



CARTILLA ENERGÍA EOLICA



Compromisso com o
desenvolvimento
socioeconômico
do Semiárido paraibano



PaqTcPB
Fundação Parque
Tecnológico de Paraíba



Universidade Federal
de Campina Grande



INSA
Instituto Nacional de Saúde
do Semiárido paraibano

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL



FIDA

Investindo nas populações rurais



Los aerogeneradores son dispositivos que aprovechan la energía del viento. Se pueden usar para generar electricidad o para bombear agua destinada al almacenamiento o al riego. También se pueden usar para mover aireadores en tanques de tratamiento de agua o en la acuicultura.

Para bombear agua, el molino de viento debe instalarse junto con una bomba de pistón. Para el riego, se usa generalmente para bombear el agua a los embalses situados en una cota más alta del terreno. Desde el embalse, el agua puede distribuirse por gravedad a los sistemas de riego por goteo, microaspersión o superficie. Es un sistema de alto costo de adquisición en comparación con el sistema de bombeo eléctrico, pero de bajo costo de operación y mantenimiento. Un requisito básico para la instalación del sistema es que la región tenga vientos superiores a 2 m/s.

En el caso de la generación de energía eléctrica, las turbinas eólicas se acoplan a generadores eléctricos (aerogeneradores) que se conectan a la red eléctrica pública, o aun, se usan para alimentar un banco de baterías. La energía generada por estos dispositivos se denomina entonces Energía Eólica. Aunque el potencial brasileño de generación de energía eólica es alto, las regiones con mayor porcentaje de agricultura familiar instalada no presentan potencial de generación de energía por grandes parques eólicos. Sin embargo, existe un potencial eólico suficiente para generar energía eléctrica para usar en el proceso productivo de la agricultura familiar con riego.

Como se ha visto, las aplicaciones de los aerogeneradores son diversas y varían según las necesidades, sobre todo en zonas remotas, donde se usan para generar energía eléctrica doméstica y para bombear agua. También se emplean en sitios turísticos o en aquellos alejados de las redes eléctricas, para proveer electricidad para operar todos los equipos de apoyo y las máquinas de procesamiento. Los aerogeneradores pequeños se usan para proveer energía en escalas variadas, para atender desde una comunidad aislada, hasta en pequeñas adaptaciones para generar electricidad en parques eólicos compuestos por aerogeneradores pequeños. En estas escalas, los aerogeneradores pequeños se usan para suministrar agua, para el abrevado de animales, la irrigación y el drenaje de llanuras que se inundan, y pueden o no estar asociados a otros dispositivos de generación y almacenamiento de energía en sistemas híbridos, es decir, sistemas con más de una fuente de energía. Las formas de producción local, como los pequeños aerogeneradores, también podrían representar una solución definitiva para sus necesidades de energía eléctrica, o aun, el uso de molinos eólicos para bombear agua subterránea para la agricultura y para el uso doméstico.



Tanto los aerogeneradores destinados al bombeo de aguas subterráneas como los destinados a la producción de electricidad a pequeña escala se adecuan perfectamente al uso en comunidades agrícolas, una vez que proporcionan los medios necesarios para la subsistencia humana, animal y vegetal. También hay que tener en cuenta que la diversificación de la matriz energética rural es imprescindible, sobre todo para el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en las propiedades rurales. Cabe considerar, aun, que el uso de este tipo de tecnologías mejora los ingresos del agricultor, ya que reduce los costos de mantenimiento. El molino eólico es una tecnología que ofrece la esperanza de que el agricultor pueda adquirir un importante recurso tecnológico que no requiere conocimientos técnicos avanzados y con bajo costo de mantenimiento.

La posibilidad de rentabilizar los recursos financieros del agricultor, evitando la inversión en equipos que requieren conocimientos técnicos específicos y elevados costos de adquisición, como es el caso de los paneles fotovoltaicos, ha proporcionado a cientos de propiedades rurales la oportunidad de mejorar su calidad de vida gracias al suministro, por parte del FIDA, de kits de aerogeneradores con sistemas de riego. Actualmente, en el Semiárido brasileño, los molinos eólicos rurales que más se utilizan son los de bombeo de agua para consumo y riego. En Paraíba, por ejemplo, se instalaron 498 molinos eólicos entre los años 2016 y 2019, como resultado de una alianza entre el Gobierno de Paraíba y el FIDA, en las comunidades beneficiadas por el Procace (Proyecto de Desarrollo Sustentable del Cariri, Seridó y Curimataú), en 56 municipios del semiárido de Paraíba. En general, estos equipos son populares y casi siempre tienen el mismo diseño, siguiendo el modelo norteamericano. Realizan el trabajo mecánico de bombear agua y, al ser populares, una vez instalados, su mantenimiento es fácil y se realiza con una frecuencia espaciada.

Factores que promueven o limitan la adopción de la tecnología

El uso de la energía eólica, ya sea para el bombeo hidráulico de pozos, ya sea para la generación de energía eléctrica, presenta diversas ventajas de uso, así como también diversos desafíos. A diferencia de otras fuentes de energía, como el petróleo o incluso el agua, el viento no es otra cosa que aire en movimiento y, por lo tanto, no corre el riesgo de agotarse. Por lo que no hay ninguna restricción para el uso y aprovechamiento de los beneficios de la energía eólica. Esta fuente energética es tan sustentable que no emite ningún elemento que contamine el aire o el medio ambiente. Como si no bastara con la preservación del medio ambiente, la energía eólica también es económica. En la agricultura familiar, el aprovechamiento del viento se produce principalmente mediante el uso de aerogeneradores hidráulicos. La principal ventaja del uso de estos equipos en la agricultura familiar de la región semiárida es que los aerogeneradores trabajan en condiciones de baja y mediana presión, por lo que pueden utilizarse para bombear fuentes de agua con pequeños caudales. Además, no requiere la filtración del agua de bombeo y permite la aplicación localizada del agua, con un costo de inversión menor en comparación con otros sistemas de riego.



Sin embargo, algunas de estas ventajas pueden simplemente convertirse en desventajas, porque este tipo de tecnología está limitada a regiones con disponibilidad de viento. Este hecho es aún más importante cuando se trata del uso de molinos eólicos para el riego, en el que el bombeo debe ser más constante. Además, el uso para el bombeo de agua salobre también aumenta los costos de mantenimiento, ya que el equipo se ve constantemente afectado por las incrustaciones de óxido. Por lo tanto, este sistema está indicado para el riego de superficies inferiores a 3 ha, lo que limita la expansión de las áreas productivas.

En general, el costo-beneficio es mayor que el de la instalación de bombas eléctricas. En las pruebas realizadas por Embrapa en Pacajus, en el estado de Ceará, el sistema fue eficiente para áreas pequeñas. En comparación con el sistema de bombeo eléctrico, el molino eólico tuvo un costo inicial más elevado. Pero, a mediano y largo plazo, el sistema de riego con energía eólica presentó ventajas, ya que no es necesario pagar por la fuente de energía, y genera menos gastos de mantenimiento de los equipos, además de ser un sistema que no contamina el medio ambiente. Teniendo en cuenta el volumen medio diario de agua bombeada, el uso de un conjunto de bombas eléctricas monofásicas de 1,0 CV sería suficiente para satisfacer la demanda hídrica de una superficie de 6000 m² de regadío. Sin embargo, hay que tener en cuenta la necesidad de una red eléctrica, y aun, el pago mensual de la factura de electricidad. Sea cual sea el sistema de accionamiento de la bomba, los pequeños agricultores sin recursos económicos no pueden permitirse el costo de la implantación.

Pero no solo el proceso de adquisición se considera un desafío transponible para el uso de esta tecnología por parte de los agricultores familiares de la región semiárida brasileña. Aunque se trata de una tecnología popular y muy conocida en la zona rural, en general el equipo requiere un mantenimiento rutinario y su reparación debe ser realizada por personal especializado. Esto puede dificultar el mantenimiento, en especial en las comunidades más alejadas de las zonas urbanas. Además, con el bombeo de aguas pesadas, el equipo se ve afectado a menudo por la incrustación de óxido. Por lo tanto, capacitar mínimamente al agricultor para realizar el mantenimiento y ejecutar pequeñas reparaciones es crucial para la independencia tecnológica, el empoderamiento y, en consecuencia, la reducción significativa de los costos de asistencia técnica.

Otro desafío, que se convierte en una limitación de la tecnología, es que, para su uso, es necesaria la disponibilidad permanente de viento en la localidad, sobre todo cuando el uso del aerogenerador se destina al bombeo de agua para el riego, lo que requiere un flujo de viento más constante. Además, el uso del molino eólico para el riego es comprobadamente eficaz para las pequeñas áreas productivas, lo que puede contribuir a la operación de los pequeños productores, pero es un desafío que se debe tener en cuenta cuando se trata de su uso en las comunidades.



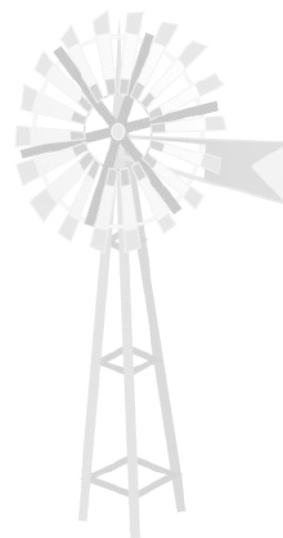
ANÁLISIS DE COSTO BENEFÍCIO

Costos de instalación (en reales): 7.000,00 (compra + instalación)

Costos de mantenimiento (en reales): 500,00/año

Vida útil de la tecnología (en años): 30 años

Impactos ambientales (valor porcentual): 0



Impactos sociales

Los largos periodos de sequía, junto con las altas temperaturas, hacen que la vida en el Semiárido brasileño represente un desafío para el agricultor familiar, en especial en las regiones más pobres. Para los que no han abandonado su tierra en busca de un medio de vida en las grandes ciudades, es habitual recorrer kilómetros en busca de agua, no siempre potable, transportada en burros, o incluso en pesados bidones sobre la cabeza. Para las familias, esta tarea corresponde casi siempre a la mujer y a los niños, ya que el hombre se encarga del trabajo en el campo, de la cría de animales y de la comercialización de los productos del trabajo familiar. Indirectamente, estas condiciones desafiantes traen consecuencias incluso para la salud, así como la reducción del nivel de escolaridad de estas poblaciones.

La ampliación de la oferta de agua promovida por el FIDA, en alianza con los Gobiernos Estatales, ha tenido un impacto positivo en la vida de estas personas. Con el agua, la productividad agrícola y de los rebaños ha aumentado en estas regiones y, con ello, el asentamiento de los hombres en el campo, lo que ha permitido ampliar la superficie cultivada y, en consecuencia, la oferta de alimentos para la mesa de todos.



Campo de palma irrigado com água obtida a partir do uso de catavento em Algodão de Jandaíra - PB.

Con el bajo índice de desarrollo humano en las regiones interioranas del Semiárido brasileño, se espera que el nivel de escolaridad, el saneamiento básico y el nivel financiero de estas comunidades también sean bajos. Como consecuencia, el acceso a las empresas que pueden ofrecer asistencia técnica especializada también es limitado. Por lo tanto, para que estas comunidades puedan adoptar una determinada tecnología, es esencial tener en cuenta la resistencia/durabilidad, la facilidad de operación y reparación, así como el abaratamiento de los costos de mantenimiento. Los molinos eólicos cumplen todos estos requisitos, son una tecnología consolidada, es un equipo considerado resistente y duradero, con bajo costo de adquisición y mantenimiento y fácil de manejar. Aunque tiene algunas limitaciones, sobre todo en cuanto a la capacidad de uso y a la necesidad de vientos constantes, ha sido una alternativa barata e importante para proporcionar calidad de vida al hombre del campo en el Semiárido brasileño.

Hay varias empresas que fabrican, venden, instalan y prestan servicio de mantenimiento de aerogeneradores hidráulicos en el Semiárido brasileño. Sin embargo, aunque son una obra de evolución tecnológica, los aerogeneradores son prácticos porque se pueden adaptar a diversas situaciones; son durables, porque pueden tener una vida útil de hasta 30 años; son ecológicos, porque no utilizan ninguna fuente de energía accesoria (solo el movimiento del viento); y son fáciles de mantener, porque sus componentes son asequibles y se puede reparar en pequeñas poblaciones.

Los costos de adquisición y mantenimiento son proporcionales a la necesidad de uso y, en consecuencia, al caudal de bombeo de agua pretendido y a la velocidad media del viento en el lugar de instalación. En el 2020, el precio de adquisición de esta tecnología variaba entre R\$4.000,00 y R\$10.000,00 dependiendo del caudal. Por ejemplo, un aerogenerador montado en una torre de 10 m de altura que proporciona un caudal de agua de entre 10.000 y 15.000 l/día, puede llegar a R\$4.900,00 reales. Para el uso de aerogeneradores en sistemas de riego, un estudio realizado en el 2003 por la Embrapa Agroindústria Tropical estimó que para montar una superficie de riego de 6.000 m² con un aerogenerador hidráulico se necesitarían alrededor de R\$15.500,00. Con el precio actualizado para el año del 2020, este mismo sistema podría costar alrededor de R\$19.300,00.

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂

La reducción de las emisiones de CO₂ en los sistemas con aerogeneradores se puede calcular mediante la comparación con el consumo de energía eléctrica para bombear un volumen de agua equivalente (en el caso de las bombas eléctricas) o mediante la comparación con el consumo de diésel en el caso de conjuntos motobomba de combustible. Aunque se requiere un estudio caso por caso para verificar la reducción de las emisiones de CO₂ con los aerogeneradores, el reemplazo del bombeo eléctrico o de combustible por el bombeo con aerogeneradores puede mitigar las emisiones de CO₂ a la atmósfera. La tecnología se clasifica en el alcance 2, que se refiere a la compra de energía, según el inventario de emisiones del GHG Protocol.



CANTIDAD TOTAL INSTALADA Y NÚMERO DE BENEFICIARIOS

Cantidade instalada (valor total):	498
Número de beneficiarios (valor total):	3671 familias
Municipios (valor total):	56



CANTIDAD DE PATENTES

Aunque el molino de viento se considera un invento muy antiguo, a lo largo de la historia ha recibido varias mejoras destinadas a aumentar la eficiencia de esta tecnología. Por ejemplo, al buscar la combinación “molino de viento” en la base del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI) desde 1992 hasta 2015 se registraron 27 solicitudes de patentes. Sin embargo, de estas, solo se contabilizaron 10 solicitudes que efectivamente se relacionan con mejoras orientadas al bombeo de agua y al riego de cultivos para comunidades rurales. De estas, los documentos de las patente PI 0012810-4 y PI 0000092-2 no están disponibles en la base de datos del INPI. El documento PI 0805788-5 A2 se refiere a una tecnología para la generación de energía eléctrica para pequeñas comunidades, por lo que también se consideró pertinente. Otras tecnologías, como la patente BR 20 2012 012558 2, por ejemplo, tratan de mejoras en la estructura de la bomba de agua acoplada al molino eólico. Esta tecnología aumenta la eficiencia de la bomba usando un pistón de doble acción que proporciona una reducción de potencia y proporciona seguridad al sistema de rotor eólico y bomba. Otro beneficio de esta invención es que la aducción de agua puede alcanzar hasta 150 metros.

TRL de la Tecnología social

La escala de niveles de madurez tecnológica (Technology Readiness Level, TRL) permite clasificar y monitorear el nivel de madurez de un desarrollo tecnológico, además de permitir una comparación directa entre diferentes activos. En el caso de los productos que ya están en el mercado, estos activos deben clasificarse en la escala de 7 a 9. El molino eólico en su formato actual ya es una tecnología estable, mejorada, ampliamente comercializada y popular. Aunque se ha popularizado y se considera fácil de utilizar y mantener, el aerogenerador hidráulico ha tenido muchas mejoras tecnológicas a lo largo de los años, desde su concepción en Persia, en el año 915 a.C. Aun así, toda y cualquier tecnología se puede mejorar o rediseñar para optimizar su desempeño o darle otro uso. Para los proyectos apoyados por el FIDA, el molino eólico ha sido asociado especialmente con el cultivo de nopal y de huertas, promoviendo la alimentación para los pequeños rebaños y la población agrícola del Semiárido.

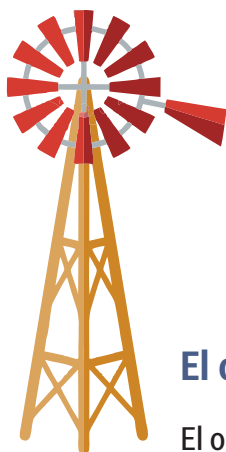


EXPERIENCIAS REALES

LOCALIDAD: Algodão de Jandaíra - PB

Visitamos el campo de nopal forrajero y la huerta de una familia beneficiada con un kit de riego movido por aerogenerador financiado con recursos del FIDA en la ciudad de Algodão de Jandaíra, en el interior de Paraíba. Actualmente, la propiedad cuenta con una parcela regada con agua bombeada por el molino eólico. Las fotos representan claramente el estado general de la propiedad, con tierra seca y agrietada. La instalación de este proyecto trajo alegría y calidad de vida a esta familia.





El origen del molino de viento se remonta al año 915 a.C

El origen del aerogenerador se remonta a los antiguos molinos de viento. Su origen no está muy claro, pero algunos estudiosos creen que se originó en Persia en el año 915 a.C., actual Irán. Sin embargo, hay indicios del uso de molinos más remotos en Irak, Egipto y China. En Europa, los molinos de viento se introdujeron en el siglo XII, pero solo en el siglo XV se extendieron por todo el continente. A lo largo de los siglos, el uso de la energía eólica se ha empleado en muchas aplicaciones, como la molienda de granos, la extracción de aceite o el bombeo de agua, entre otras.

Una tecnología sencilla con una fuente de energía inagotable para la agricultura

El funcionamiento del aerogenerador se basa en el movimiento de las masas de aire, que al pasar por las hélices hacen girar sus palas. Para el bombeo de agua, el aerogenerador debe instalarse junto con una bomba de pistón. Para el riego, se usa generalmente para bombear el agua a embalses elevados. Desde el embalse, el agua puede distribuirse por gravedad a los sistemas de riego por goteo, microaspersión o superficie. Es un sistema de alto costo de adquisición en comparación con el sistema de bombeo eléctrico, pero de bajo costo de operación y mantenimiento.

La transición del molino de viento a la generación de energía eléctrica

Charles Francis Brush (1849-1929), uno de los fundadores de la industria eléctrica estadounidense, construyó un gran molino de viento en su propiedad en Cleveland. Este fue el primer registro de una turbina movida a viento para la producción de electricidad. El diámetro del rotor era de 17 metros, con 144 palas de madera. La turbina funcionó durante 20 años y se usó para cargar las baterías situadas en el granero de su mansión. Esta primera versión generaba solamente 12 kilovatios (kW).



REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BARROS, Pedro Paulo da Silva. Sistemas alternativos de irrigação para agricultura familiar. 2007. 42f. Monografia (graduação) - Faculdades Integradas da Terra de Brasília, Brasília, 2007.

BARROSO, Teresa. Energia eólica pode ser alternativa para pequenas propriedades. Embrapa. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17961474/energia-eolica-pode-ser-alternativa-para-pequenas-propriedades>. Acesso em: 27 nov. 2020.

BURGUEÑO, Luís Eduardo Torma; SILVA, João Baptista. O uso da energia eólica no bombeamento d'água, em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 11, n. 2, p. 167-172, 2003.

CANIVAROLLI, Devacil; TOMAZELLI, Idezio João; MOREIRA, João Antonio, CONRADO, Wesley Batista. Bomba de pistão de dupla ação com acionamento eólico. Depositante: Hidro Metalúrgica ZM Ltda. BR no. BR 20 2012 012558-2 U2. Depósito: 25 de maio de 2012. Concessão: 14 de julho de 2015.

Cata-vento. WIKIPEDIA. 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cata-vento> Acesso em: 27 nov. 2020.

Catavento direto da fábrica (Cód. 69766), MFRural. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/detalhe/69766/catavento-direto-da-fabrica>. Acesso em: 27 nov. 2020.

Cataventos, Yvel. 2017. Disponível em: <http://yvel.com.br/cataventos/> Acesso em: 27 nov. 2020.

Consulta à Base de Dados do INPI. Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp> Acesso em: 27 nov. 2020.

CRISÓSTOMO, Lindbergue Araújo. Sistema de irrigação localizada acionado por energia eólica. Fortaleza: Embrapa, 2003, 13p. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/docs/arquivos/Relatorio_Energia_eolica.pdf Acesso em: 12 ago. 2020.

FARIAS, Rogério. Bomba d'água eólica para poço profundo. Depositante: Rogério Farias. BR no. PI 0000092-2 A2. Depósito: 07 de janeiro de 2000. Publicação: 14 de agosto de 2001.

FEITOSA, Erialdo de Oliveira. Energia eólica aplicada ao bombeamento da água para irrigação por gravidade na agricultura familiar. 2014. 107 f. : Dissertação (maestría) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MARCOLIN, Neldson. Energia de cataventos. Revista Pesquisa FAPESP. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/energia-de-cataventos/> Acesso em: 27 nov. 2020.

MELO, Sílvia. Venda de água mineral ajuda a matar a sede no semiárido. Catracalivre. 2019. Disponível em: <https://catracalivre.com.br/projetos/venda-de-agua-mineral-ajuda-matar-sede-no-semiarido/> Acesso em: 27 nov. 2020.

MONTENEGRO, Ricardo Cesar Porto. Bomba d'água de eixo vertical com rotor tipo rosca sem fio e válvula de pé acoplada. Depositante: Ricardo Cesar Porto Montenegro. BR no. PI 0012810-4 A2. Depósito: 14 de março de 2000. Publicação: 30 de abril de 2002.

NASCIMENTO, Mas Alexandre Seabra do. Ferramenta computacional para análise do potencial de bombeamento de água utilizando aerogeradores de pequeno porte acoplados a motobombas por meio de inversores de frequência. 2012. 106f. Dissertação (maestría) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

Principais aplicações. Neoeolica. 2011. Disponível em: <http://www.neoeolica.com.br/applications.htm>. Acesso em: 27 nov. 2020.

Ricardo lança pacote de ações do Procace com investimento de R\$ 40 milhões. Governo do Estado da Paraíba. 2018. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/noticias/ricardo-lanca-pacote-de-acoes-do-procace-com-investimento-de-r-40-milhoes>. Acesso em: 27 nov. 2020.

RODRIGUES, Willy Pessoa. Projeto Mandalla - Desenvolvimento holístico sistêmico ambiental. Depositante: Willy Pessoa Rodrigues. BR no. MU 8402415-1 U. Depósito: 06 de julho de 2004. Concessão: 14 de fevereiro de 2006.

SANTOS, José Moacir dos. A bomba Volanta no Semiárido Brasileiro. IRPAA. 2012. Disponível em: <https://irpaa.org/BAP/index.html> Acesso em: 27 nov. 2020.

SCHISTEK, Haroldo. A bomba d'água popular. IRPAA. 2012. Disponível em: <https://irpaa.org/publicacoes/artigos/bap-artigo-revisado.pdf> Acesso em: 27 nov. 2020.

Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento. Manual sobre o Uso da Escala TRL/MRL. 2018. Disponível em: <https://cloud.cnpqc.embrapa.br/nap/files/2018/08/EscalaTRL-MRL-17Abr2018.pdf> Acesso em: 27 nov. 2020.

Sistema de irrigação localizada acionado por energia eólica. Embrapa. 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1872/sistema-de-irrigacao-localizada-acionado-por-energia-eolica> Acesso em: 27 nov. 2020.

VIEIRA, Vinícius José de Souza; RICHE, Gilles Robert, TONNEAU, Jean-Philippe. Implantação de pequena irrigação com água de poços tubulares bombeados por catavento no trópico Semiárido - Massaroca, BA. In: SEMINÁRIO FRANCO BRASILEIRO DE PEQUENA IRRIGAÇÃO, 1990, Recife, PE. Pesquisa e desenvolvimento: anais. Recife: SUDENE/Embaixada da França, 1990. p. 113-130.

VOGT, Hans Heinrich. Análise estrutural de pás de gerador eólico de pequeno porte feito de fibra vegetal brasileira. 2010, 128 f. Dissertação (maestría) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.



Logro:



Socios:



Patrocinador:

