

**Modelo integrado de captação e abastecimento da Água pluvial com a utilização da energia Fotovoltaica**

**Integrated funding model and water supply rain with the use of energy photovoltaic**

DOI:10.34117/bjdv6n12-514

Recebimento dos originais: 23/11/2020

Aceitação para publicação: 20/12/2020

**Bruno Vinícius Castro Guimarães**

Professor Doutor em Fitotecnia – IFAM, BR 307, km 03, estrada do aeroporto

E-mail: bvinicius20@yahoo.com.br

**Manoel de Jesus de Souza Miranda**

Professor Mestre em Engenharia Florestal – IFAM, BR 307, km 03, estrada do aeroporto

E-mail: manoelforest@gmail.com

**Saete Rodrigues Gomes**

Técnico Administrativo – IFAM, Técnico Administrativo – IFAM

E-mail: saete@ifam.edu.br

**Elias Brasilino de Souza**

Professor Mestre em Sociedade e Cultura na Amazônia – IFAM, BR 307, km 03, estrada do aeroporto

E-mail: sailebras@yahoo.com.br

**Márcia dos Santos Vargas**

Técnico Administrativo – IFAM, Técnico Administrativo – IFAM

E-mail: marcia.vargas@yahoo.com.br

**Kátia Machado da Silva**

Técnico Administrativo – IFAM, Técnico Administrativo – IFAM

E-mail: machado.katia@yahoo.com.br

**RESUMO**

Associar, integrar e sistematizar a captação da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica, vem se apresentando como uma excelente alternativa às fontes não renováveis para atender a crescente demanda hídrica e energética. Assim, este trabalho tem como objetivo demonstrar a eficiência de um modelo integrado na captação da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica na residência estudantil do Instituto Federal do Amazonas-IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira. O ensaio experimental foi conduzido na residência estudantil do IFAM, no período de 2010 a 2015. Considerando que a residência do IFAM atende à demanda de 40 alunos internos e que o consumo hídrico per capita é de 200 litros pessoa dia-1, o volume de água captada na superfície do telhado da residência, no período de maior precipitação, é suficiente para atender a demanda da residência do Campus durante 12 dias. No tocante a energia fotovoltaica e com base na insolação de 5 h dia-1, que é a média no Brasil, esse modelo de painel fotovoltaico possui a capacidade de gerar, diariamente, cerca

de 650 W painel-1. Considerando que um painel possui a capacidade de gerar 19,5 kWh mensalmente, foram necessários 2 painéis para atender a demanda da iluminação externa da residência, os quais podem gerar 39 kWh mês-1 e atender a demanda da motobomba e da iluminação externa da residência. Por fim, o modelo de captação da água da chuva integrado com a energia fotovoltaica possui fortes indicativos para sua viabilidade na autossuficiência hídrica e energética.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, energia, precipitação.

## **ABSTRACT**

Associate, integrate and systematize the capture of rainwater through the use of photovoltaics, has been presented as an excellent alternative to non-renewable sources to meet growing water demand and energy. This work aims to demonstrate the efficiency of an integrated model in the capture of rainwater through the use of photovoltaics in the student residence at the Federal Institute of Amazonas-IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira. The research was conducted in the student residence of IFAM in the period 2010 to 2015. Whereas the residence of the IFAM meets the demand of 40 boarding students and the water consumption per capita is 200 liters person day-1, the volume of water collected on the roof surface of the residence, the period of greatest rainfall is sufficient to meet the demand of residence of the Campus for 12 days. With regard to photovoltaic and solar insolation based on day 5 h-1, which is the average in Brazil, this photovoltaic panel model has the ability to generate daily about 650 W panel-1. Whereas a panel has the ability to generate 19.5 kWh monthly, it took 2 panels to meet the demands of outdoor lighting of residence, which can generate 39 kWh month-1 and meet the demand of the pump and the external lighting of residence. Finally, the integrated rainwater capture model with photovoltaics has strong indications for its viability in water and energy self-sufficiency.

**Keywords:** sustainability, energy, rainfall

## **1 INTRODUÇÃO**

A água pluvial é um recurso natural de grande abundância no bioma da maior floresta tropical do mundo, garantindo as condições para a constituição da bacia Amazônica. No entanto, a distribuição irregular das chuvas apresenta impactos naturais, sociais e econômicos em eixos opostos, de forma que o período mais chuvoso está associado com as enchentes, erosão e assoreamento dos rios e igarapés, ao passo que os meses com menor índice pluviométrico, veranicos prolongados (CABRAL et al., 2012).

Com advento do processo de industrialização e o crescimento populacional, as fontes de água utilizadas para abastecimento das residências, empresas e unidades escolares, próximas à zona urbana, tornam-se insuficientes, ou têm sua qualidade comprometida, devido ao aumento da demanda gerada nesses segmentos. O atual modelo de saneamento caracteriza-se pelo uso perdulário dos recursos hídricos e de energia, levando à escassez de água e contaminação dos estoques aquíferos disponíveis e poluição dos recursos hídricos, o que se desdobra em um problema de saúde pública, limitando o desenvolvimento econômico e os recursos naturais (COHIM & KIPERSTOCK, 2008).

A captação direta de águas pluviais nas edificações pode ser considerada como uma fonte alternativa, reduzindo a demanda dos sistemas públicos de abastecimento. Porém, sua utilização necessita de estudos acerca da viabilidade e eficiência no atendimento dos usos a que será destinada, avaliação dos possíveis riscos sanitários, adequação das instalações hidráulicas prediais, dimensionamento do sistema de captação, coleta e armazenamento, observando as características locais, evitando a implantação de projetos inadequados que comprometam os aspectos positivos da alternativa, conforme argumentam GUIMARÃES et al. (2015).

A demanda por energia apresenta-se em constante ascensão no mundo, seja pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento e seus bilhões de habitantes, seja pela mudança de hábitos que as tecnologias modernas têm proporcionado às populações de países desenvolvidos. Contraposto a essa realidade observa-se as instabilidades políticas e sociais dos países produtores de petróleo, cujas reservas, dentro de algumas décadas, entrarão em depleção (GOLDEMBERG, 2004). Somada a essa dificuldade, têm-se as evidências do aquecimento global e, por consequência, o fenômeno das mudanças climáticas está efetivamente acontecendo nos mais distintos pontos do globo terrestre (GUARDABASSI, 2006).

Diante dessa problemática, difundiu-se, ao longo dos anos, uma preocupação ambiental que tem se consolidado e ganhado espaço na sociedade, a partir da qual se observa um processo de busca por fontes alternativas de energia que promovam o uso racional dos recursos energéticos, redução dos impactos ambientais e ampliação de energia em áreas isoladas, como argumenta GUARDABASSI (2006).

O Brasil é beneficiado pela larga irradiação solar durante a maior parte do ano. De acordo com BRAGA (2008), é um dos países de maior índice de radiação solar do mundo e considerado o país mais avançado no desenvolvimento de energias renováveis da América do Sul.

Nesse sentido, associar, integrar e sistematizar a captação da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica – fonte renovável proveniente do sol – vem se apresentando como uma excelente alternativa às fontes não renováveis para atender a crescente demanda hídrica e energética, além de expandir o acesso à energia em locais onde a implantação da rede elétrica convencional é técnica e economicamente inviável, principalmente nas áreas rurais. Braga (2008) destaca que o Brasil é um país com alto potencial de produção de energia solar, pois é beneficiado pela abundante radiação solar predominante em quase todos os meses do ano.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a eficiência de um modelo integrado na captação da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica, sob uma análise acerca da viabilidade

econômica e ambiental para atender o consumo de água e energia na residência estudantil do Instituto Federal do Amazonas, Campus São Gabriel da Cachoeira.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O Município de São Gabriel da Cachoeira localiza-se no extremo Noroeste do Estado do Amazonas, mais especificamente na bacia do Alto Rio Negro, nos limites fronteiriços do Brasil com a Venezuela e Colômbia, no interior da floresta tropical, constituindo uma das regiões de mais altos índices pluviométricos do Planeta (FREITAS, 2004). É considerado o terceiro maior município do país em extensão territorial, com 112.255 km<sup>2</sup> correspondentes a 7,18% da área total do Estado, dos quais mais de 89,3% são terras indígenas demarcadas e legalmente protegidas. Este município faz fronteira ao norte com a República da Colômbia e com a República Bolivariana da Venezuela e ao sul com os municípios de Santa Isabel do Rio Negro e Japurá, tornando-se uma região estratégica tanto nacional quanto internacionalmente.

O ensaio experimental foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Campus São Gabriel da Cachoeira – AM, no período de abril de 2010 a março de 2015. Foram coletados os registros pluviométricos para o município de São Gabriel da Cachoeira nos anos de 2010 a 2015 pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

A região apresenta índice pluviométrico médio de 3.100 mm ano<sup>-1</sup>. A temperatura média anual desse município é de 25 °C; possui latitude de 00°14'55" sul, longitude de 69° 24' 13" oeste de Greenwich e altitude de 121 m. A avaliação do potencial de captação de água e utilização da energia fotovoltaica teve como campo amostral a residência estudantil do IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira – AM.

No intuito de determinar a área da residência e a superfície de captação do telhado, a edificação foi mensurada e demarcada. Posteriormente, a área foi projetada e representada como maquete eletrônica pelo programa de desenho técnico, sketchUp, versão 7.0.

O modelo integrado de captação da água pluvial e utilização da energia fotovoltaica, para atender a demanda energética da motobomba destinada ao abastecimento dos reservatórios e iluminação externa da residência é composto pelos seguintes equipamentos: 1 reservatório de fibra de polietileno com 5 m<sup>3</sup>, 4 reservatórios de fibra de polietileno com 1 m<sup>3</sup>, 1 calha horizontal de aço galvanizado, com dimensões de 44 m de comprimento, 20 cm de largura, 15 cm de altura externa e 12 cm de largura interna, sistema de filtragem, 1 conduto fechado de PVC, 100 mm, 1 motobomba de 0,3 hp, 1 painel fotovoltaico do modelo Solar World de 130 W, cujas dimensões são de 1508 x 680 x 34

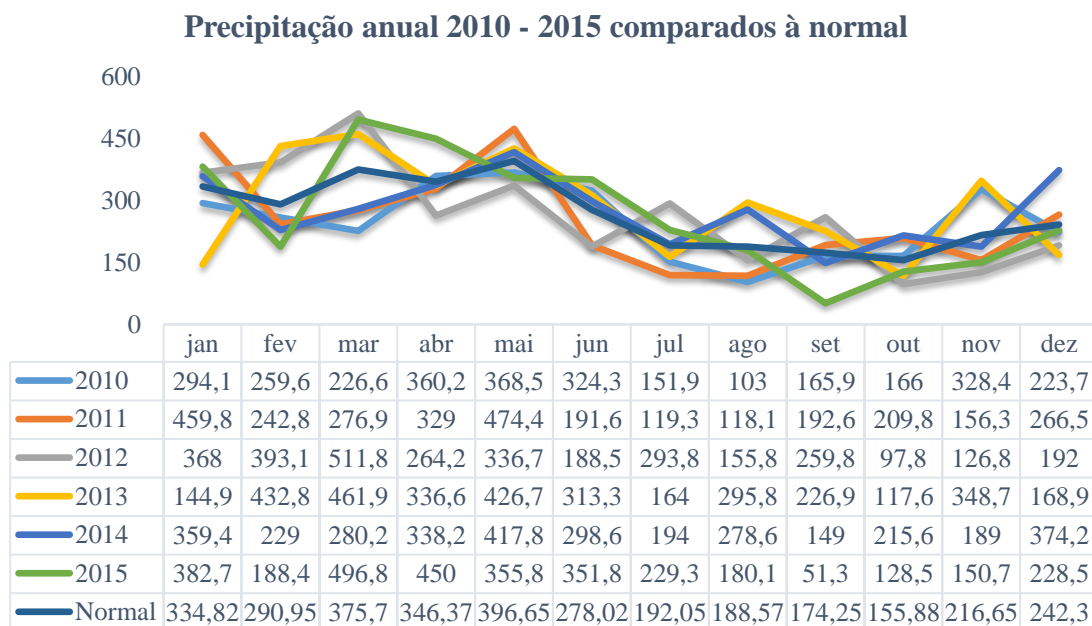
(mm), controlador de carga solar 10 A (12 V) Unitron, bateria estacionária adelco P5 030 96 Ah/90 Ah, inversor de energia de 400 W com Porta USB Black & Decker BDI400 – 12 V/127 V.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores de precipitação mensais no município de São Gabriel da Cachoeira-AM, no período de 2010 a 2015, disponibilizados pelo INMET, comparados à normal.

Em análise da precipitação real efetiva no período de 2010 a 2015, observou-se que o primeiro semestre de todos os anos apresentou os maiores volumes de chuva, no qual o mês de março do ano 2012 destacou-se com o maior valor de precipitação com 511,8 mm. Ao passo que o segundo semestre ficou evidenciado uma menor precipitação. O mês de outubro de 2012 foi o período com menor índice pluviométrico com 97,8 mm. Contudo, a precipitação média diária do município de São Gabriel da Cachoeira oscilou entre 3,26 mm a 16,5 mm, sendo, respectivamente, o menor e o maior índice pluviométrico. Com estas informações disponíveis, pode-se estimar e armazenar um valor de 3,26 a 16,5 litros de água por m<sup>2</sup>.

Figura 1 Índices pluviométricos, comparados à normal, no município de São Gabriel da Cachoeira – AM, no período de 2010 a 2015.



#### 3.1 CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

Neste modelo integrado, utilizou-se a face esquerda da residência estudantil do IFAM como superfície de captação da água da chuva. O local é coberto com telhas de zinco, sendo este material de

natureza estável e inerte frente às condições climáticas, o que assegura maior durabilidade e melhor qualidade da água. A estrutura física do telhado oferece as seguintes dimensões no formato trapezoidal: 30,70 m, 15,00 m e 87,95 m, respectivamente, comprimento da base maior, base menor e largura, com ângulo de inclinação de 15 °, perfazendo, aproximadamente, 181,70 m<sup>2</sup> de superfície de captação (FIGURA 2).

Figura 2 Representação arquitetônica da residência estudantil do Instituto Federal do Amazonas – IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira – AM.



Assim, dadas as dimensões do telhado acima e considerando um regime pluviométrico mínimo de 97,8 mm mensal, período avaliado de 2010 a 2015, é possível coletar um volume de água da chuva correspondente a 17,77 m<sup>3</sup> ou 17.770 litros mês<sup>-1</sup>. Já no mês de maior precipitação efetiva, com cota equivalente a 511,8 mm, o volume de água pluvial coletado pelo mesmo telhado alcança um teto de 92,99 m<sup>3</sup> ou 92.990 litros de água mês<sup>-1</sup>.

Considerando que a residência atende a demanda de 40 alunos internos e que o consumo hídrico per capita, segundo a Agência Nacional das Águas – ANA, é de 200 litros pessoa dia<sup>-1</sup>, esse volume de água captada seria suficiente para atender a demanda da residência do Campus durante 12 dias.

### 3.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA DESTINADA À MOTOBOMBA E À ILUMINAÇÃO EXTERNA DA RESIDÊNCIA

O sistema de captação e armazenamento da água da chuva é composto pela superfície do telhado, interligado com as calhas e conectado ao reservatório de 5 m<sup>3</sup> posicionado no piso externo da residência, conforme Figura 3. No intuito de abastecer os reservatórios superiores, suspensos numa plataforma de 4,1 m de altura, na qual o abastecimento da residência é realizado pela ação da gravidade,

utilizou-se uma motobomba fotovoltaica com as seguintes características: vazão: 6,6 a 13,2 l/min, potência: 0,3 cv, altura de sucção: 1,5 m e altura manométrica total: 42 m. A motobomba foi ajustada para o desligamento sobre pressão, nesse caso, após o completo abastecimento dos reservatórios a motobomba interrompe o fornecimento da água. Além disso, a motobomba fotovoltaica permite o funcionamento a seco ou desligamento na ausência de água no reservatório (FIGURA 3).

Figura 3 Modelo integrado de captação e abastecimento da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica da residência estudantil do Instituto Federal do Amazonas – IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira – AM.



No tocante a iluminação externa, foram utilizadas 16 lâmpadas fluorescentes de 20 W de potência, acionadas por fotocélulas no período noturno. Com base na insolação de 5 h dia-1, que é a média no Brasil, esse modelo de painel fotovoltaico possui a capacidade de gerar, diariamente, cerca de 650 W painel-1. Entende-se que com um painel, por mês, podem ser gerados 19.500 W ou 19,5 kWh (FIGURA 4).

Segundo a resolução da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica –, N° 485, de 29 de agosto de 2002, uma subclasse Residencial Baixa Renda possui um consumo mensal entre 80 e 220 kWh. Ao analisar a produção de energia e aplicação de painéis fotovoltaicos em residências, considera-se, para este fim, que cada pessoa consome por volta de 55 kWh/mês e que se enquadra dentro do padrão de consumo da classe baixa renda.

Considerando que um painel possui a capacidade de gerar 19,5 kWh mensalmente, foram necessários 2 painéis para atender a demanda da iluminação externa da residência, os quais podem gerar 39 kWh mês-1 (FIGURA 4). Nesse aspecto, em relação à capacidade em atender essa demanda energética, pode-se afirmar que a aplicação da energia fotovoltaica é economicamente viável, limpa, silenciosa e renovável.

Figura 4 Posição dos painéis fotovoltaicos na superfície do telhado da residência estudantil do Instituto Federal do Amazonas – IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira – AM.



No entanto, há alguns questionamentos quanto à eficiência de geração de energia em dias nublados, que podem diminuir a capacidade do sistema fotovoltaico na geração de energia e comprometer o fornecimento de energia para residência. Sobre essa questão é importante acrescentar que o uso de baterias associadas aos painéis para armazenamento de energia tem sido uma ferramenta remediadora, uma vez que se é possível armazenar, de modo limitado, a energia produzida e utilizá-la em período de baixa incidência de radiação solar e, principalmente, no período noturno, como argumentam CABRAL & VIEIRA (2012).

Vale salientar que, de acordo com o presidente da EPE, Mauricio Tolmasquim, a energia solar já é competitiva e viável na geração distribuída no Brasil. Por meio de tarifas cobradas em diversas áreas de concessão de distribuidora, essa viabilidade já foi comprovada através dos resultados preliminares de um estudo recentemente elaborado pela EPE (GRANDIN, 2012). Segundo Tolmasquim, com a entrada em vigência da regulamentação da geração distribuída, a fonte fotovoltaica é viável.

No Brasil, as fontes de energia hidrelétrica possuem uma atuação bastante representativa na matriz energética brasileira. Contudo, quando comparadas aos benefícios que a energia solar pode trazer, por ser uma fonte renovável, praticamente inesgotável e com quase total ausência de poluição, conforme argumenta SANTOS (2008), permitem afirmar que ela seja uma alternativa promissora e eficaz.

Desse modo, proporcionar investimentos para ampliação do setor solar e inserir essa fonte na matriz brasileira é fundamental para que se caminhe em direção a uma dependência cada vez menor da



energia de origem fóssil e também se proporcione desenvolvimento econômico alinhado à visão de sustentabilidade ambiental CABRAL & VIEIRA (2012).

Por fim, o modelo de captação da água da chuva integrado com a energia fotovoltaica possui fortes indicativos para sua viabilidade na autossuficiência hídrica e energética. Devido à existência de uma fonte de energia em potencial desenvolvimento, são necessários mais estudos integrados sobre sua aplicabilidade e capacidade para atender o consumo residencial brasileiro.

Modelo integrado de captação e abastecimento da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica da residência estudantil do Instituto Federal do Amazonas –

IFAM, *Campus* São Gabriel da Cachoeira



Vista aérea do IFAM, Campus São Gabriel da Cachoeira Residência estudantil do IFAM



Montagem da calha horizontal de aço galvanizado



Montagem da calha horizontal de aço galvanizado



Calha horizontal de aço galvanizado



Painel fotovoltaico com potência de 135 W



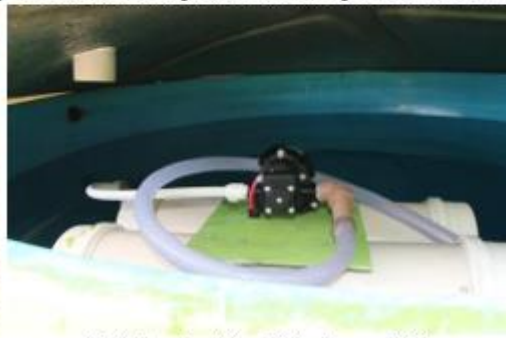
Instalação da bateria para armazenamento da energia



Reservatório completamente cheio após chuva de 25 mm



Plataforma flutuante da Motobomba fotovoltaica



Motobomba fotovoltaica de superfície



Painel fotovoltaico Residência do IFAM



Iluminação externa da Residência do IFAM



Discentes do curso Técnico Meio Ambiente, IFAM



Discentes do curso Técnico em Agropecuária, IFAM

**Modelos de captação da água da chuva executado nas comunidades indígenas.**

Comunidade indígena: Areal, Rio Negro, SGC.

Comunidade indígena: Areal, Rio Negro, SGC.



Comunidade indígena: Areal, Rio Negro, SGC.

Comunidade indígena: Taracuaá Igarapé, Tiquié, SGC.

**4 CONCLUSÃO**

O modelo integrado de captação e abastecimento da água pluvial com a utilização da energia fotovoltaica, sob o viés econômico e ambiental, tornam a produção energética mais eficiente, minimizando a poluição e os impactos ambientais. Assim, o modelo pode ser considerado uma importante alternativa para atender as demandas hídricas e energéticas das unidades de ensino, pesquisa e extensão, além de superar os desafios de expansão de Energia para localidades isoladas, especificamente nas comunidades rurais, às quais a rede convencional, geralmente, não possui acesso.

Além disso, a não emissão de gases de efeito estufa na geração da energia fotovoltaica e, de modo geral, a redução de impactos ao meio ambiente com a captação da água pluvial, compensam o investimento no sistema.

Por fim, é fundamental o fortalecimento de laços nacionais e internacionais para disseminação de fontes renováveis benéficas ao meio ambiente, de modo que as ações voltadas para o desenvolvimento sustentável não sejam centralizadas, mas atuem dentro de um contexto mundial.

**REFERÊNCIAS**

Agência Nacional de Águas –ANA. Lei N° 9.984 de 17 de julho de 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução N° 485, de 29 de agosto de 2002.

BRAGA, R. P. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. UFRJ, 2008.

CABRAL, L. N.; ALMEIDA, H. A.; ALVES, T. L. B.; PEREIRA, S. S. Problemas Ambientais, Desenvolvimento Sustentável e Recursos Hídricos na Zona Rural do Semiárido Paraibano, PB - Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física. v.5, 1159-1173, 2012.

CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Racionalização e reuso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento. In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia, Salvador, 2008.

FREITAS, M. Amazônia e desenvolvimento sustentável: um diálogo que todos os brasileiros deveriam conhecer. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

GOLDEMBERG, J. The Case for Energy Renewables. In: International Conference for Renewable Energies, 2004, Bonn. Thematic Background Paper, Alemanha, 2004.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Option Paper on Renewable Energy, Energy Efficiency and Climate Change Canadian Renewable Energy Alliance (CanREA). apresentado na COP 11/MOP 1. Montreal, Dezembro 2005.

GRANDIN, F. Solar é viável, diz Tolmasquim. Energia Hoje – 08 de maio, 2012. Disponível: [http://energiahoje.editorabrasilenergia.com/cadun/login?url\\_retorno=/news/eletrica/eolicasolar/2012/05/solar-e-viavel-diz-tolmasquim-449191.html](http://energiahoje.editorabrasilenergia.com/cadun/login?url_retorno=/news/eletrica/eolicasolar/2012/05/solar-e-viavel-diz-tolmasquim-449191.html). Acesso em: 25/05/2012.

GUARDABASSI, P. M. Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectivas para países em desenvolvimento. Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração) para a obtenção do título de Mestre em Energia. São Paulo 2006.

GUIMARÃES, B. V. C.; SOUZA, E. B.; ABREU, A. M. A; DONATO, S. L. R.; ASPIAZU, I. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2927 – p. 2939. 2015.

SANTOS, M. G. R. S. & MOTHE, C. G. Fontes alternativas de energia. Revista Analytica. N° 32. Dezembro 2007/Janeiro 2008.