

## Potencial de Utilização de Sistemas de Microgeração de Energia Solar Fotovoltaica e de Aproveitamento de Água de Chuva: uma Análise em Escolas Públicas de Ilhéus - Bahia

Maurício Dezidério Rocha<sup>1</sup>  
Ronaldo Lima Gomes<sup>2</sup>  
Raildo Mota de Jesus<sup>3</sup>  
Adriano Hoth Cerqueira<sup>4</sup>

### Resumo

Este trabalho possui o objetivo de analisar a viabilidade econômica e ambiental da instalação de unidade de microgeração de energia solar fotovoltaica e de aproveitamento de água de chuva em três escolas da rede pública de Ilhéus. O método adotado contempla a análise do enquadramento legal vigente no Brasil, o levantamento de dados de consumo de água e energia elétrica, o cálculo de irradiação solar e de precipitação pluviométrica incidente na área e, o dimensionamento dos sistemas de microgeração de energia elétrica solar e de aproveitamento de água de chuva em cada unidade escolar estudada. Os resultados encontrados demonstram viabilidade econômica e ambiental, uma vez que a implantação desses sistemas promove economia mensal de aproximadamente 96% no consumo de energia elétrica e 40% no consumo mensal de água potável nas unidades escolares estudadas.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento sustentável, Geração de energia solar fotovoltaica, Aproveitamento de água de chuva, Escolas públicas.

## Potential use of Photovoltaic Solar Energy Microgeneration Systems and Rainwater Utilization: an Analysis in Public Schools of Ilhéus - Bahia

### Abstract

This work has the objective of analyzing the economic and environmental viability of the installation of a photovoltaic solar energy micro-generation unit and of rainwater harvesting in three public schools of Ilhéus. The method adopted includes the analysis of the legal framework in force in Brazil, data collection of water and electricity consumption, calculation of solar irradiation and rainfall incident in the area, and the design of rainwater storage and electric power microgeneration systems in each school unit studied. The results show economic and environmental feasibility, since the implantation of these systems promotes monthly savings of approximately 96% in the consumption of electric energy and 40% in the monthly consumption of drinking water in the studied school units.

**Keywords:** Sustainable development, Photovoltaic solar energy generation, Rainwater catchment, public schools.

<sup>1</sup> Geógrafo, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade estadual de Santa Cruz.

<sup>2</sup> Professor Titular da Universidade Estadual de Santa Cruz.

<sup>3</sup> Professor Pleno, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade estadual de Santa Cruz

<sup>4</sup> Professor Pleno, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz

## Potencial de Utilização de Sistemas de Microgeração de Energia Solar Fotovoltaica e de Aproveitamento de Água de Chuva: uma Análise em Escolas Públicas de Ilhéus - Bahia

### 1 Introdução

Os efeitos das ações humanas ao longo do tempo sobre o meio ambiente, em função de seu uso e ocupação, têm desencadeado diversos processos de degradação e impactos ambientais, reproduzindo um ambiente insustentável e insalubre para si próprio e para as futuras gerações. Assis (2001) enfatiza que o homem passou, em função dos métodos sofisticados de produção, a influir decisivamente para as mudanças no equilíbrio do meio ambiente, fato cada vez agravado pelo aumento da densidade populacional.

Diante do aumento na demanda por energia para suprir as necessidades humanas, a utilização de energias renováveis apresenta-se como uma alternativa promissora e inteligente que pode ser, ao mesmo tempo, viável na perspectiva ambiental quanto na perspectiva econômica (TORRES, 2012).

Apesar do baixo aproveitamento, quando comparado com matrizes de energias convencionais, para Zomer (2010) a procura por matrizes de energia renováveis vem se tornando uma tendência mundial e ganhando significativo espaço no mercado, uma vez que a utilização dessas energias tem um impacto muito baixo no meio ambiente, além de ampliar o número de fontes de energias elétricas disponíveis.

Depreende-se a partir desse contexto, a necessidade de aprofundar-se, dentre outras possíveis intervenções, no debate das ideias e práticas que envolvem as fontes alternativas de energia e o melhor aproveitamento dos recursos hídricos, levando em consideração, também, a necessidade do desenvolvimento econômico e social do país, cuja prioridade seja se desenvolver de forma sustentável.

O uso de fontes renováveis de energia é um dos mecanismos que podem mitigar os efeitos negativos das ações antrópicas sobre o meio ambiente, dentre essas fontes tidas como limpas podemos citar a solar, eólica, hidráulica e de biocombustíveis.

Dentre as fontes de energia renováveis, pode-se destacar o uso de energia proveniente dos raios solares, tema que será abordado nesse trabalho, cuja irradiação é isenta de custos monetários, e seu uso não acarreta impactos ao meio ambiente. Mesmo sendo ainda bastante incipiente, o uso dessa fonte de energia é uma alternativa de grande relevância ambiental, econômica e social para o desenvolvimento sustentável, e umas das tendências de uso em larga escala de energia limpa num futuro próximo.

Por sua vez, o aproveitamento de água de chuva para uso não potável ganha destaque e importância ao nos depararmos com notícias e dados preocupantes que tratam sobre a escassez de água em algumas regiões do planeta. Nesse sentido, Maia, Santos e Oliveira Filho (2011) salientam que os sistemas de aproveitamento de água de chuva têm tido uma crescente aplicação nas áreas urbanas e destacam-se como fonte alternativa de abastecimento de água e minimizam os problemas relacionados à indisponibilidade hídrica para o atendimento das crescentes demandas.

Do exposto, é nesse contexto que este trabalho possui o objetivo de analisar a viabilidade econômica e ambiental da instalação de unidade de microgeração de energia solar fotovoltaica e de aproveitamento de água de chuva em três escolas da rede pública de Ilhéus-BA. Para tanto os objetivos específicos associam-se a atividades de - Analisar os valores e os volumes de energia e água gastos anualmente pelas escolas considerando uma série histórica de 3 anos; - Verificar a quantidade de energia solar e de volume pluviométrico por unidade de tempo e unidade área do município de Ilhéus ao longo do ano; - Investigar os valores de

instalação e manutenção da unidade de microgeração de energia por painéis fotovoltaicos e de sistema de aproveitamento de água de chuva e, - Avaliar os benefícios econômicos e ambientais para as unidades escolares, gerados a partir da captação da energia solar e do aproveitamento de água de chuva.

## 2 O Conhecimento do Problema

### 2.1 Legislação e Aspectos de Instalação

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em sua Resolução normativa nº 482 de 17/4/2012 (ANEEL, 2012), define microgeração como sendo uma central geradora de energia elétrica com potência menor ou igual a 75 kW e que se utilize de fontes renováveis de energia elétrica conectada na rede de distribuição pública por meio de instalações em unidades consumidoras. A efetivação desta resolução foi fundamental para que o uso da energia solar fotovoltaica ganhasse notoriedade e amparo jurídico no Brasil.

Esta resolução também define o chamado “Sistema de Compensação” que cria a possibilidade de o consumidor, com sua unidade de microgeração, injetar sua energia gerada na rede elétrica convencional da distribuidora local e posteriormente receber compensação em créditos que serão abatidos em seu consumo de energia elétrica advinda desta distribuidora. Desta forma, entende-se que esta Resolução foi o marco do incentivo e fortalecimento do uso de energia fotovoltaica no Brasil, gerando renda, economia e colaborando para o uso de uma energia limpa e inesgotável.

É uma tendência que o uso de energia solar fotovoltaica no Brasil aumente ainda mais, considerando que legislação ainda mais específica fortaleça o uso dessa alternativa, uma vez que tramita na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei 10.370/2018 (BRASIL, 2018), que visa instituir a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica, tendo como um dos principais objetivos a ampliação da sustentabilidade socioambiental, a proteção do meio ambiente, a promoção da conservação de energia elétrica e a redução das emissões de gases de efeito estufa na geração de energia elétrica, proporcionando melhoria da qualidade de vida da sociedade brasileira. Uma vez aprovado e posto em prática, este projeto de Lei ajudará significativamente no melhor uso dos recursos públicos concernentes a gastos com energia elétrica em prédios públicos, bem como proporcionará na desoneração da geração de energia convencional.

No que diz respeito ao aproveitamento de águas pluviais, não existe legislação específica no âmbito federal. No Brasil, os recursos hídricos são geridos juridicamente pela Lei nº 9.433, de 8/1/1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entretanto, esta Lei só veio fazer menção ao aproveitamento de águas pluviais no ano de 2017, quando sofreu a alteração prevista na Lei nº 13.501 de 30/10/2017 (BRASIL, 2017), que inseriu em seu Art. 2º o “IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”.

Na esfera municipal, o município de Ilhéus–BA sancionou a Lei nº 3.910, de 05/3/2018 (ILHÉUS, 2018), que trouxe a obrigatoriedade de implantação de sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva em todos os prédios públicos municipais. Esta Lei enfatiza que a implantação será condicionada a apresentação de laudo técnico atestando à viabilidade do projeto, em observância as normas técnicas para tal. Determina ainda que a utilização da água da chuva captada será para uso secundário como lavagem de prédios, irrigação de jardins, limpeza, banheiros e outros do mesmo gênero.

Do exposto, percebe-se que, no tocante ao aproveitamento de águas pluviais, o Brasil ainda está muito atrasado quando se trata de legislação e diretrizes que norteie as ações de implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

## **2.2 Utilização de Energia Fotovoltaica e Aproveitamento de Água de Chuva em Prédios Públicos e Instituições de Educação**

De acordo com a ANEEL (2018), até o final do ano de 2018, o Brasil possuía 40.278 unidades consumidoras com microgeração. Desse total, 40.047 são unidades consumidoras que utilizam radiação solar, captando energia por meio de painéis fotovoltaicos. Mesmo com os números de unidades consumidoras em ascensão, o Brasil ainda tem participação acanhada no ranking mundial de produção de energia fotovoltaica, ficando fora da lista dos 20 maiores produtores.

Ainda de acordo com ANEEL (2018), a Bahia é o 10º estado em produção de energia fotovoltaica no ranking nacional, com 997 unidades microgeradoras instaladas. Os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os maiores produtores de energia fotovoltaica do país, com 7.805, 7.520, 4.913, 3.614 unidades consumidoras, respectivamente.

Das 40.047 unidades de microgeração fotovoltaica em funcionamento no Brasil, apenas 360 estão instaladas em prédios públicos, o que corresponde a 0,89% do montante nacional. Em instituições públicas de ensino, essas instalações estão distribuídas entre 65 Institutos Federais de Educação, 16 universidades (sendo apenas 1 estadual), 6 escolas secundárias (sendo 5 em Pernambuco e 1 em São Paulo).

Na Bahia, das 997 unidades de microgeração fotovoltaica, 196 estão instaladas no município de Salvador, 35 no município de Ilhéus e 15 no município de Itabuna, as demais unidades estão instaladas em outras localidades do Estado.

Dentre as unidades instaladas na Bahia, 7 estão instaladas nos prédios dos Institutos Federais das cidades de Ilhéus, Uruçuca, Jequié, Lauro de Freitas, Juazeiro, Brumado e Irecê.

A utilização de sistema de microgeração de energia elétrica fotovoltaica em escolas da rede estadual de ensino do país corresponde a números inexpressivos, chegando apenas a 1,67% do montante das 360 unidades instaladas em prédios públicos.

Com relação ao aproveitamento de água de chuva, como já foi brevemente tratado no tópico anterior, produções científicas que abordam o reuso de águas pluviais para fins não potáveis ainda estão criando corpo no cenário nacional, mesmo que de forma lenta. Quando se afunilam para buscas de dados e informações em literaturas relacionadas a possíveis instalações de sistema de aproveitamento de águas pluviais em escolas ou em outros prédios públicos o retorno é ainda menor, dada escassez de material bibliográfico que aborda a temática. A própria Agência Nacional de Águas (ANA) não dispõe de uma estrutura montada para debater ou incentivar essa alternativa tão importante e relevante que é o aproveitamento de águas pluviais.

Mesmo com pouco aporte bibliográfico e normas específicas que regulamentem o aproveitamento de água de chuva, a Agência Nacional de Águas tem se empenhado em subsidiar projetos que visem o melhor uso da água, e nesse sentido, lançou em 2012 por meio do Edital 001/2012, conforme ANA (2012), uma seleção de propostas de órgãos da administração pública municipal para o desenvolvimento de ações de gestão do uso da água em edificações públicas, cujas finalidades eram a conservação e uso racional da água em prédios públicos. Dentre os objetivos norteadores das propostas, destacavam-se, de acordo com a ANA (2012), dois pontos pertinentes a esta pesquisa, sendo eles: 1) Desenvolvimento de novas fontes e alternativas de abastecimento de água, tais como o uso de águas com menor qualidade e o reuso de águas residuárias e a reciclagem de água, dentre outras e, 2) A

promoção de práticas conservacionistas de água através de programas mais eficientes de aproveitamento de água e de minimização do desperdício, inclusive com o desenvolvimento de mecanismos que resultem na poupança de água. O primeiro objetivo foi o pilar sustentador para a instalação de sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Outro fator importante era a destinação principal dessa proposta, escolas municipais. A ANA também considera essa alternativa uma prática pedagógica de impacto social relevante (ANA, 2012).

### 3 O Método Adotado

Inicialmente o método adotado contemplou a análise do enquadramento legal vigente no Brasil, no que tange à instalação de unidade de microgeração de energia solar e de sistema de aproveitamento de água de chuva, através de pesquisas bibliográficas em periódicos especializados e documentos legais ou jurídicos, abordando o uso de energia e o aproveitamento de água de chuva em prédios públicos no Brasil, bem como a tendência mundial de uso de energia limpa, destacando, sobretudo, a importância econômica, ambiental e educacional do uso de energia solar e do aproveitamento de água de chuva.

Em seguida, foi feito o levantamento de dados de consumo de água e de energia elétrica em três escolas públicas do município de Ihéus, sendo estas: o Colégio Estadual Antônio Sá Pereira, situado na Rua Avelino Fernandes, no bairro da Conquista, região central da cidade; o Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira, situado na Avenida Ubaitaba no bairro do Malhado, zona norte da cidade, e o Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne, situado na Av. Canavieiras, no centro da cidade, conforme Figura 1.

**Figura 1:** Instituições educacionais objeto de estudo.



(A – Colégio Estadual Antônio Sá Pereira, B - Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira, C) Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne).

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O critério adotado para a escolha das unidades escolares foi a localização em área urbana, considerando também as características das formas de relevo no local, tendo em vista que tais características podem influenciar no potencial de insolação, ou seja, na direção e duração da radiação solar, que é a energia emitida pelo sol e transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. O colégio Estadual Antônio Sá Pereira, por exemplo, situa-se em zona de topo de morro. Já o Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira e o Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne, situam-se em um fundo de vale e na planície costeira, respectivamente. Dessa forma, as três unidades escolares estão isentas de sombreamento provocado pela presença de morros ou edifícios.

As três escolas funcionam nos turnos matutino, vespertino e noturno, sendo que as duas estaduais atendem às demandas dos Ensinos Fundamental II e Médio. Já a escola municipal, atende apenas a clientela estudantil do Ensino Fundamental II, conforme Quadro 1.

**Quadro 1:** Características das unidades escolares estudadas.

Escola	Nível	Nº de alunos nos três turnos	Professores / Técnicos Administrativos
CEASP - Colégio Estadual Antônio Sá Pereira	Fundamental II e Médio	188	24
CEPAO - Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira	Fundamental II e Médio	1.300	65
IMEEL - Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne	Fundamental II	1.640	86

Fonte: Dados coletados nas secretarias das escolas em 2019.

Os dados levantados e calculados para cada uma das unidades escolares estão sintetizados no Quadro 2. Conforme exposto, foram analisados os dados tendo em vista o dimensionamento do sistema de microgeração de energia fotovoltaica e do sistema de aproveitamento de água de chuva para cada unidade. Nesse contexto, cada área de cobertura da unidade escolar (telhado) estará submetida a uma irradiação solar global, obtida do Atlas solarimétrico do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2017) e a um determinado volume de água oriunda de precipitação pluviométrica, mensurada mediante análise de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INPE, 2016).

**Quadro 2:** Síntese dos dados utilizados e suas fontes de informação.

Sistema	Objetivo	Tipo de dado	Unidade	Fonte
Utilização de microgeração de energia fotovoltaica	Reconhecimento do padrão de consumo de energia elétrica da unidade escolar	Consumo mensal de energia elétrica das unidades escolares.	kWh/mês	Leitura realizada no medidor pela concessionária de energia elétrica e disponível na conta de energia.
	Reconhecimento da irradiância solar global incidente na unidade escolar	Irradiação solar global (média diária mensal).	kWh/m <sup>2</sup> /dia	Calculada a partir de dados de radiação solar global obtida do Atlas Solarimétrico do Brasil.
	Definição do dimensionamento do sistema de microgeração	Cálculo da área dos painéis solares em virtude da potência da microgeração	m <sup>2</sup>	Calculada a partir dos dados de irradiância solar global e de dados de produção de energia fotovoltaica que se deseja atingir.
	Definição da produção de energia elétrica pelo sistema de microgeração	Cálculo da produção de energia elétrica fotovoltaica.	kWh/mês	Calculada a partir da irradiação solar global e da área dos painéis solares.
Utilização de sistema de captação de águas de chuva	Reconhecimento do padrão de consumo de água tratada da unidade escolar	Consumo mensal de água tratada das unidades escolares.	m <sup>3</sup> /mês	Leitura realizada no medidor pela concessionária de água e disponível na conta de água.
	Reconhecimento do índice pluviométrico na unidade escolar	Pluviometria da cidade de Ilhéus (média histórica mensal)	mm/mês	Calculada a partir de dados precipitação pluviométrica obtida do INMET.
	Reconhecimento da área da cobertura da unidade escolar	Área dos telhados da unidade escolar.	m <sup>2</sup>	Medida em ambiente de SIG a partir de fotografias aéreas em escala de detalhe.
	Definição do dimensionamento do sistema de coleta de chuva	Volume de água de chuva produzido e acumulado mensalmente	m <sup>3</sup>	Calculado em virtude dos dados de chuva e área de captação dos telhados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A irradiação solar global é definida como a quantidade de energia incidente em uma determinada área da superfície terrestre, e é tipicamente expressa em  $J/m^2$  ou  $kWh/m^2$ . A irradiação é uma grandeza física obtida através da integração da irradiância num determinado período, e é expressa em  $J/(s/m^2)$ . Assim, quando integramos a irradiância que atinge uma determinada superfície ao longo de um dia, por exemplo, expressamos a irradiação como  $kWh/m^2/dia$ ; se for por um período de um mês, usamos  $kWh/m^2/mês$ . Empregaremos ambas no presente trabalho, mas enfatizamos que a unidade correta da irradiação é sempre energia/área, sendo os termos “dia” ou “mês” surgem nas unidades apresentadas apenas para indicar o tempo que foi utilizado para integrar a irradiância. É importante também mencionar que a irradiância que chega à terra se divide nas componentes direta, difusa e (em superfícies inclinadas) refletida, sendo o somatório destas componentes a irradiância solar global, utilizada nesta pesquisa. Ao longo de um determinado período, esta irradiação solar global poderá ser captada por painéis solares e transformada em energia elétrica. Já a água de chuva poderá ser captada por um sistema de coleta instalado nos telhados, dimensionado em função da demanda de consumo de água da unidade escolar.

Do exposto, cada área de telhado das unidades escolares, aliado as características de consumo e aos valores da irradiação solar e precipitação pluviométrica, refletirá no potencial do sistema de geração de energia e no sistema de aproveitamento de água de chuva a serem instalados.

O modelo de microgeração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos adotado nesta pesquisa é do tipo conectado à rede elétrica, conhecido também como sistema *On Grid*, uma vez que essas unidades escolares estão assentadas na zona urbana. De acordo com Cruz (2015), os sistemas conectados à rede elétrica operam em paralelismo com a rede de eletricidade, sendo utilizados em locais já atendidos por energia elétrica. O objetivo então é gerar eletricidade para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedentes de energia que podem ser aproveitados em créditos de energia pela eletricidade exportada.

Após determinar o modelo de sistema *On Grid* para esta pesquisa, partiu-se para o dimensionamento do sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica. Dimensionamento levando em consideração o padrão de consumo, a estimativa de economia de 100% e o potencial de radiação solar das imediações onde os prédios escolares estão situados.

Ressalta-se ainda, que foram avaliados os elementos que envolvem toda a logística de instalação e manutenção, como: custos de instalação, certificação, prazo de validade dos materiais e serviços, tipos de tecnologias fotovoltaicas ofertadas no mercado, modelos de sistema de aproveitamento de água de chuva, procedimentos adotados pelas empresas responsáveis pela distribuição da energia convencional e de águas e saneamentos, em caso de instalação dos referidos sistemas.

Para a estimativa de custos envolvidos foram solicitados orçamentos para três empresas especializadas no sentido de precificar os painéis solares, a estrutura metálica de suporte, o inversor e toda a fiação necessária, além dos custos de instalação.

Foi investigado, também, todo o processo burocrático legal, em escala municipal, estadual e nacional, a ser realizado para atender às instalações de unidades de microgeração de energia elétrica e de aproveitamento de água de chuva. Por fim, a partir dos resultados obtidos, foi avaliada a viabilidade econômica e ambiental da instalação de unidade de microgeração de energia por placas fotovoltaicas e de sistema de aproveitamento de água de chuva para uso não potável, que poderá culminar na criação de um projeto de instalação de unidades de microgeração para as escolas do município de Ilhéus envolvidas nesta pesquisa.

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Aspectos do consumo de energia elétrica e de água tratada das unidades escolares estudadas.

Cada uma das três unidades escolares possui característica própria em sua estrutura física, o que influencia diretamente no consumo de energia elétrica e de água.

O CEASP possui ventiladores em todas as salas de aulas e condicionadores de ar nas salas de secretaria e diretoria. Entretanto, seus corredores e algumas salas de aulas foram construídos para que se aproveitasse ao máximo a luz solar, fazendo com que não haja a necessidade de lâmpadas acesas durante o dia.

O CEPAO segue as características do CEASP no que diz respeito ao uso de ventiladores e condicionadores de ar. No entanto, sua estrutura física não favorece um bom aproveitamento da luz natural, o que faz com que os corredores e a maioria das salas utilizem iluminação elétrica durante todo o dia.

O IMEEL é a única unidade escolar que possui condicionadores de ar em suas salas de aulas, demandando assim um maior consumo de energia elétrica, além da baixa luminosidade solar em algumas salas.

Os dados de consumo de energia elétrica das unidades escolares foram obtidos mediante consulta junto ao sítio da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, os valores dos consumos em kWh/mês e os seus custos, em real, estão dispostos nos gráficos da Figura 2.

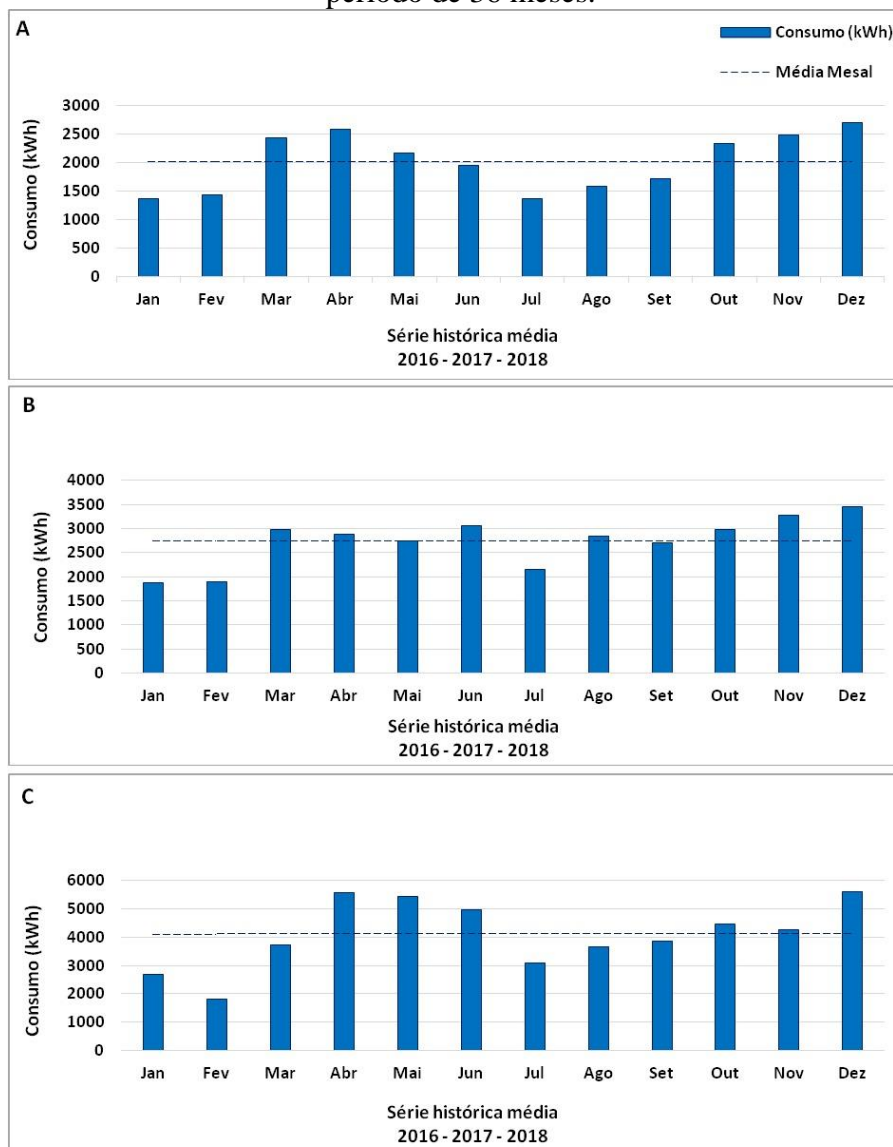
Observa-se nos gráficos que as unidades escolares apresentam padrões mensais de consumo parecidos, onde os meses de janeiro e fevereiro são os que apresentam as menores taxas de consumo de energia, muito em virtude do recesso escolar, e com elevação nos meses de março, abril e maio.

Dois fatores influenciam no recuo de consumo dos meses de junho e julho: o recesso junino e a baixa nas temperaturas, o que diminui o uso de ventiladores e condicionadores de ar. Percebe-se ainda que, a partir agosto o consumo de energia volta a subir em função da aproximação de estações de temperaturas mais elevadas, a primavera e o verão.

O consumo médio anual de energia elétrica do CEASP é de 24.066,50 kWh, tendo uma média mensal de 2.005,54 kWh. Os valores pagos por ano somaram um montante de R\$ 13.913,24, com média mensal de R\$ 1.159,44. Já o CEPAO consome 32.832,33 kWh anualmente, mantendo uma média mensal de consumo de 2.736,03 kWh. Os valores médios pagos por ano e por mês foram de R\$ 19.100,49 e R\$ 1.591,71, respectivamente. O IMEEL, por sua vez, dadas suas características de uso de energia elétrica, consome anualmente 49.148,00 kWh, com uma média mensal de 4.095,67 kWh. Os valores médios gastos para manutenção desse padrão de consumo foram de R\$ 24.376,05 por ano e R\$ 2.031,34 por mês.



**Figura 2:** Consumo anual médio de energia elétrica das unidades escolares analisadas num período de 36 meses.



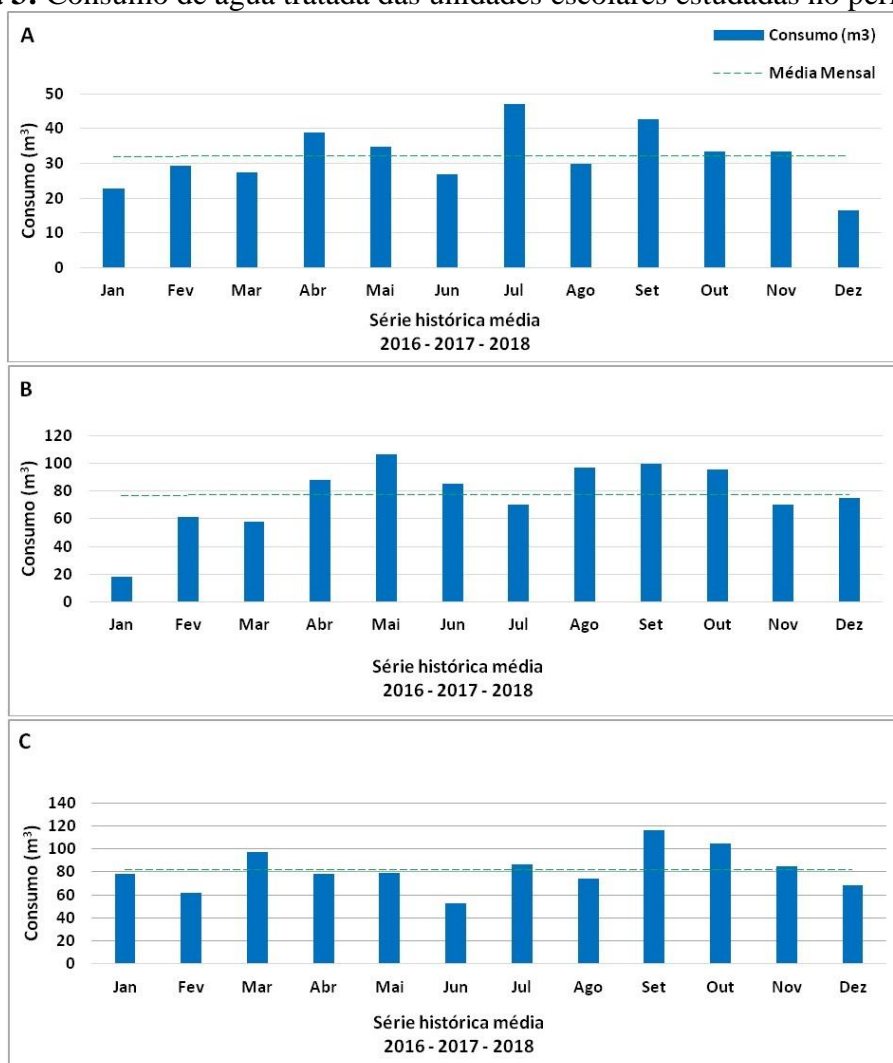
(A) Colégio Estadual Antônio Sá Pereira, (B) Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira, (C) Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já o levantamento para estimar o consumo de água portátil em cada escola foi feito mediante solicitação de dados junto à Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), uma vez que a referida empresa não disponibiliza os históricos de consumo em sua base de dados no próprio sítio. Levou-se em consideração os últimos 36 meses de consumo água de cada unidade escolar, para a partir dessas informações identificar o consumo médio anual e estimar um valor de economia com a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva (Figura 3). O consumo de água das três escolas está distribuído por elementos essenciais aos seus respectivos funcionamentos: descargas de bacias sanitárias, pias dos banheiros, torneiras para limpeza dos prédios, cozinha (produção de merenda escolar) e bebedouros.

Nota-se nos gráficos da Figura 3 que os padrões de consumo de água nas unidades escolares não são tão alinhados como acontece com o consumo de energia, respeitadas as devidas proporções. Percebe-se que o mês de maior consumo mensal no CEASP corresponde ao mês de julho, já o CEPAO, tem seu maior consumo no mês de maio, por sua vez, o IMEEL tem sua maior taxa de consumo no mês de setembro. As taxas mínimas são registradas nos meses de dezembro, janeiro e junho, respectivamente. Tanto o CEASP quanto o CEPAO apresentam seus respectivos consumos equilibrados ao longo do ano, 6 meses abaixo da média e 6 meses acima, o IMEEL apresenta um consumo de 7 meses abaixo da média, e 5 meses acima da média. Observa-se que, no geral, os meses abaixo da média nos colégios correspondem aos períodos de início de ano letivo, recessos juninos e ao final de ano letivo, já os meses acima da média estão relacionados com os períodos perenes das atividades escolares, somados às estações de temperaturas mais elevadas.

**Figura 3:** Consumo de água tratada das unidades escolares estudadas no período de 12 meses.



(A) Colégio Estadual Antônio Sá Pereira, (B) Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira, (C) Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

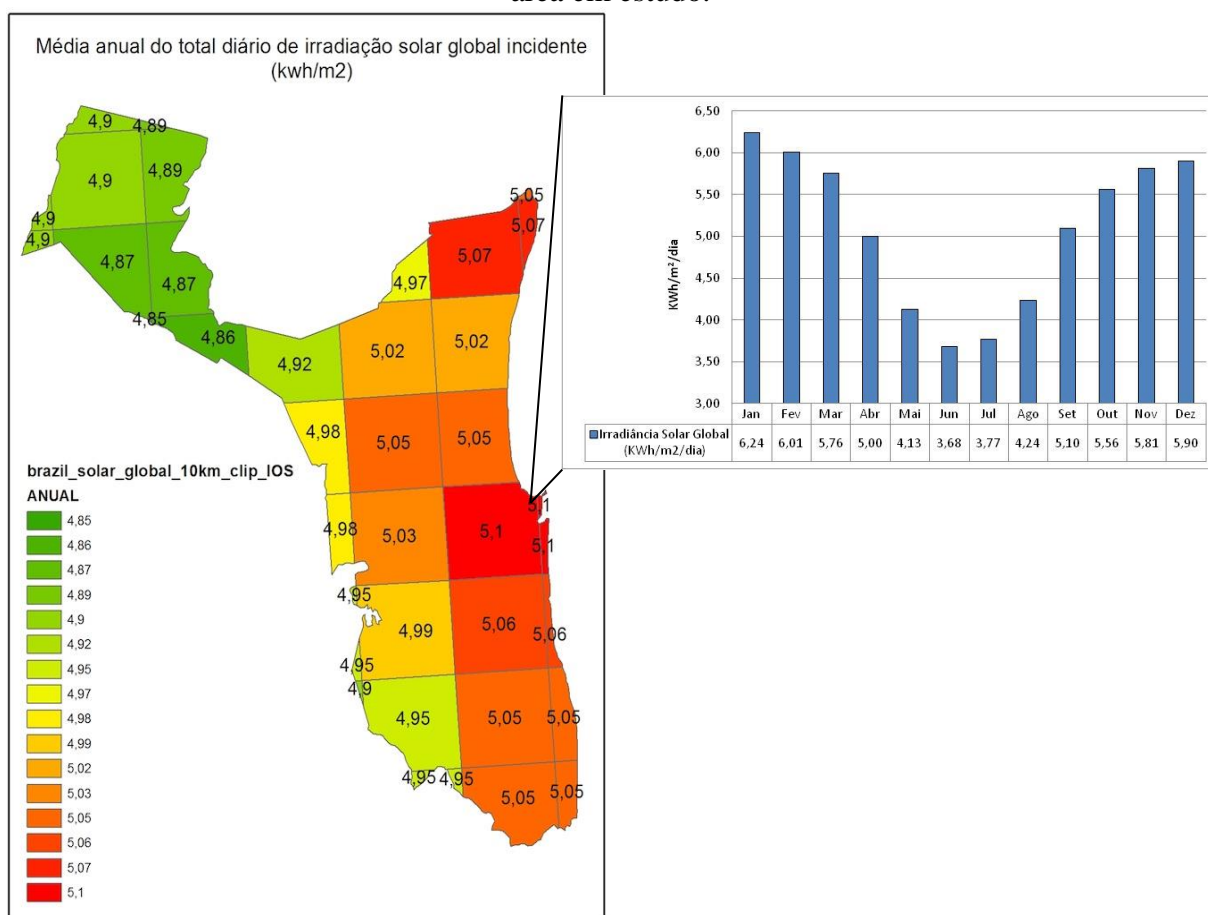
As médias anuais e mensais dos valores pagos sobre o consumo de água no CEASP são de R\$ 10.040,26 e R\$ 836,69. No CEPAO, os valores corresponderam a R\$ 29.018,93 anual, e apresentou média mensal de R\$ 2.418,24. Já o IMEEL, unidade escolar com maior

consumo de energia elétrica e de água, apresentou um montante anual médio de R\$ 29.727,96 e média mensal de R\$ 2.477,33.

#### 4.2 Reconhecimento da irradiação solar global e da pluviometria na área em estudo

As informações relativas à irradiação solar global foram extraídas do Atlas Solarimétrico do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2017). Conforme sintetizado na Figura 4, os valores máximos da irradiação correspondem aos períodos mais quentes do ano, começando com seu maior valor no mês de janeiro (verão) e diminuindo a partir do mês de abril (outono), onde os valores se apresentam abaixo da média de 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Os valores mínimos são identificados nos meses de junho e julho (inverno), voltando a subir no mês de setembro (primavera), onde já se encontra na média anual.

**Figura 4:** Comportamento de valores de Irradiação solar Global no município de Ilhéus. Notar o valor de Irradiação médio diário anual de 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia e sua variação mensal na área em estudo.



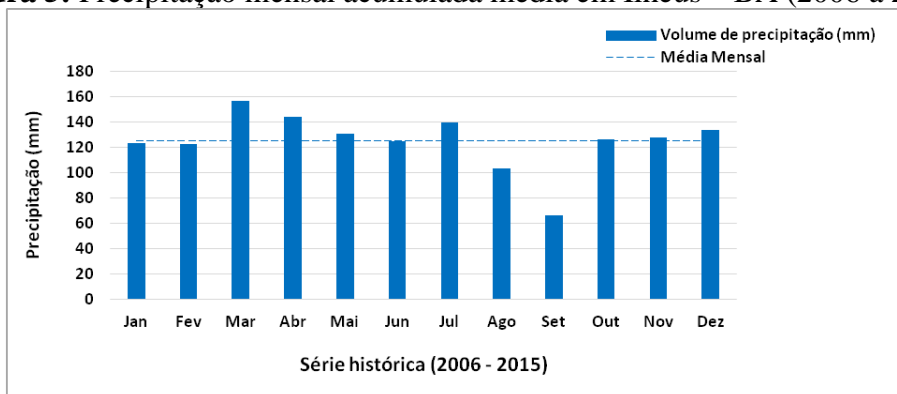
Fonte: Adaptado de Atlas Solarimétrico do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2017).

A partir da análise dos dados do Atlas Solarimétrico do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2017), foi possível identificar o potencial de irradiação que incide sobre as coberturas das unidades escolares envolvidas nesta pesquisa, que estão assentadas em áreas de irradiação global média anual que variam entre 3,68 kWh/m<sup>2</sup>/dia no mês de junho a um máximo de 6,24 kWh/m<sup>2</sup>/dia associada ao mês janeiro, com média de 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Isso significa que cada metro quadrado do telhado de uma unidade escolar recebe durante um dia, em condições normais, em média, 5,1 kWh de energia. Desse valor médio diário, os painéis solares

capturam, em virtude de sua eficiência energética, apenas 16% deste valor. Alia-se a isso que os aparelhos inversores utilizados para fazer a gestão da energia gerada possuem eficiência energética de 97% sobre a irradiância capturada pelo Paine Solar, assim, a energia solar final captada pelo sistema é de 0,79 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

Por sua vez, os dados referentes à precipitação pluviométrica média mensal e anual do município de Ilhéus foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INPE, 2016), conforme dispostos no gráfico da Figura 5 que apresenta a análise da série histórica de 10 anos, do período 2006 a 2015. De acordo com a Figura 5, o mês de março é o mês de maior precipitação pluviométrica com média de 156,23 mm. Por outro lado, o mês de setembro é o que apresenta a média com menor índice de precipitação de 65,77 mm. A média anual para essa série histórica corresponde a uma precipitação pluviométrica de 1.494,50 mm, já a média mensal é de 124,54 mm. Conforme exposto na metodologia, estes dados servirão de base para determinação da capacidade do sistema de aproveitamento de água de chuva em cada unidade escolar que faz parte desta pesquisa.

**Figura 5:** Precipitação mensal acumulada média em Ilhéus – BA (2006 a 2015).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INPE,2016). Elaborado pelos autores.

### 4.3 Dimensionamento e custos de implantação do sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica e aproveitamento de água de chuva nas unidades estudadas.

Para o dimensionamento do sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica em cada unidade escolar, em princípio calculou-se a demanda diária de consumo de energia elétrica de cada uma delas (Quadro 3). O CEASP, por exemplo, consome em média 65,89 kWh/dia, enquanto o CEPAA 89,87 kWh/dia e o IMEEL 134,31 kWh/dia.

Partindo-se da premissa de que o sistema de microgeração deverá atender a demanda total de energia elétrica da unidade escolar, este deve ser dimensionado no sentido de atender a esta média de consumo diário. Para tanto, torna-se necessário o entendimento do potencial de geração de energia elétrica em virtude da irradiação solar global coletada por painéis solares.

Conforme exposto no item 4.2, a irradiação solar global que incide na área em estudo possui valor médio anual de 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Porém nem toda esta energia poderá ser aproveitada em virtude da eficiência energética dos painéis solares e do inversor. Por exemplo, neste trabalho adotaremos a eficiência energética dos painéis solares e do inversor como de 16% e 97%, respectivamente. Ou seja, dos 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia incidentes poderá ser captado e gerado apenas 0,79 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Ressalta-se ainda, que o valor incidente de radiação solar global depende da inclinação dos painéis. Para inclinação típica de 15° voltados para o norte, este valor de 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/dia pode chegar a 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/dia o que, segundo

(GOMES *et al.*, 2019), representa um aumento de aproximadamente 12%. Neste contexto considera-se neste trabalho o posicionamento horizontal das placas nos telhados das unidades escolares.

Dessa forma, conhecendo-se o potencial de geração de energia elétrica solar por metro quadrado de painel e a demanda da unidade consumidora poderemos dimensionar a potência do sistema.

O CEASP, que demanda em média 65,89 kWh/dia de energia elétrica, necessita de 83,24m<sup>2</sup> de painéis solares, visto que cada m<sup>2</sup> de painel produz em média 0,79 kWh/dia. Por sua vez, painéis solares disponíveis no mercado, a exemplo dos de 260W de potência, possuem 1,46m<sup>2</sup> de área cada. Sendo assim, para o CEASP serão necessárias 57 unidades de painéis solares de 260W, o que denota uma unidade de potência de microgeração de 14,82kW. Esse modelo de dimensionamento foi desenvolvido para as demais escolas envolvidas nesta pesquisa, o que determinou os sistemas de 20,22kW e 30,22kW para as escolas CEPAO e IMEEL, respectivamente (Quadro 3).

**Quadro 3:** Cálculo do Sistema de Geração de Energia Elétrica Fotovoltaica.

Mês	CEASP Consumo (kWh/dia)	CEPAO Consumo (kWh/dia)	IMEEL Consumo (kWh/dia)	ISG (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	GES (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	CEASP Área de painel (m <sup>2</sup> )	CEPAO Área de painel (m <sup>2</sup> )	IMEEL Área de painel (m <sup>2</sup> )	CEASP n. de painéis (a = 1,46m <sup>2</sup> )	CEPAO n. de painéis (a = 1,46m <sup>2</sup> )	IMEEL n. de painéis (a = 1,46m <sup>2</sup> )	CEASP Potência (KW)	CEPAO Potência (KW)	IMEEL Potência (KW)
Jan	44,15	60,31	86,20	6,24	0,97	45,59	62,28	89,01	31,23	42,66	60,97	8,12	11,09	15,85
Fev	50,75	67,71	64,06	6,01	0,93	54,41	72,60	68,68	37,27	49,72	47,04	9,69	12,93	12,23
Mar	78,25	95,83	120,13	5,76	0,89	87,53	107,20	134,38	59,95	73,42	92,04	15,59	19,09	23,93
Abr	86,04	96,04	185,31	5,00	0,78	110,88	123,77	238,80	75,95	84,77	163,56	19,75	22,04	42,53
Mai	69,88	88,58	175,25	4,13	0,64	109,02	138,20	273,41	74,67	94,66	187,27	19,42	24,61	48,69
Jun	65,06	101,98	166,17	3,68	0,57	113,91	178,55	290,94	78,02	122,30	199,27	20,28	31,80	51,81
Jul	43,96	69,42	99,61	3,77	0,59	75,13	118,64	170,25	51,46	81,26	116,61	13,38	21,13	30,32
Ago	50,76	91,85	118,43	4,24	0,66	77,14	139,58	179,97	52,84	95,60	123,27	13,74	24,86	32,05
Set	57,08	90,36	129,16	5,10	0,79	72,11	114,15	163,17	49,39	78,19	111,76	12,84	20,33	29,06
Out	75,15	96,08	144,42	5,56	0,86	87,09	111,34	167,36	59,65	76,26	114,63	15,51	19,83	29,80
Nov	82,87	109,07	142,15	5,81	0,90	91,90	120,96	157,64	62,94	82,85	107,98	16,37	21,54	28,07
Dez	86,69	111,26	180,82	5,90	0,92	94,68	121,50	197,47	64,85	83,22	135,26	16,86	21,64	35,17
Média	<b>65,89</b>	<b>89,87</b>	<b>134,31</b>	<b>5,10</b>	<b>0,79</b>	<b>83,24</b>	<b>113,55</b>	<b>169,68</b>	<b>57,01</b>	<b>77,77</b>	<b>116,22</b>	<b>14,82</b>	<b>20,22</b>	<b>30,22</b>

Onde: CEASP - Colégio Estadual Antônio Sá Pereira, CEPAO - Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira, IMEEL - Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne, ISG - Irradiação Solar Global (kWh/m<sup>2</sup>/dia), GES - Potencial de captação de energia solar (kWh/m<sup>2</sup>/dia).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após dimensionar cada Sistema, os projetos foram encaminhados para empresas especializadas, com a finalidade de estimar os custos de implantação de cada sistema fotovoltaico. Após análise das estimativas de custos recebidas de empresas, optou-se pelas propostas de menores valores para os respectivos projetos de sistema de energia fotovoltaica.

De posse das propostas comerciais recebidas das empresas envolvidas nessa pesquisa, foram selecionadas as estimativas mais economicamente viáveis, conforme estão apresentadas no Quadro 4.

**Quadro 4:** Estimativa de custo do Sistema de Geração de Energia Elétrica Fotovoltaica.

Componentes	Unidade Escolar / potência do sistema em kW		
	CEASP / 14,82	CEPAO / 20,22	IMEEL / 30,22
Painéis solares (R\$)	45.594,44	66.613,04	89.583,88
Inversores (R\$)	19560,43	23.510,49	37.101,76
Estrutura metálica para montagem (R\$)	4.424,38	6.338,61	6.745,77
Materiais Elétricos e Insumos de Instalação (R\$)	1.280,74	1.797,86	2.248,59
<b>Total (R\$)</b>	<b>70.859,99</b>	<b>98.260,00</b>	<b>135.680,00</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Sem a intenção de desenvolver estudos de cunho econômico sobre o retorno do investimento, podem-se estimar brevemente valores que indicam tempo de amortização. Desta forma, foram elaboradas duas equações para determinar o tempo de amortização em anos, conforme demonstradas abaixo:

$$Ta = \frac{Mi}{12 \cdot Er} \quad (1)$$

$$Er = (Em - Tx) \quad (2)$$

Em que,  
*Ta* = Tempo de amortização;  
*Mi* = Montante do investimento;  
*Er* = Economia Real;  
*Em* = Economia mensal;  
*Tx* = Taxa mínima da Coelba para instalações trifásicas.

Considerando a obrigação do pagamento de taxa mínima de consumo, que atualmente representa o custo de 100kWh de consumo para sistemas trifásicos, é de aproximadamente R\$ 70,00 (valores de março de 2019), o sistema de geração de energia fotovoltaica garantiria uma economia de 94% nas tarifas mensais. Utilizando esses mesmos critérios de cálculos, o tempo de amortização do sistema fotovoltaico do CEPAL ficou estimado em 5,4 anos, já o IMEEL estimou-se o tempo de 5,8 anos para amortização de seu sistema.

Por sua vez, o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva foi elaborado mediante investigação das seguintes variáveis: perfil de consumo de água potável de cada unidade escolar, índice pluviométrico na área em estudo, dimensionamento dos telhados como área de coleta de água de chuva (ver norma ABNT NBR15527, 2007) e dimensionamento de reservatório de armazenamento.

O perfil de consumo das unidades escolares e o índice pluviométrico estão descritos no item anterior. Já a dimensão dos telhados de captação foi obtida a partir da observação de imagens do *Google Earth*, conforme apresentadas no mosaico da Figura 6. Por este método, as unidades escolares CEASP, IMEEL e o CEPAL possuem área de cobertura de 1310m<sup>2</sup>, 624m<sup>2</sup> e 600m<sup>2</sup>, respectivamente.

**Figura 6:** Dimensionamento dos telhados das unidades escolares.



(A – Colégio Estadual Antônio Sá Pereira, B - Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira, C) Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne).

**Fonte:** Imagem de satélite Google Earth - Elaborado pelos autores.

Para o dimensionamento do sistema de aproveitamento das águas pluviais, foi estimado um total de 40 % de economia de água potável para cada escola, levando em consideração o aproveitamento das águas pluviais para o uso em bacias sanitárias, pois para

Martine (2009), o maior consumo de água recai sobre as descargas dos vasos sanitários, que chegam a utilizar 40% do consumo total de um estabelecimento, podendo chegar a uma variação de 45% a 55% se levar consideração outros usos como limpeza predial, dentre outros usos secundários. Nesse sentido, ressalta-se atenção para a área de coleta do Colégio Estadual Antônio Sá Pereira (CEASP) que apresenta uma dimensão total de 1.310m<sup>2</sup>, no entanto, para atender a demanda de 40% de economia de água potável consumida nesta escola, foi utilizado apenas 470 m<sup>2</sup> da área do telhado, o suficiente para gerar um recuo de 40% em sua conta mensal, destaca-se ainda que, o consumo nessa unidade escolar se apresentou como a menor dentre as três escolas estudadas nesta pesquisa. O Quadro 5 expressa os valores de potencial de captação de água de chuva em cada uma das unidades escolares estudadas.

**Quadro 5:** Consumo médio estimado e volume precipitado na cobertura das unidades escolares.

Mês	Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )			Consumo médio estimado para uso da água de chuva (m <sup>3</sup> )			Precipitação (L)/m <sup>2</sup> /mês	Precipitação na cobertura (m <sup>3</sup> )/mês		
	CEASP	CEPAO	IMEEL	CEASP	CEPAO	IMEEL		CEASP	CEPAO	IMEEL
Janeiro	23,00	18,00	78,00	9,20	7,20	31,20	123,13	57,87	73,88	76,83
Fevereiro	29,00	62,00	62,00	11,60	24,80	24,80	122,44	57,55	73,46	76,40
Março	27,00	58,00	97,00	10,80	23,20	38,80	156,23	73,43	93,74	97,49
Abril	39,00	88,00	79,00	15,60	35,20	31,60	143,6	67,49	86,16	89,61
Mai	35,00	107,00	79,00	14,00	42,80	31,60	130,15	61,17	78,09	81,21
Junho	27,00	86,00	52,00	10,80	34,40	20,80	124,37	58,45	74,62	77,61
Julho	47,00	70,00	86,00	18,80	28,00	34,40	139,23	65,44	83,54	86,88
Agosto	30,00	97,00	74,00	12,00	38,80	29,60	102,95	48,39	61,77	64,24
Setembro	43,00	100,00	116,00	17,20	40,00	46,40	65,77	30,91	39,46	41,04
Outubro	34,00	96,00	105,00	13,60	38,40	42,00	125,67	59,06	75,40	78,42
Novembro	34,00	70,00	85,00	13,60	28,00	34,00	127,33	59,85	76,40	79,45
Dezembro	17,00	75,00	68,00	6,80	30,00	27,20	133,67	62,82	80,20	83,41
Total/Ano	385,00	927,00	981,00	154,00	370,80	392,40	1494,54	702,43	896,72	932,59
Média Mensal	32,08	77,25	81,75	12,83	30,90	32,70	124,545	58,54	74,73	77,72

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para o dimensionamento do reservatório do sistema de aproveitamento de água de chuva, utilizaremos o método de Azevedo Neto, conforme definido na norma ABNT NBR 15527 (2007). Este método dimensiona o volume de chuva captado pela cobertura a ser armazenado da seguinte forma (Quadro 6):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3)$$

Em que:

*V* = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (m<sup>3</sup>).

**0,042** = Coeficiente de Escoamento Superficial;

*P* = precipitação média anual (mm);

*A* = área de captação do telhado (m<sup>2</sup>);

*T* = número de meses de pouca chuva ou seca;

**Quadro 6:** Dimensionamento dos reservatórios para Água de Chuva.

Mês	Dimensionamento do reservatório método Azevedo Neto (m <sup>3</sup> )		
	CEASP	CEPAO	IMEEL
Janeiro	2,43	3,10	3,23
Fevereiro	2,42	3,09	3,21
Março	3,08	3,94	4,09
Abril	2,83	3,62	3,76
Mai	2,57	3,28	3,41
Junho	2,46	3,13	3,26
Julho	2,75	3,51	3,65
Agosto	2,03	2,59	2,70
Setembro	1,30	1,66	1,72
Outubro	2,48	3,17	3,29
Novembro	2,51	3,21	3,34
Dezembro	2,64	3,37	3,50
Total/Ano	29,50	37,66	39,17
Média Mensal	2,46	3,14	3,26

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O método Azevedo Neto definiu o volume de água a ser aproveitado para atender a demanda de 40% de economia. A planilha foi alimentada com os seguintes dados: Coeficiente de Escoamento Superficial, Precipitação Média Anual em (mm), com base no gráfico de precipitação pluviométrica, a Área de Coleta em (m<sup>2</sup>) e o Valor Numérico do mês de pouca chuva, neste caso, o mês de setembro. Os volumes dos reservatórios de cada escola foram definidos conforme os resultados expressos nas Quadro 7.

Pelo método de Azevedo Neto, as dimensões dos reservatórios foram determinadas com as seguintes medidas: Colégio Estadual Antônio Sá Pereira (29.501 L), Colégio Estadual Paulo Américo de Oliveira (37.661 L) e o Instituto Municipal de Ensino Eusínio Lavigne (39.168 L).

**Quadro 7:** Dimensionamento de reservatórios para água de chuva empregando o método Azevedo Neto

Variáveis	Unidade Escolar		
	CEASP	CEPAO	IMEEL
Coeficiente de escoamento - CES	0,042	0,042	0,042
Índice Pluviométrico -P (mm)	1494,5	1494,5	1494,5
Área do telhado - A (m <sup>2</sup> )	470	600	624
Tempo -T (mês)	1	1	1
Volume - V (L)	29.501,43	37.661,40	39.167,86

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Após analisar o potencial de captação de água e o volume dos reservatórios, para atender a meta de economia definida foram feitas cotações dos preços dos materiais em três estabelecimentos comerciais, e foi analisado também o custo médio do serviço mediante cotação de preço com três profissionais da construção civil, ficando o investimento de cada um dos projetos conforme a Quadro 8.



**Quadro 8:** Estimativa de custo de sistema de aproveitamento de água de chuva

Unidade Escolar	Consumo médio anual de água em (m <sup>3</sup> )	Despesa média anual (R\$)	Estimativa de economia (%)	Investimento (R\$)	Economia anual (R\$)	Tempo de retorno (meses)
CEASP	385	9.055,04	40	7.239,65	3.622,01	24
CEPAO	927	32.674,22	40	13.163,60	13.069,69	13
IMEEL	981	34.195,83	40	13.173,80	13.678,33	12

Fonte: Elaborado pelos autores.

Percebe-se que nas três unidades escolares estudadas, o sistema de aproveitamento de água de chuva, considerando os perfis de consumo de cada uma delas, mostrou-se economicamente viável, além de trazer benefícios para o meio ambiente.

## 5 Considerações Finais

Os resultados dessa pesquisa demonstraram que a utilização de sistemas de microgeração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos e de aproveitamento de água de chuva nas três unidades escolares que fizeram parte dessa pesquisa é viável econômica e ambientalmente, uma vez que sua implantação geraria uma economia mensal de aproximadamente 96% no consumo de energia elétrica convencional e 40% no consumo mensal de água potável, com tempo de amortização de no máximo 5,8 anos para o sistema de energia e 2 anos para o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Diferentemente do Sistema de microgeração de energia fotovoltaica, percebe-se que a produção científica sobre temas vinculados ao aproveitamento de água de chuva ainda é bastante tímida, bem como sua inserção no cenário internacional. Entretanto, diferentemente da incipiente produção científica sobre o tema, as práticas do reuso de água de chuva no Brasil, de certo modo, mostraram-se bem promissoras.

Observou-se que, além dos aspectos econômico e ambiental, o uso desses sistemas alternativos nas escolas constitui-se em objetos pedagógicos para o ensino aprendizagem, uma vez que a proximidade do aluno com o objeto de estudo facilita a interação teoria x prática, geraria conhecimento *in loco* beneficiando a comunidade escolar, trabalhando com propostas de temas transversais para se trabalhar os conteúdos ligados ao meio ambiente e sua preservação.

O potencial da economia gerado pelos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica e de aproveitamento de água de chuva mostrou-se totalmente tangível, merecendo atenção por parte dos gestores públicos, uma vez que suas utilizações contribuiriam para que as despesas públicas sejam mais bem equacionadas e os recursos públicos tenham uma aplicação mais rentável economicamente e menos impactante no meio ambiente. E desta forma, as economias geradas em função da utilização dos referidos sistemas alternativos tratados nesta pesquisa poderiam ser investidas nas próprias escolas com melhorias pontuais nas estruturas dos prédios, investimentos em material bibliográficos, dentre outras necessidades das unidades escolares.

Finalmente, ressaltamos que o Brasil, e o Nordeste em particular, tem enorme potencial para geração de energia a partir da instalação de painéis fotovoltaicos. Recentemente, mostramos (GOMES *et al.* 2019) que o município de Ilhéus tem potencial para ser autossuficiente em geração de energia elétrica, caso apenas uma pequena fração de suas coberturas (residências e/ou prédios comerciais) possuam painéis fotovoltaicos. O que o presente estudo mostra é que os custos envolvidos para transformar este potencial em

realidade são bastante razoáveis, o que sugere que políticas públicas específicas precisam ser desenhadas de maneira a satisfazer esta demanda.

## Referências

ANA, Agência Nacional de Águas. **Programa de conservação e uso racional da água: Seleção de projetos para desenvolvimento de ações de conservação e uso racional da água em edificações públicas.** Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20120517\\_EDITAL%20CHAMADA%20PUBLICA%20-%20ANA%20N%C2%BA%20001-2012.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20120517_EDITAL%20CHAMADA%20PUBLICA%20-%20ANA%20N%C2%BA%20001-2012.pdf)>. Acesso em: 02 de out. de 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração distribuída.** Brasília, 2018. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Estadual.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp)>. Acesso em: 02 de out. de 2018.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa n. 482, de 17 de Abril de 2012.** Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 11 de nov. de 2017.

ASSIS, Mônica Valéria Gondim. **Impacto do despejo de esgotos domésticos e percepção ambiental. Estudo de caso: estuário do Rio Cachoeira, Ilhéus-Ba.** Ilhéus, 2001. 80 f. Monografia (Especialização) - Universidade Estadual de Santa Cruz.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>>. Acesso em: 21 de set. de 2018.

BRASIL. LEI Nº 13.501, DE 30 DE OUTUBRO DE 2017: Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. **Presidência da República, Brasília, 1997.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm)>. Acesso em: 16 de Julho. de 2019.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997: **Política Nacional de Recursos Hídricos.** Presidência da República, Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 05 de out. de 2018.

BRASIL. PROJETO DE LEI Nº 10.370, DE 06 DE JUNHO DE 2018: **Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica-PRONASOLAR e dá outras providências.** Câmara dos Deputados, Brasília, 2018. Disponível em: <[http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=9819EE3FCE5DD36AEE2D81A03C6F4BAC.proposicoesWebExterno2?codteor=1666385&filename=PL+10370/2018](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=9819EE3FCE5DD36AEE2D81A03C6F4BAC.proposicoesWebExterno2?codteor=1666385&filename=PL+10370/2018)>. Acesso em: 05 de out. de 2018.

CRUZ, Daniel Tavares. **Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: Propostas para desenvolvimento do setor.** São Paulo, 2015. 155 p. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04082015-153708/pt-br.php>>. Acesso em: 20 de out. de 2017.

ILHÉUS. LEI Nº 3.910, DE 05 DE MARÇO DE 2018: **Implantação de sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva.** Ilhéus, Bahia, 2018. Disponível em: <[http://www.ilheus.ba.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/Lei\\_Ordinaria\\_3910\\_2018?cdLocal=5&arquivo={BCCD438A-AEE0-C6BD-40CC-A7E0C20CBE7C}.pdf](http://www.ilheus.ba.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Lei_Ordinaria_3910_2018?cdLocal=5&arquivo={BCCD438A-AEE0-C6BD-40CC-A7E0C20CBE7C}.pdf)>. Acesso em: 05 de out. de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Dados históricos. 2016. Disponível em: <<http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/historico/index.php>>. Acesso em: 09 de nov. 2018.

MAIA, Adelena Gonçalves; SANTOS, Alison Luiz dos; OLIVEIRA FILHO, Paulo Costa de. **Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná.** Revista Ambiência, Paraná, 2011. v.7 n.1 p. 51 – 63. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1031>>. Acesso em: 13 de set. de 2018.

MARTINI, Felipe. **Potencial de Economia de Água Potável por Meio do Uso de Água de Chuva em São Miguel do Oeste – SC.** Florianópolis, 2009. 96 p. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\\_Felipe\\_Martini.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Felipe_Martini.pdf)>. Acesso em: 05 de out. de 2018.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar.** 2.ed. São José dos Campos, São Paulo, INPE, 2017. Disponível em: <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf)>. Acesso em: 12 de set. de 2018.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** Dissertação (Mestrado em Térmica e Fluidos) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/pt-br.php>>. Acesso em: 12 de nov. de 2017.