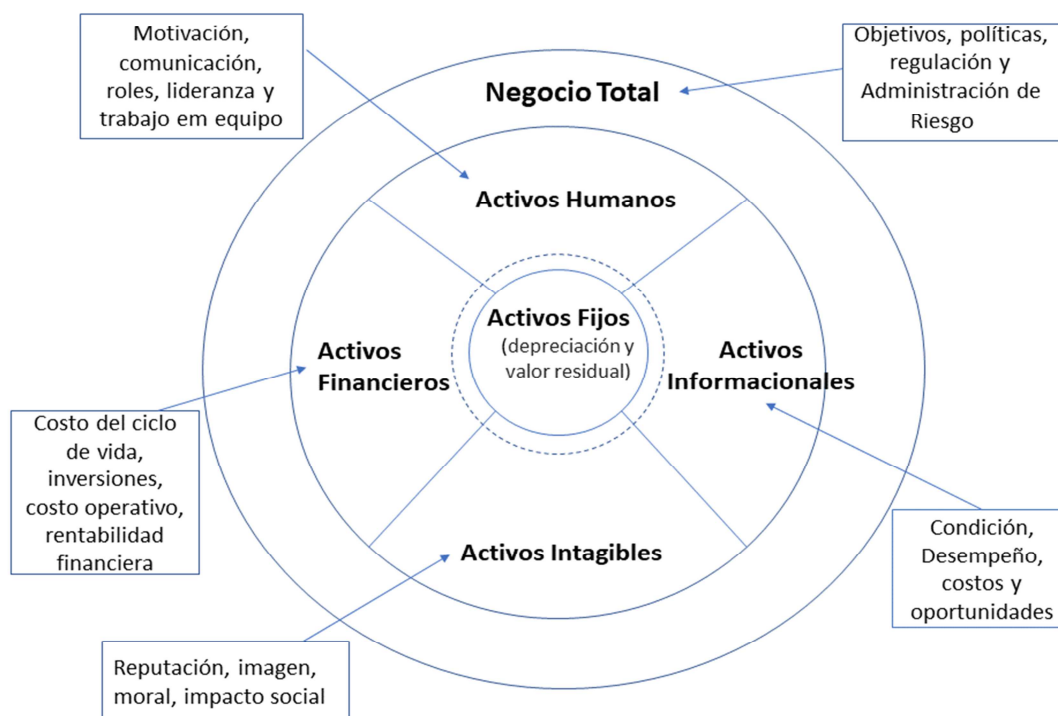


Figura 1: Gestión de Activos

El proyecto que estamos analizando se considera un activo financiero porque genera flujo de efectivo con el tiempo, presenta riesgos financieros y operativos, y también es un activo a largo plazo que implica un compromiso de recursos.

Administrar todo el ciclo de vida del proyecto implica planificar adquisiciones, recibir activos y determinar el valor residual o la eliminación.

De hecho, la parte de nuestro proyecto se centrará en la vida de los activos financieros, específicamente, ya que estamos considerando el proyecto de investigación y desarrollo con componentes de incertidumbre que permiten una optimización de los recursos, especialmente el costo y los criterios para la inversión en activos, en comparación con otros proyectos de energía renovable que puede llevar a cabo el contratista.

La gestión de activos comprende un análisis sistémico e integrado de los activos bajo análisis, centrado en el proyecto que se analiza. La Figura 2 presenta la secuencia de gestión de activos:

| | |
|--|---|
| <p>1) Objetivos y Planes de Gestión de Activos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo de la gestión de activos; • Planes de Gestión de activos; • Plan de contingencia. | <p>3) Implementación de Planes de Gestión de activos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades del ciclo de vida de los activos. |
| <p>2) Controles de Gestión de Activos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estructura, Autoridades, responsabilidades; • Gestión de riesgo; • Legalidad, impuestos y otras condiciones | <p>4) Evaluación de desempeño y Mejorías</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control de desempeño; • auditoría; • Acciones de mejoría. |

Figura 2. Proceso o Ciclo de Gestión de Activos

TIPOS DE METODOLOGÍAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS

Las metodologías que estamos considerando para el análisis del proyecto son:

a. Análisis SWOT

Herramienta que evalúa la competitividad de la empresa según cuatro variables: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Según Kotler (2012), es necesario que las empresas controlen las variables macro ambientales (análisis de oportunidades y amenazas) y micro ambientales (análisis de fortalezas y debilidades). El principio de aplicación del análisis SWOT es la verificación cruzada de la información recopilada sobre oportunidades externas y amenazas que comparan la misión, visión y valores de la compañía con las fortalezas y debilidades de la compañía (Chiavenato y Shapiro, 2009).

Las fortalezas son las variables internas que la empresa tiene para generar una ventaja competitiva y aumentar sus recursos.

Las debilidades son los puntos más vulnerables de la compañía en comparación con los competidores.

Las oportunidades son la información proveniente del mercado que es capturada por el gerente y puede ser utilizada en el desarrollo e innovación de la empresa.

Las amenazas son fuerzas externas, actuales o futuras, que la empresa debe minimizar o evitar para controlar sus efectos.

La intersección entre estas cuatro variables proporciona información sobre las áreas donde la empresa puede desarrollar ventajas competitivas, ya sea en interiores o exteriores. respaldado por el análisis de indicadores financieros y de costos; lo que nos permite identificar las ventajas y desventajas del proyecto analizado, así como las variables relevantes que rodean el proyecto y externas al entorno del contratista.

Las fortalezas y debilidades por considerar pueden ser del entorno interno de la empresa, son los factores que la entidad puede tener control y actuar directamente, como la calificación de su personal. Las oportunidades y amenazas pueden provenir del mercado extranjero, y la gerencia debe tener esta percepción y prever los pasos para posicionarse mejor.

En el siguiente ejemplo, tenemos una fortaleza o debilidad de la compañía que podría ser una oportunidad o una amenaza: regular el sector eléctrico es un desafío, pero si una compañía tiene profesionales calificados en esta área, pueden ver una oportunidad o una amenaza. Más rápido. Desde esta percepción, pueden planificar y ejecutar la idea, adelantándose a un competidor. Los aspectos que se consideran relevantes en este punto de la investigación son los siguientes:

| Fortalezas de la empresa / proyecto: | Debilidades de la empresa: |
|--|---|
| - Capacidad financiera de la empresa y el proyecto; | - Insuficiente capital / cuota de crédito |
| - Marca fuerte y reconocida | - Mala imagen de la empresa |
| - Excelente organización interna de la empresa. | - Falta de experiencia emprendedora |
| - Alta calidad de los servicios prestados | - Gestión inconsistente |
| - servicio al cliente impecable | - Rentabilidad por debajo del promedio |
| - Bajos costos de operación | - Concepto pobre de mercado |
| | - Poco conocimiento del mercado |
| Oportunidades del entorno empresarial: | Amenazas del entorno empresarial: |
| - Ambiente político y económico satisfactorio. | - Dificultades para obtener crédito y financiación. |
| - Oferta de crédito y financiación. | - Interés elevado e intercambio inestable. |
| - Crecimiento de la economía nacional y mundial. | - Alta incertidumbre en aspectos regulatorios |
| - Instalaciones gubernamentales para nuevos negocios | - Perspectiva de aumento de impuestos |

Tabla 1. Indicadores potenciales por considerar en el análisis SWOT

b) Análisis llamado Proceso de Jerarquía Analítica (AHP)

Cuál es un método para ayudar a las personas a tomar decisiones más complejas. Ayuda a determinar la decisión correcta y a elegir y justificar su elección en comparación con otras alternativas de inversión, teniendo como determinantes los criterios para las comparativas. El análisis lo realizan personas que desarrollan un modelo que subdivide el problema principal a resolver en problemas menores basados en la jerarquía de criterios ponderados por preferencia. Leandro Meyer (2003) afirma que simplificar la medición es la mejor alternativa, argumentando que todas las mediciones son imperfectas y que uno debe buscar una manera de medir lo que realmente importa, lo que lleva a un plan de acción más eficiente. AHP es ventajoso para comparaciones cualitativas versus cuantitativas, ya que busca la alternativa que mejor satisfaga el conjunto total de objetivos.

Determinar las mejores alternativas de inversión implica analizar algunas variables relevantes: desde obtener los permisos de construcción necesarios, autorizaciones, negociar con diferentes partes interesadas, cumplir con regulaciones legales complejas, hasta resolver los problemas técnicos asociados con la construcción y la distribución del edificio. energía generada Todo el proceso implica altos costos de ingeniería.

Según Ahmad y Tahar (2013) y Wu y Geng (2014), los criterios utilizados como las variables más relevantes del sistema son: Recursos (disponibilidad diaria de radiación solar), Eficiencia, Economía o Costo-Beneficio, Riesgo social (o impacto social) y del Medio ambiente.

c) Gráfico de radar (Diagramas de araña)

En este tipo de análisis, un cierto número de variables se consideran relevantes, por ejemplo, en la siguiente tabla se evalúan 25 elementos. El analista evaluará con el tiempo las variaciones en cada una de las variables que asocian un cierto peso que varía de 1 a 5, por ejemplo 1 significará deficiente y el valor máximo 5, excelente. En cada medición se considera el grado de variación / innovación de las variables. SEBRAE desarrolla los trabajos que utilizan el diagrama de radar para analizar el grado de innovación de los proyectos.

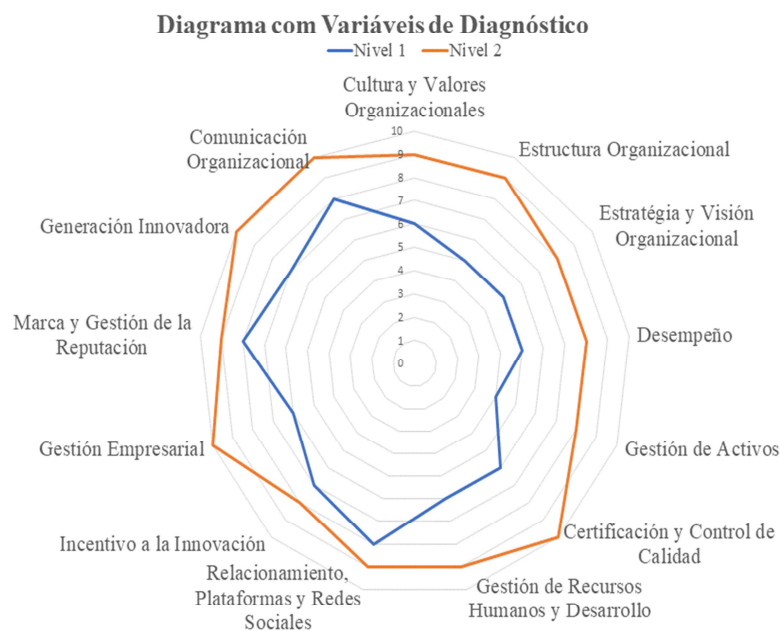


Figura 3. Variables de diagnóstico para la gestión de activos de la empresa

d) Metodología de gestión de riesgos operativos

Esta última metodología presentada es dirigida a mitigar los impactos en el patrimonio del proyecto.

Hay diferentes técnicas que se pueden incluir en esta sección para mostrar alternativas rentables basadas en niveles de bajo riesgo, retrasos y plazos de entrega. Por ejemplo: probabilidad vs. impacto de la matriz.

En general, el riesgo tiende a reducir el valor de los proyectos y la capacidad de la gerencia para alcanzar sus objetivos, en muchos casos esta disminución es significativa. La gerencia busca limitar esta reducción para aumentar el valor del proyecto a través de objetivos operativos: eficiencia (gestión de pérdidas esperadas), gestión de cambios (evitar pérdidas inesperadas) y control interno (evitar pérdidas catastróficas). La Figura 4 a continuación da un ejemplo de una matriz de probabilidad versus impacto y sus criterios de decisión.

| Probabilidad / Impacto | Muy bajo | Bajo | Moderado | Alto | Muy Alto |
|-------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Muy bajo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Bajo | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Moderado | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| Alto | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| Muy Alto | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |

Para la definición de prioridades baja, media y alta, generalmente se utiliza el siguiente rango teórico:

| Nivel de Prioridad | Intervalo |
|---------------------------|------------------|
| Bajo | 1-5 |
| Medio | 6-14 |
| Alto | 15-25 |

Figura 4. Análisis de Probabilidad versus Impacto

CONCLUSIONES

En los días actuales, el Brasil presenta un entorno favorable para el desarrollo de propuestas innovadoras en el campo de la energía fotovoltaica, las iniciativas han tenido éxito, sin embargo, las aplicaciones de toma de decisiones pueden ser un desafío. A pesar de que las metodologías propuestas en este documento para el análisis de proyectos son técnicamente factibles y económicamente viables como se informó en otros estudios sobre el tema.

REFERENCIAS

- ABESCO- Brazilian Association of Energy Conservation Services Companies. Sao Paulo-SP. Disponible en: <www.abesco.com.br>.
- ABRADEE - Brazilian Association of Electricity Distributors. Brasilia DF. Disponible en: <www.abradee.com.br>.
- ABREU, V. B. Analysis of the economic and financial viability of wind energy in the light of the new context of the electricity sector. 2008. Dissertation (Master) - Economics Course, Federal University of Pernambuco, Recife, 2008.

ABSOLAR - Brazilian Association of Photovoltaic Solar Energy. Sao Paulo-SP. Available at: <<http://www.absolar.org.br/>>.

AHMAD S. and TAHAR R.M. (2014), *Renewable Energy*. 63, 458-466.

ANEEL National Agency of Electric Energy. BIG - Generation Information Bank. 2019.

ANEEL National Agency of Electric Energy. Normative Resolution No. 481, of April 17, 2012.Changes Normative Resolution 77.

ANEEL National Agency of Electric Energy. Distribution Procedures Electric Energy in the National Electric System - PRODIST. Module 3 - Access to the Distribution System.Rev.7. Brasilia, DF, 2017.

BRAZILIAN CENTRAL BANK. Minutes of the 216th meeting of COPOM. Available at: <<http://www.bcb.gov.br/?COPOM216/>>. Access on 08ago2018.

BORDEAUX-REGO, Ricardo et al. Economic and financial viability of projects. Rio de Janeiro: FGV, 2006

BREALEY, R.A; MYERSS. W; ALLEN F. Principles of Corporate Finance, 10th ed. NewYork: McGraw-Hill, 2011.

BUDEL, D. Economic viability of photovoltaic systems in homes. 2017. Undergraduate work - Engineering Course, Federal University of Santa Maria, Santa Maria / RS, 2017.

CAMLOFFSKI, R. Investment analysis and financial viability of companies. Sao Paulo: Atlas, 2014.

CASAROTTO FILHO, Nelson.; KOPITTKE, Bruno Hartmut. Investment analysis: Financial mathematics, economic engineering, decision making, business strategy 8.ed. Sao Paulo: Atlas, 1998.

CHIAVENATO, I.; SAPIRO, Aaron. Strategic Planning: Fundamentals and Applications. Rio de Janeiro. Elsevier, 2009.

DASGUPTA, A.K. and PEARCE, D. (1972), *Cost Benefit Analysis: Theory and Practice*, Macmillan, London.

DAYS, Pablo Ribeiro. Characterization and recycling of photovoltaic module materials (solar panels). 2015. Master's dissertation - Engineering Course, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

DONOVAN, C. - Nuñez, L. (2012) Figuring out what's fair: The cost of equity capital to renew energy in emerging markets. *Energy Policy*, Vol. 40, 49–56.

DRAKE, P.P .Capital budgeting techniques. James Madison University, 2008.

EPE National Energy Balance Energy Research Company, 2018. Available at: <<http://epe.gov.br/en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Accessed on: 10/04/2019

GREENPEACE., *Energy Revolution: Towards Clean Development*, 2013.

KARASAWA, William Kasumasa. Economic and Financial Feasibility Analysis of a Photovoltaic Power Generation Project. 2015. Undergraduate Monograph - Engineering Course, University of São Paulo, São Paulo, 2015.

KNAPP, K. E.; JESTER, T. L. An Empirical Perspective on the Energy Payback Time for Photovoltaic Modules. In: SOLAR CONFERENCE, 2000, Madison, Wisconsin. LORENZO, E. Solar Electricity - Ingeniería de Los Photovoltaic Systems. 1. Ed. Madrid: Polytechnic University of Madrid - Institute of Solar Energy, 1994. MANKIW, G. Introduction to the Economy.5. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NAKABAYASHI, Renny. Photovoltaic microgeneration in Brazil: current conditions and future perspectives. 2014. 58 f. Master Thesis - Institute of Energy and Environment, USP, São Paulo, 2014.

NETO, M. R. B.; CARVALHO, P., *Electric Power Generation: fundamentals*. 1. Ed. – São Paulo: Erica, 2012.

ROSSAROLA, Adriane. Economic and financial analysis of solar energy investment and externalities: Case study of an industrial company in Santa Catarina. 2016. Final paper of the Economics course, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

RÜTHER, R. Photovoltaic solar buildings: the potential of photovoltaic solar generation integrated with urban buildings and connected to the public electricity grid in Brazil. 1st ed. Florianópolis: UFSC / LABSOLAR, 2004.

SILVA, Diva Martins Rosa. Application of AHP Method for Industrial Project Evaluation. 2007. 36-49 f. Master Thesis - Postgraduate Program in Industrial Engineering, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2007. Available at: <<https://web.tecgraf.puc-rio.br/press/publication/RosaSilva2007/RosaeSilva2007.pdf>>. Accessed on: March 26,2019.

- SOUZA, A.; CLEMENTE, A., Financial Decisions and Investment Analysis: Fundamentals, Techniques and Applications. St. Paul: Atlas S.A., 1997.
- TOLMASQUIM, M. T.; New Model of the Brazilian Electric Sector. 2 ed. Rio de Janeiro: Synergia Publisher, 2015.
- TUNDISI, H. S. F.; Energy uses alternatives for the 21st century. 16. ed. Sao Paulo: Current, 2013.
- VARIAN, H. R. Microeconomics - A modern approach. Translation of the 8th edition ed. [S.l.] Elsevier, 2012.
- VILLALVA, M. G. Photovoltaic Solar Energy; Concepts and Applications. 2 ed. Sao Paulo: Erica, 2016.
- WU Y. and GENG S. (2014). Multi-criteria decision making on selection of solar-wind hybrid Power Station Location: A Case of China. Energy Convers. Manag. 81, 527-533.
- ZILLES, R.; MACEDO, W. N.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVEIRA, S. H. F.; Photovoltaic systems connected to the grid. 1st reprint 2015. São Paulo: Text Workshop, 2012.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Desarrollo Científico Tecnológico (CNPq) y a la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE) por su apoyo a lo largo de la investigación.

ASSESSMENT OF ASSET MANAGEMENT METHODS APPLIED TO FLOATING PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

ABSTRACT

This article examines some asset management support methodologies considering floating photovoltaic power projects. The analysis becomes important considering that there is a tendency to increase investments in the next years in this segment and mechanisms that help in decision making to maintain the value of assets are needed.

In this sense, four assessment methods are proposed: SWOT analysis, Analytic Hierarchy Process (AHP), Radar Chart and a methodology based on operational risk measurement.

The Brazilian energy matrix is diversified, and electricity generation depends on hydropower and fossil fuels, making it important to make investments in photovoltaic floating energy as a new form of renewable energy.

The study suggests that it is possible to use the proposed methodologies and that an important set of variables for asset management can be examined.

Keywords: Renewal energy, Asset management, Floating PV system, Decision support, Brazil.
