



## **Análise multivariada da eficiência de cercas elétricas alimentadas por energia fotovoltaica no estado de Pernambuco**

### **Multivaried analysis of the efficiency of you surround electric fed for photovoltaic energy in the state of Pernambuco**

Marcos Vinícius da Silva<sup>1</sup>, Maria Vitória Neves de Melo<sup>2</sup>, Maria Eduarda Gonçalves de Oliveira<sup>2</sup>, Ingrid do Nascimento Bezerra<sup>2</sup>, Douglas Alberto da Silva<sup>3</sup>, Gledson Luiz Pontes de Almeida<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Rua Manuel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE;

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Graduanda do curso de Engenharia Agrícola. Rua Manuel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE; <sup>3</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Mestre em Engenharia Agrícola. Rua Manuel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE; <sup>4</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Professor Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola. Rua Manuel de Medeiros, s/n, CEP: 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE.

E-mail para correspondência: [marcolino\\_114@hotmail.com](mailto:marcolino_114@hotmail.com)

**Resumo** - A falta e a distância da energia elétrica tradicional no meio rural e com a disponibilidade no mercado de modernos equipamentos como sistemas de captação e armazenamento de energia solar podem garantir ao produtor rural novas formas de manejo. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada em Recife-PE. Delimitou-se um piquete de 400 m<sup>2</sup> com auxílio de varetas plásticas e fio eletroplástico, formando uma cerca de contenção, eletrificada com eletrificador solar fotovoltaico pulsante. Escolheram-se dois dias aleatórios entre os meses de julho e agosto, e mensurou-se do nascer ao pôr do sol, em intervalos de 30 minutos, a temperatura, umidade relativa do ar, voltagem, pulso, a intensidade de lux e a temperatura do painel do solar. Aplicou-se a análise estatística multivariada, por meio de dois métodos, Agrupamento (AA) e Fatorial (AF), o que permitiu relacionar e associar as variáveis analisadas, reduzindo-as em 2 componentes principais. Observou-se que a intensidade de lux é dependente da temperatura do ar, e a relação da umidade com a temperatura, é inversamente proporcional. Logo, o pulso está diretamente ligado com a voltagem produzida pelo equipamento, que por sua vez também se agrupam com a temperatura do painel. A análise fatorial explicou com as duas componentes principais 83,6 %. O uso de cercas elétricas alimentadas por energia fotovoltaica é viável na região em questão devido as variáveis ambientais contribuem para funcionalidade da cerca de forma satisfatória.

**Palavras-chaves:** análise fatorial. eletrificador solar. termografia.

**Abstract** - The lack and in the distance of the traditional electric energy in the agricultural way and with the availability in the equipment market modern as systems of captation and storage of solar energy can guarantee to the agricultural producer new forms of handling. The research was conducted in the experimental area of the Department of Agricultural Engineering, Federal Rural University of Pernambuco, located in Recife-PE. A picket of 400 m<sup>2</sup> was delimited with the help of



plastic rods and electroplast wire, forming a containment fence, electrified with pulsating photovoltaic solar electrification. Two random days were chosen between the months of July and August, and the temperature, relative air humidity, voltage, pulse, lux intensity and temperature were measured from sunrise to sunset at 30-minute intervals of the solar panel. Multivariate statistical analysis was applied using two methods, Grouping (AA) and Factorial (FA), which allowed to relate and associate the analyzed variables, reducing them in 2 main components. It has been observed that the lux intensity is dependent on the air temperature, and the ratio of the humidity to the temperature, is inversely proportional. Thus, the pulse is directly connected to the voltage produced by the equipment, which in turn is also grouped with the panel temperature. The factorial analysis explained 83.6% of the two main components. The use of electric fences powered by photovoltaic energy is feasible in the region in question because the environmental variables contribute to the functionality of the fence satisfactorily.

**Keywords:** factorial. eletrificador analysis solar. thermography.

## **Introdução**

Com o desenvolvimento do setor agroindustrial nas últimas décadas juntamente com a dependência da utilização de equipamentos eletroeletrônicos, fez com que a demanda por energia elétrica aumentasse de forma sem precedentes. De acordo com Casaro e Martins (2010) o principal sistema de produção de energia do Brasil é hidroelétrico, que corresponde aproximadamente a 80% da energia elétrica gerada no país. Contudo, o mesmo ocasiona graves problemas ambientais, dentre eles o desmatamento de florestas para instalação das usinas hidroelétricas e a água é um recurso.

Diante disso, o uso de fontes renováveis de energia tem conquistado grande espaço na matriz energética mundial (Santos et al., 2018). São classificadas como fontes renováveis de energia aquelas que não consomem combustíveis fósseis e não produzem resíduos prejudiciais aos seres vivos, e, quando bem planejadas, não geram consequências ao meio ambiente (Galdino et al., 2000). Diante disso umas das fontes renováveis que vem se destacando é a energia fotovoltaica (Borges Neto e Carvalho, 2006).

A energia proveniente do sol é o equivalente a cerca de 10000 vezes a demanda da população mundial. Contudo, as variações de área e a variação geográfica e do clima, tornam-se desafios para o aproveitamento em larga escala dessa energia. Com isso o aproveitamento de forma mais eficaz dessa fonte de energia, vem sendo estudado ao longo dos anos, buscando maximizar a produção de energia, com destaque especial a conversão fotovoltaica (Oliveira et al., 2017).

A energia fotovoltaica tem se tornado um vetor de extrema importância para atuar na preservação do equilíbrio ambiental. Por mais, que a sua implementação tenha altos custos de investimento nas primeiras etapas de instalação, em relação as demais fontes de energia, a energia fotovoltaica, proporciona benefícios socioambientais, como a geração de empregos e a não emissão de gases de efeito estufa. Além disso apresenta elevado grau de confiabilidade e flexibilidade de manuseio, graças a capacidade de chegar a regiões remotas às quais as redes convencionais não teriam acesso, como por exemplo zonas rurais (Cabral e Vieira, 2012; Oliveira et al., 2017).

A divisão de pastagem em piquetes é uma técnica importante que permite ao pecuarista manejar adequadamente os animais e o pasto. Entretanto, essa prática é ainda pouco utilizada, por



causa, principalmente, do alto custo das cercas tradicionais de arame farpado e do alto gasto de energia com as cercas elétricas. No entanto, devido a falta e a distância da energia elétrica tradicional no meio rural e com disponibilidade no mercado de modernos equipamentos como sistemas de captação e o armazenamento de energia solar.

Cercas elétricas utilizadas nas pastagens possuem a função de delimitar o espaço dos animais, para isso, liberam cargas elétricas que atuam com a finalidade de criar uma barreira psicológica nos animais. Contudo, na área rural a disponibilidade de energia elétrica é pouca ou inexistente, e por isso a adoção de técnicas alternativas é crescente. Nesse caso, a implementação de energia fotovoltaica, se torna uma alternativa viável, visto a facilidade implementação em regiões remotas.

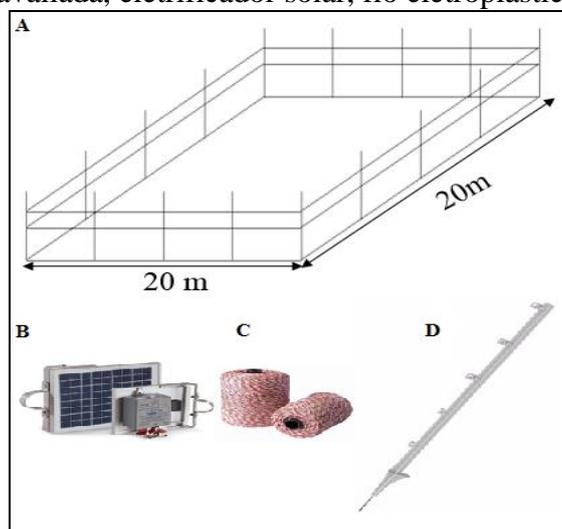
Diante desta abordagem, objetivou-se avaliar a eficiência de funcionamento de cerca elétrica alimentada por energia fotovoltaica sem presença de bateria estacionária, no inverno Pernambucano.

## Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada em Recife-PE, com latitude 8° 04' 03" S, longitude 34° 55' 00" W e altitude 4 m. O clima da região é caracterizado como megatérmico (As') segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 25,5 °C (Omar et al., 2018).

Na área delimitou-se um piquete de 400 m<sup>2</sup> com auxílio de 16 varetas plásticas, espaçadas em 5 m, e 160 m de fio eletroplástico, formando uma cerca de contenção, que foi eletrificada com auxílio de eletrificador solar pulsante 0,31J (Figura 1), para evitar acidentes ou danificar o equipamento fotovoltaico aterrou-se se uma vareta de cobre a 1 m de profundidade. O eletrificador solar de cerca é composto de uma placa solar de silício que reage eletricamente com os raios de sol produzindo energia elétrica que é convertida para uma determinada tensão capaz de produzir pulsos breves de choque que assustam, mas não causam danos aos animais ou seres humanos.

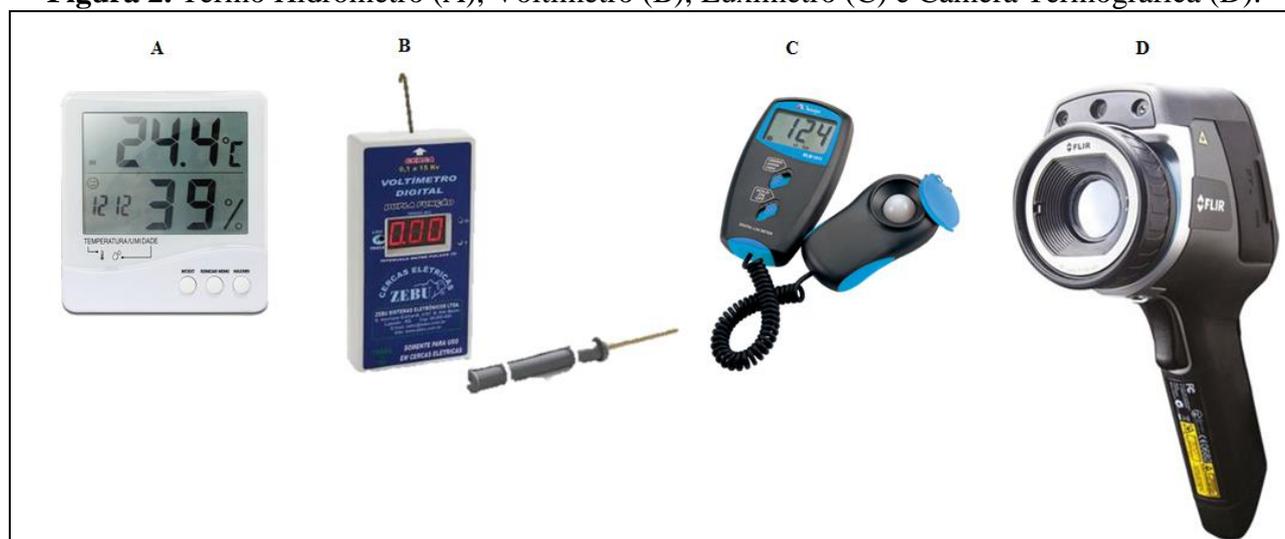
**Figura 1.** Área avaliada, eletrificador solar, fio eletroplástico, vareta plástica.





Para analisar a eficiência do eletrificador alimentado com energia solar, escolheram-se dois dias aleatórios entre os meses de julho e agosto, em que, do nascer ao pôr do sol foram mesuradas a cada 30 min a temperatura e umidade relativa do ar com auxílio de um termohigrômetro, a voltagem e o pulso produzido pelo eletrificador através do voltímetro digital, a intensidade de lux a partir do luxímetro digital e a temperatura do painel do solar determinada com câmera termográfica (Figura 2).

**Figura 2.** Termo Hidrômetro (A), Voltímetro (B), Luxímetro (C) e Câmera Termográfica (D).



A análise estatística empregada foi por meio da análise multivariada, por meio de dois métodos, o da Análise de Agrupamento (AA) que consiste em agrupar as variáveis que apresentam maior similaridade, conforme estabelecido por Vicini e Souza (2005), onde, a análise de agrupamentos estuda todo um conjunto de relações interdependentes, não fazendo distinção entre variáveis dependentes e independentes, isto é, variáveis do tipo causa e efeito, como na regressão.

E por meio da Análise Fatorial (AF), que objetivou relacionar as variáveis temperatura do ar (Tar), luminosidade (Lux), temperatura do painel (Tpainel), voltagem (Volt), pulso (Pulso) e umidade relativa do ambiente (UR), com os horários de funcionamento durante o dia, a cada intervalo de 30 min.

Estabeleceu-se o critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), conhecido também por teste de adequação da amostra, este teste indica o nível de adequação da AF para o conjunto de dados por meio da estimação da porção da variância que pode estar sendo explicada por variáveis subjacentes. A Tabela 1 traz a regra de interpretação dos índices de KMO (Kaiser, 1958),

**Tabela 1.** Adequação Amostral.

KMO	Adequação
> 0,9	Excelente
0,8-0,9	Meritória
0,7-0,8	Intermediária

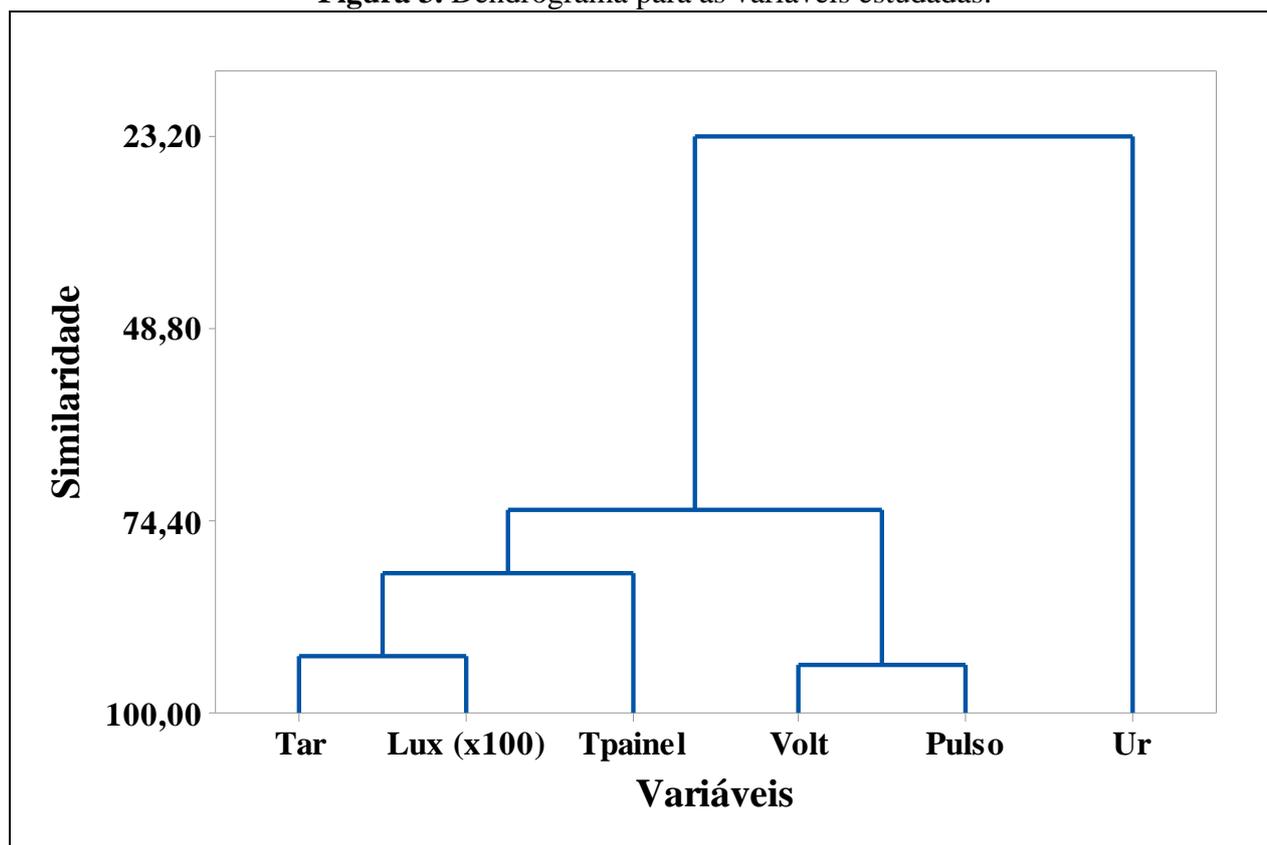


0,6-0,7	Medíocre
0,5-0,6	Mísera
< 0,5	Inaceitável

## Resultados e Discussão

O dendrograma apresentou-se uma ferramenta adequada para definir a similaridade entre as variáveis em estudo (Figura 3). Observa-se que a temperatura do ar é diretamente proporcional ao lux, onde quanto maior o lux maior a temperatura, implicando na geração de energia (voltagem). A relação da umidade com a temperatura, é inversamente proporcional. O pulso está diretamente ligado a temperatura do painel, pois, quanto maior a intensidade do pulso maior a temperatura do painel, logo, o pulso tem relação com a voltagem produzida pelo equipamento.

Figura 3. Dendrograma para as variáveis estudadas.



Observou-se que a similaridade foi alta entre as variáveis relacionadas com os horários do dia (Tabela 2), no qual apresentaram um acumulado de 0,836 (83,6%) para a segunda componente principal. Conforme Kaiser (1958) (Esse é o modelo mais usual até hoje. Ainda não possui uma pesquisa que reclassifique o modelo estabelecido por Kaiser), esse resultado apresenta uma



classificação de meritória, dessa forma os resultados mostraram-se satisfatórios para serem estudados.

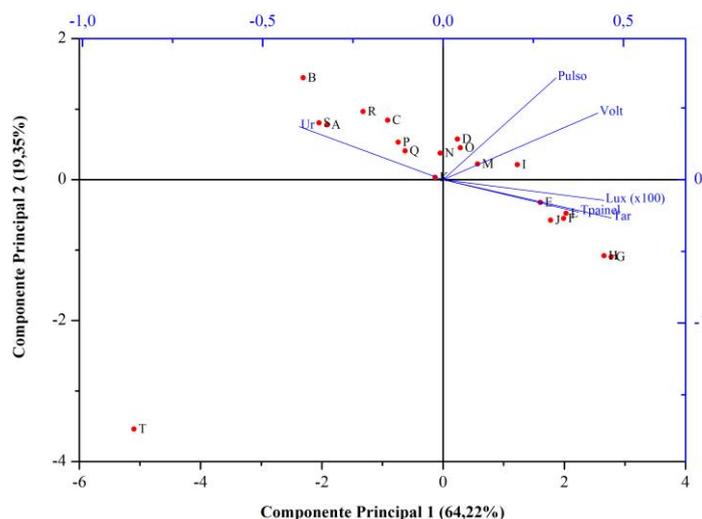
Santos e Sousa (2018), estudaram a precipitação do Estado de Sergipe, através da análise multivariada e observaram que o índice que avalia a adequação da análise aos dados, foi de 0,8690, onde verificaram uma classificação de meritória (KMO), o mesmo observado no presente estudo para o KMO.

**Tabela 2.** Autoanálise (Autovalores e Autovetores) da Matriz de Correlação para as variáveis estudadas.

Autovalor	Proporção	Acumulado
3,8529	0,642	0,642
1,1612	0,194	0,836
0,5340	0,089	0,925
0,3407	0,057	0,981
0,0753	0,013	0,994
0,0358	0,006	1,000

Partindo-se dos resultados obtidos na Tabela 2, fez-se o uso para a construção do gráfico da relação entre as variáveis e os horários do dia, conforme o observado na Figura 4. Verificou-se que a umidade relativa do ar, apresentou maiores valores no início e final do dia, pois são os horários de menor temperatura. Barnabé et al. (2015), caracterizam os efeitos do ambiente térmico nos índices de conforto, respostas fisiológicas e no desempenho de bezerras Girolando, alojadas em abrigos individuais cobertos com diferentes materiais, no qual observaram que a umidade relativa do ar, apresentou maiores valores no início e final do dia.

**Figura 4.** Análise Fatorial dos Autovalores e Autovetores das variáveis estudadas.



\*Horários: A:07:00; B: 07:30; C: 08:00; D: 08:30; E: 09:00; F: 09:30; G: 10:00; H: 10:30; I: 11:00; J: 11:30; K: 12:00; L: 12:30; M: 13:00; N: 13:30; O: 14:00; P: 14:30; Q: 15:00; R: 15:30; S: 16:00; T: 16:30.



As variáveis Pulso, Volt, Lux, Tpainel e Tar, tiveram relação forte para o período do final da manhã, início e meio da tarde, no qual, foram os horários de maior incidência solar, que por sua vez refletiram em uma maior produção de energia. Contudo ressalta que conforme observado na Figura 4 a temperatura do ar teve relação com o lux, que influenciou na temperatura do painel, no período da manhã. Já no período tarde o pulso e a voltagem tiveram forte relação. Entretanto o Pulso, Volt, Lux, Tpainel e Tar, tiveram relação forte relação ao longo do dia.

A operação dos sistemas acontece de forma espontânea, os equipamentos que convertem energia solar em energia elétrica, como é o caso dos eletrificadores de cerca, iniciam automaticamente suas atividades a partir do momento em que recebem lux, pois operam a partir de uma reação natural do silício com os raios solares.

Desta forma, a cerca elétrica solar torna-se uma estratégia de divisão não permanente de espaços e ganha a plena mobilidade, podendo ser transferida sem a necessidade de realocação de redes de energia que, muitas vezes, precisariam cobrir grandes distâncias. Principalmente na região Nordeste onde possui elevadas incidências de raios solares, contribuindo de forma eficiente para a geração de energia solar.

## **Conclusões**

O uso de cercas elétricas alimentadas por energia fotovoltaica é viável na região Nordeste devido as variáveis ambientais contribuem para funcionalidade da cerca de forma satisfatória.

A aplicação da análise multivariada mostrou-se eficiente para o estudo das variáveis ambientais relacionadas com a produção de energia fotovoltaica pelo método de KMO.

## **Conflito de Interesse**

Os autores não declararam conflito de interesse para esse manuscrito.



## Referências

- BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p.481-488, abr, 2015.
- BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M. Energia solar fotovoltaica no semi-árido: estudo de caso sobre a atuação do prodeem em Petrolina-PE. *In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL*, 6., 2006, Campinas. **Anais[...]**. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/054.pdf>>.
- CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. *In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 3., 2012. Goiânia. **Anais[...]**. Goiânia: IBEAS, 2012. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-003.pdf>>.
- CASARO, M. M.; MARTINS, D. C. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. **Revista Controle & Automação**, v. 21, n. 2, p. 159-172, mar/abr, 2010.
- GALDINO, M.A.E.; LIMA, J.H.; RIBEIRO, C. M.; EDUARDO, T. S. O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da DIRENG**, p. 17-25, nov, 2000.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, set, 1958.
- MINITAB, Inc. **MINITAB release 18: statistical software for windows**. Minitab Inc, USA, 2017.
- OLIVEIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. H.; GOMES, R. O. Energia solar: um passo para o crescimento. **REGRAD - Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM**, v. 10, n. 01, p. 377-389, out, 2017.
- OMAR, A. J. S.; VIGODERIS, R. B.; PANDORFI, H.; MOURA, G. B. A; GUISELINI, C. Telhado verde: simulação dos componentes do balanço de energia. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 3, p. 334-342, may/jun, 2018.
- ORIGIN. **Origin 8.6 - The Data Analysis and Graphing Workspace**. OriginLab Corporation, Massachusetts, USA, 2011.
- SANTOS, H. A. CARNEIRO, T. C.; ANTUNES, F. L. M. Conversor para interligação de sistema de geração fotovoltaico à rede elétrica. *In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR-CBENS 2018*, 7., 2018. Gramado. **Anais[...]**. Gramado: ABENS, 2018. Disponível em:<<http://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/293/293>>.



**Revista Ambientale**

Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL

e-ISSN 2318-454X - Ano 11, Janeiro/Abril, Vol.11, nº 1 - 2019.

SANTOS, E. F. N.; SOUSA, I. F. Análise estatística multivariada da precipitação do estado de Sergipe através dos fatores e agrupamentos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, jul/dez, 2018.

VICINI, L.; SOUZA, A.M. Análise Multivariada da Teoria à Prática. **Santa Maria: Biblioteca Central da UFMS**, 2005. 215 p.