**USO DA ENERGIA SOLAR ACOPLADO À RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA COMO PROCESSO DE DESINFECÇÃO NA PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL PARA COMUNIDADES RURAIS**

**Mariele Corrêa dos Reis (1); João Vicente Zampieron. (2)**

(1)Estudante; Centro de Ciências; Fundação de Ensino Superior de Passos FESP/UEMG; Passos, Minas Gerais; [mariele\_bjp@hotmail.com](mailto:mariele_bjp@hotmail.com); (2) Professor Orientador; Centro de Ciências; Fundação de Ensino Superior de Passos FESP/UEMG; Passos, Minas Gerais; jovizan@hotmail.com.

**RESUMO** – Visto que comunidades rurais carecem de água de boa qualidade e que nem sempre possuem o acesso aos tratamentos de abastecimento equivalente ao das áreas urbanas, sistemas de desinfecção têm sido propostos a fim de sanar tal problema, pois o uso incorreto da água trás prejuízos para obtenção do fluido de qualidade aceitável para o consumo humano. Diante do exposto acima, um dos obstáculos enfrentados por estas comunidades é o acesso aos recursos energéticos para tais fins. A energia solar, além de ser uma fonte natural disponível, pode ser acoplada em sistemas que utilizam radiação ultravioleta (UV) para fins de desinfecção de águas em regiões menos favorecidas em infraestrutura e recursos financeiros, uma vez que não há necessidade de dosagens de produtos químicos. Este artigo objetiva-se na construção de um sistema de desinfecção de águas utilizando lâmpadas ultravioletas, alimentadas pela energia fotovoltaica. Os módulos fotovoltaicos permitem uma independência de fontes convencionais de energia elétrica, além de alta portabilidade em regiões precárias. A radiação ultravioleta possui o efeito germicida, o que é empregada em sistemas de purificação para o controle de organismos patogênicos. Como o sistema fora destinado a áreas isoladas, o projeto desenvolveu-se com foco em simplicidade, praticidade, sustentabilidade e baixo custo. Assim pode-se garantir uma eficiência no processo de desinfecção em torno de 64,57% relativa à presença de coliformes na água. Embora se deva ressaltar que tal processo não garante a sua total potabilidade, sendo necessário para tal sistema conjugar outros processos de tratamento para atingir níveis ideais.

**Palavras-chave:** Energia solar. Radiação ultravioleta. Desinfecção. Água.

**Introdução**

De acordo com pesquisas recentes abordando a utilização da energia solar em residências, foi verificado que tal inovação pode vir a ser uma tecnologia para satisfazer necessidades energéticas com impactos ambientais muito reduzidos em relação às demais fontes tradicionais. Ainda os mesmos autores citam a portabilidade e adaptabilidade dos módulos fotovoltaicos aliada a uma manutenção quase inexistente como os pontos de alta competitividade em relação às demais formas de geração de energia a sistemas integrados (PEREIRA, RISCADO, MONTEIRO, 2010).

Trabalhos relatam ainda a importância do controlador de carga, cuja função é proteger as baterias contra a sobrecarga e descarga, e do conversor DC/AC cuja função é transformar corrente contínua para corrente alternada e também sua tensão de 12V para 110V/220V.Estas características são a configuração básica de um sistema fotovoltaico que pode atuar como fontes híbridas permitindo alta portabilidade em equipamentos que necessitem de energia autônoma (RAMOS, CORRÊA, FERREIRA, 2010).

Diante da necessidade de utilização de energia elétrica em localidades não atendidas pelas concessionárias, pesquisas têm levado em conta parâmetros de temperatura e sazonalidades a fim de avaliar as influências das condições climáticas tais como: tempo seco, chuvoso, dias frios e quentes permitindo constatar possíveis ganhos de eficiência e rendimentos no desempenho do sistema fotovoltaico projetado (ALVES, GAGNON, 2010).

Na Europa pesquisas têm sido conduzidas no sentido de dimensionar os módulos em relação aos seus coeficientes térmicos aos quais afetam parâmetros elétricos como: potências máximas e mínimas, correntes, tensão e eficiência. Assim para a busca da otimização também tem explorado possibilidades de associação de módulos fotovoltaicos em série ou paralelo, onde as associações em séries permitem obter tensões mais elevadas mantendo a corrente estipulada do módulo, já as ligações em paralelo permite obter correntes mais elevadas. As mesmas têm levado em conta os fenômenos de sombreamento que afetam a eficiência e a segurança dos módulos fotovoltaicos (CARNEIRO, 2010).

A construção civil tem procurado integrar a energia fotovoltaica em seus projetos a fim de buscar uma maior autonomia das geradoras convencionais para sistemas portáteis em edificações, em relação a geração, consumo, perdas na distribuição de energia e a propicia utilização em sistemas que proporcionem vitalidade. Com base na aplicação de energia fotovoltaica provendo centrais de grande porte, a eletrônica visa sistemas de portes menores para atender pequenas cargas domésticas (MARINOSKI, SALAMONI, RUTHER, 2004).

Pesquisadores relatam que os painéis solares fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter energia solar em elétrica, através da conversão direta de luz em eletricidade (efeito fotovoltaico). O efeito processa-se em junções pn de materiais semicondutores, em que os elétrons excitados por fótons são arrastados pelo campo elétrico inerente à junção pn, de forma a produzir uma corrente elétrica através desta junção. O semicondutor mais usado para estas células fotovoltaicas é o silício (Si), cabendo ressaltar que o Brasil é o maior produtor mundial deste elemento (GALDINO et al., 2004).

Projetos de sistemas fotovoltaicos domiciliares têm sido apresentados como modelo sustentável de eletrificação rural em programas governamentais. Analisando seu potencial da redução de custo através da eficiência energética, auxiliando na eletrificação de residências em áreas remotas (BORGES; KLAUS; MONTEIRO; SCHWAB, 2008).

Sistemas complementares, ou seja, fototérmicos e fotovoltaicos tem sido propostos enfatizando cálculos de instalações a fim de buscar a máxima eficiência de ambos os sistemas na captação da luz solar e sua incorporação em sistemas construtivos. Tal proposta visa dimensionar sistemas que tragam a possibilidade da produção e distribuição do excedente a fim de torna-los competitivos com fontes tradicionais (NUNES; ROCHA, 2011; TEIXEIRA, CARVALHO, 2011).

A popularização de energia solar visando consumidores de baixa renda tem impulsionado pesquisa e desenvolvimento para aperfeiçoar a captação e a utilização fazendo vistas a redução de custos a fim de ampliar a sua aplicação, tornando-as acessíveis à consumidores de baixo poder aquisitivo. Tais sistemas trazem como vantagens a mínima manutenção, excelente aplicação em localidades remotas, e praticamente nenhum impacto ambiental. Embora o custo dos painéis solares sejam pouco rentáveis, o aumento dos custos das fontes tradicionais e da produção das células tem contribuído para tornar viável a implantação de fontes fotovoltaicas (SANTOS, FRANCISCO,2012; SANTOS , SANTOS, SILVA, 2010; GOMES, 2012).

Uma das preocupações mundiais é a disponibilidade de água potável que tem sido alvo de fortes investimentos governamentais devido a sua grande influência na saúde pública. Diante disso pesquisas têm sido realizadas a fim de se obter a inativação de coliformes fecais e remoção de bactérias. Trabalhos desenvolvidos em função de aumentar a eficiência de desinfecção de águas de abastecimento. Uma das possibilidades para tal questão é a utilização de radiação ultravioleta (UV) (FLEURY, et al, 2005).

Sistemas UV têm sido propostos devido a sua alta portabilidade, fácil manejo e custo acessível a localidades precárias, e a alta capacidade de desinfecção por UV no processo de desinfecção de água é responsável pela desativação de microorganismos (JUNIOR, ARANTES, LIPPMANN, 2007).

O sistema solar pode ser aplicado para desinfecção de águas pelo simples aumento da temperatura dispensando o uso de produtos químicos, favorecendo a desinfecção de água conhecido como processo de pasteurização solar, o que contribui para sua portabilidade (PATERNIANI, SILVA, 2005).

Diante do exposto acima o presente trabalho pretendeu dar sua contribuição na construção de um sistema fotovoltaico de alta portabilidade conjugado a alimentação de um sistema UV a fim de possibilitar a desinfecção das águas de efluentes domésticos a baixo custo fazendo vista à ambientes rurais e urbanos de baixa renda, que apresentam acesso precário a água tratada.

**Material e Métodos**

As amostras a serem estudadas foram coletadas em um córrego localizado no Bairro Mumbuca, município de Passos-MG com garrafão de 20l simulando situações reais e cotidianas de comunidades localizadas em áreas isoladas. Brevemente todo conteúdo obtido fora dividido em amostras de 100 ml. Utilizou-se o método de destilação simples para efetuar a separação das impurezas mais grosseira do fluido.

A seguir tido a ideia de um método alternativo de desinfecção, desenvolveu-se um sistema composto por um recipiente contendo água contaminada no regime estacionário, ligado a uma estrutura tubular que possui em seu interior uma lâmpada ultravioleta (UV) de efeito germicida, que será responsável pela purificação da água visto na figura 01. A lâmpada UV é acionada tendo como fonte de alimentação a energia produzida pelo protótipo fotovoltaico. O recipiente contendo a água retirada do córrego sofreu incidência da radiação UV por um período de 24 horas, ou seja, o fluido está sendo desinfectado pela ação germicida durante todo período de exposição.

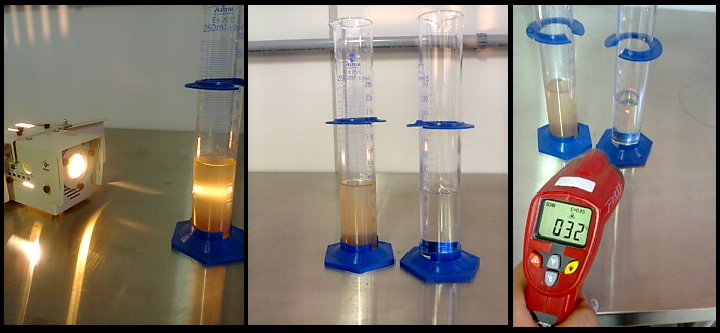
**Figura 01:** Materiais utilizados e sistema composto.



**Fonte:** Acervo do Autor.

Para parâmetros de eficiência quanto a fonte energética, determinou-se diariamente a coleta de dados: com o luxímetro os valores de luminância e com o multímetro ICEL Manas IK-100 os valores de potência oferecida pela placa fotovoltaica. Tido que esses dados influenciam diretamente sobre a intensidade de radiação UV responsável pela desinfecção da água.

Além disso, verificamos que a temperatura não afeta em nada o processo citado acima e que a cor da água tende a ficar “transparente” após a realização dessas etapas podendo observar isto na figura 02.

**Figura 02:**Processos de verificação de temperaatura e cor da água.

**Fonte:** Acervo do autor

Enfim, destinamos amostras destas águas que sofreram a desinfecção para o Laboratório de Águas do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE), para que fossem realizadas as determinações de sólidos suspensos totais (SST) e as análises físico-químicas delas, demostrando resultados encontrados na água a ser retirada do córrego e após o processo de desinfecção.

**Resultados e Discussão**

A energia fotovoltaica é fornecida por painéis contendo células de silício que sob a incidência do sol geram energia elétrica. A energia gerada pelos painéis é armazenada em bancos de bateria, para que seja usada em aparelhos. Tido que os níveis de luminância para a região de passos são excelentes para tal processo e que suas características são viáveis para pequenas instalações, em regiões remotas ou de difícil acesso, utilizamos este modelo sustentável como fonte de energia na alimentação da lâmpada UV.

Dentre as diversas faixas de radiação ultravioleta, a que nos interessa é a UV-C ou faixa UV germicida, também conhecida como "UV de onda curta". A luz ultravioleta (UVC) germicida faz parte do espectro eletromagnético não visível, com comprimentos de onda entre 100 e 400 nanômetros. Focando-nos numa célula básica de bactéria, interessa-nos a parede da célula, a membrana citoplasmática e o ácido nucléico. O alvo principal da desinfecção por luz ultravioleta UV-C é o material genético, também chamado ácido nucléico. Os micróbios são destruídos quando a luz penetra a célula e é absorvida pelo ácido nucléico. Esta absorção provoca um rearranjo da informação genética que interfere com a capacidade de reprodução da célula. Os microorganismos são inativados pela luz UV resultado de um dano fotoquímico ao ácido nucléico. Além de não acrescentar em nada à água nem as características físico-químicas.

Como a lâmpada UV é alimentada pela energia fotovoltaica, ocorre uma variação em seus níveis de radiação, observados no gráfico 01. Nos horários em que os níveis de luminância são mais altos à intensificação nos valores de radiação ultravioleta.

**Gráfico 01:** Valores médios da radiação UV-A solar em cada período de tempo

**Fonte:** Acervo do Autor.

Tido que o sistema proposto é dependente dos níveis de radiação solar e potência conseguida pela energia fotovoltaica, pesquisadores como Arouca, Zampieron (2013) realizaram um levantamento característico destes dados na região do Sudoeste Mineiro e obtiveram dados superam as demandas necessárias para a implantação do sistema proposto para áreas isoladas.

Para verificação da aplicação desse modelo sustentável de desinfecção de água em áreas isoladas, foram coletadas amostras de águas em um córrego situado no Bairro Mumbuca, município de Passos. Onde após um período de 24 horas de incidência de radiação UV sobre as amostras de água foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas sobre elas no Laboratório de Águas do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) e tem como resultado um laudo onde constam quantidade de coliformes totais, coliformes fecais e cor da água definida a olho nu, demonstrado na tabela 01. Na amostra foi constada uma quantidade inicial equivalente a aproximadamente 170000 NMP/100 ml de coliformes totais (onde NMP é o número mais provável)

**Tabela 01**. Resultado de desinfecção (laudo).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Quantidade de Amostras (ml) | Coliformes antes da desinfecção (NMP) | Coliformes depois da desinfecção (NMP) | Eficiência da desinfecção (%) |
| 100 | 170000 | 65025 | 61,75 |
| 100 | 170000 | 60210 | 64,58 |
| 100 | 170000 | 55395 | 67.40 |

**Fonte:** Acervo do autor.

Apesar desse teste ser suficiente para a determinação da eficiência do sistema de desinfecção de água, ele não contempla outros parâmetros importantes, como a turbidez, onde segundo Pascoal, Lima, Lima, Vieira (2007) para influência deles seriam necessários testes de maior tecnologia.

Autores como Júnior, Arantes, Lippmanm (2010) realizaram ainda um estudo similar com protótipos de radiação UV na desinfecção de água utilizando Kits Colilers, obtendo resultados similares ao descritos acima, porem a contagem dos coliformes fora feita de acordo com a seleção em quantidade relacionadas a propriedades associadas a pigmentação do fluido analisado.

**Conclusões**

A partir do desenvolvimento do modelo de desinfecção pode-se observar que os resultados obtidos apresentou-se similar ao que fora registrados por outros pesquisadores como Costa, Ferreira, Rodrigues (2007); Amaral et al(2006). Tido a eficiência da energia fotovoltaica como fonte de alimentação da lâmpada UV e uma redução significativa de coliformes na água purificada, mostrando uma desativação expressiva de vírus, bactérias e outros microrganismos. Porém deve-se ressaltar que o processo utilizado desativa apenas microorganismos existentes na água, não sendo possível garantir a purificação da água uma vez que ela pode ter sido contaminada com substâncias química, metais, resíduos industriais e outros, obtendo no presente trabalho uma desinfecção em torno de 64,58 % de coliformes fecais.

Sugere-se assim a aplicação deste projeto para purificação de água em comunidades isoladas onde é comum a ingestão de água proveniente de rios e córregos sem o saneamento básico e rede de energia elétrica. A água ingerida pela comunidade nesses locais contém uma quantidade enorme de microrganismos e devido à utilização de fitossanitários nas lavouras é possível detectar a presença de produtos químicos. Muitas doenças são causadas por esses itens citados acima, o que com a desinfecção desta água antes de ingeri-la poderiam ser evitados.

**Agradecimento(s)**:

Agradeço Prof. Msc. Venâncio Dias de Castro e ao Grupo “Materiais e Energia” pelo apoio oferecido de conhecimento científico em elétrica, o que proporcionou a execução do trabalho. Agradeço ao CNPq pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica concedida através do Programa Institucional de Bolsa CNPq/PIBIC/BIC, ao Centro de Ciências FESP pelo espaço disponibilizado e ao SAAE pela ajuda ás análises realizadas em seu laboratório.

**Referências Bibliográficas**

ALVES, A.F.; GAGNON, J.A. Desenvolvimento e Avaliação de Desempenho de um Sistema de Posicionamento Automático Para Painéis Fotovoltaicos. **Revista Energia na Agricultura ISSN 1808-8759,** Botucatu, vol.25, n.2, p. 1-19, 2010.

AMARAL, L. A; NUNES, A. P; CASTANIA, J; LORENZON, C. S; BARROS, L.S.S; NALDER, F.A. Uso da Radiação Solar na Desinfecção da Água de Poços Rasos. **Arq. Inst. Biol**., São Paulo, v.73, n.1, p.45-50, 2006.

AROUCA, D. P. F; ZAMPIERON, J. V. Caracterização das necessidades energéticas na área rural de Passos e a análise de um protótipo fotovoltaico como fonte complementar renovável. In: **IX AGRENER – Congresso Sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural**, 2013.

BORGES, E.; KLAUS, W.;MONTEIRO, C.; SCHWAB, T. Sistema Fotovoltaicos Domiciliares-Teste em Campo de Um Modelo Sustentável de Eletrificação Rural. **II CBEE,** Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

CARNEIRO, J.A.O. Módulos fotovoltaicos: características e associações. Monografia de apoio às aulas teóricas da UC de Electromagnetismo. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Guimarães, Portugal, 2010. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/16961>> Acesso em: 24 mai. 2013.

COSTA, V. H. G; FERREIRA, J. H.S; RODRIGUES, A. A. Desinfecção de Água Doce por Radiação Solar. In: **II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA,** João Pessoa-PB. 2007.

FLEURY, G.C. E; SANTIAGO, M. F.; COSTA, O. S; CORRÊA, M. P; CAMPOS, L. C. Avaliação do Uso Combinado da Radiação Solar com a Temperatura Para Desinfecção de Água de Abastecimento. In: **CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG – CONPEEX**, **Anais eletrônicos do XII Seminário de Iniciação Científica.** [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005.

GALDINO, M. A. E.; LIMA, J. H. G.; RIBEIRO, C. M.; SERRA, E. T. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>. Acesso: 12 jul. 2013.

GOMES, Caio Peixoto. Energia Solar: Utilização Como Fonte de Energia Alternativa. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.2, n.1, p.159-163, 2012.

JUNIOR, J. U; ARANTES, F. A; LIPPMANN, F. C. Desinfecção de água por Lâmpadas Ultravioletas a Partir de Energia Solar Fotovoltaica Sem Utilização de Baterias. Disponível em: <http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2010_2_34/2010_2_34_artigo.pdf>. Acesso: 11 jul. 2013.

MARINOSKI, D.L.; SALAMONI, I.T.; RUTHER, R. Pré-Dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de Caso do Edifício Sede do CREA-SC.In: **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, ISB 85-89478-08-4, p. 18-31, jul. 2004.

NUNES, Guilherme Gutiérrez e ROCHA, Ana Maria A. C. Estudio de Aprovechamiento energético em las viviendas mediante energia solar. In: **ICEUB International Conference on Engineering UBI**, Covilhã, Portugal, 2011.

OLIVEIRA, E. C. M. **Desinfecção de efluentes sanitários tratados através de radiação ultravioleta**. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2003.

PASCOAL, S. A; LIMA, C. A. P; SOUZA, J. T;LIMA, G. G. C; VIEIRA, F.F. Aplicação de Radiação UV Artificial e Solar no Tratamento Fotocatalítico de Efluentes de Curtume. **Revista Nova Química,** v.30, n.5, 2007.

PATERNIANI, J. E. S; SILVA, M. J. M. Desinfecção de Efluentes com tratamento Terciário Utilizando Energia Solar (SODIS): Avaliação do Uso do Dispositivo para Concentração dos Raios Solares. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental,** Campinas, v.10, n.1, p. 9-13, 2005.

PEREIRA, K.C; RISCADO, L.S; MONTEIRO, S.A. Uso de painéis solares e sua contribuição para a preservação do meio ambiente. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.1, p.411-415, 2010.

RAMOS, K.J.B.; CORRÊA, L.F.; FERREIRA, P.H.G.R. Carregador Solar: Energia Solar Fotovoltaica, **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense,** v.1, p.311-315, 2010.

SANTOS, A. C. S.; FRANCISCO, J. C. Uso de Painéis Solares e sua Contribuição Para a Preservação do Meio Ambiente. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.2, n.1, p.147-150, 2012.

SANTOS, A. C. S.; SANTOS, M. P. L.; SILVA, S. B. Os Benefícios do Uso de Painéis Solares Para o Meio Ambiente. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.1, p.373-376, 2010.

TEIXEIRA, A. A.; CARVALHO, M.C. Análise da viabilidade para a implantação do sistema de energia Solar Residencial. **Revista E-xacta**, v.4, n.3, p. 117-136, Belo Horizonte, 2011.