



**EXÉRCITO BRASILEIRO**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO**  
**Curso de Gestão e Assessoramento de Estado-Maior - CGAEM**



Ten Cel Inf Celso Ferreira do Nascimento

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR  
TÉRMICA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO**

**Salvador**  
**2020**

Ten Cel Inf Celso Ferreira do Nascimento

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR  
TÉRMICA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização de Gestão em Administração Pública.

**Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Franklin Frogeri**

**Salvador  
2020**

Ten Cel Inf CELSO FERREIRA DO NASCIMENTO

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR  
TÉRMICA EM UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização de Gestão em Administração Pública.

Aprovado em

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

---

Prof. Dr. Rodrigo Franklin Frogeri - Presidente  
UNIS

---

Profa. Ma. Lívia da Silva Ciacci – Membro 1  
UNIS

---

Prof. Me. Antônio de Biaso Junior – Membro 2  
UNIS

## **Implantação de sistema de aquecimento de água por energia solar térmica em uma Organização Militar do Exército**

### **Implementation of solar thermal water heating system in an Army Military Organization**

Celso Ferreira do Nascimento<sup>1</sup>  
Rodrigo Franklin Frogeri<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

Este trabalho analisa a viabilidade da implantação de um sistema de captação da energia solar para aquecimento de água em quartéis do Exército. Tal abordagem se justifica pela alta demanda de água quente utilizada nos banhos dos militares após a execução da atividade física diária. Este propósito será conseguido a partir da revisão bibliográfica e um estudo de caso de implantação de um sistema de aproveitamento de energia de uma fonte renovável. O método utilizado consiste na determinação da demanda energética do local, no cálculo da área do coletor, no consumo de energia atual e a cotação de um sistema de aquecimento de água solar. Os cálculos dos parâmetros financeiros demonstram que o tempo do retorno de investimento será de, aproximadamente, 6 anos e 9 meses. O valor presente líquido e a taxa interna de retorno indicaram a viabilidade de implantação do sistema, considerando uma vida útil do mesmo de 20 anos. Frente a estes resultados, conclui-se que é viável a implantação do sistema, já que se trata de uma instituição permanente.

**Palavras-chave:** Energia solar. Aquecimento de água. Fontes renováveis de energia. Viabilidade

#### **ABSTRACT**

This paper analyzes the feasibility of deploying a solar energy capture system to heat water in army barracks. This approach is justified by the high demand for hot water used in the military baths after the daily physical activity. This purpose will be achieved from the literature review and a case study of the implementation of a renewable energy system. The method used consists of determining the energy demand of the site, calculating the collector area, the current energy consumption and the quotation of a solar water heating system. Calculations of the financial parameters show that the time to return on investment will be, approximately, 6 years and 9 months. The net present value and the internal rate of return indicated the feasibility of the system implementation, considering its useful life of 20 years. Given these results, it is concluded that the system implementation is feasible, since it is a permanent institution.

**Key-Words:** Solar energy. Water heating. Renewable sources of energy. Viability

### **1. INTRODUÇÃO**

<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

Bacharel em Ciências Bélicas, formado na Academia Militar das Agulhas Negras. E-mail: ferreira.celso@eb.mil.br.

<sup>2</sup> Doutorando em Sistema de Informação e Gestão do Conhecimento. Professor no Centro Universitário do Sul de Minas – UNISMG. E-mail: rodrigo.frogeri@professor.unis.edu.br.

Historicamente, a relação do homem com a natureza é marcada por degradações provocadas tanto pela utilização desenfreada e despreocupada dos recursos naturais, quanto por práticas criminosas de poluição, (BRANDALISE et al., 2017). Segundo Mazzuoli e Teixeira (2013) é direito da humanidade ter a garantia de um ambiente sadio. Neste sentido, o homem é desafiado a promover o desenvolvimento econômico e, ainda assim, assegurar a preservação do meio ambiente (AYE; EDOJA, 2017).

Considerando que o setor energético é responsável por 68% das emissões globais de gases de efeito estufa (*International Energy Agency* [IEA], 2017) e a matriz energética global é altamente dependente dos combustíveis fósseis; buscar uma alternativa de energia sustentável não se torna apenas uma opção, mas é, antes disso uma responsabilidade ética (LARDAZIBAL et al., 2014).

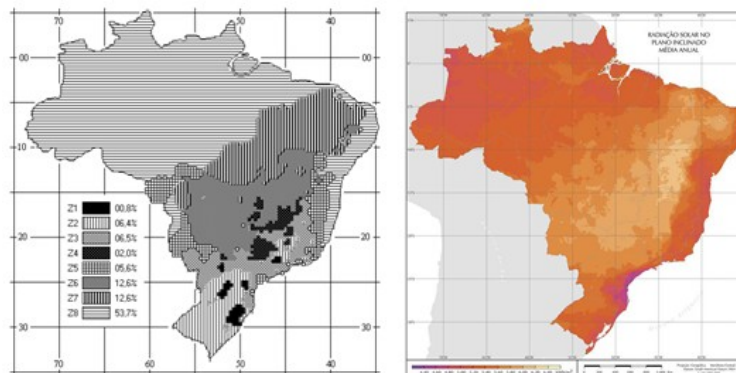
O Brasil é destaque internacional na geração de energia renovável e ocupa, atualmente, a 3ª posição no *ranking*, com evidência para a energia hidroelétrica que representa 9% da geração mundial (*International Energy Agency* [IEA], 2017). No entanto, a produção brasileira atual de energia é insuficiente para atender a demanda projetada para os próximos anos. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), as projeções de demanda de energia para o período de 2013 a 2050 tendem a aumentar pouco mais de duas vezes (EPE, 2016).

Dentre as opções de utilização de recursos renováveis para a geração de energia elétrica, a energia solar fotovoltaica apresenta um grande potencial no Brasil. Os piores indicadores de irradiação solar de algumas regiões do país superam, inclusive, o local mais ensolarado da Alemanha (Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017).

A energia Eólica é a transformação da energia cinética dos ventos em energia útil, tal como na utilização de aerogeradores para produzir eletricidade, moinhos de vento para produzir energia mecânica ou velas para impulsionar veleiros. É uma energia que está permanentemente disponível, é renovável e limpa, não produz gases de efeito de estufa durante a produção, requer menos terreno e o impacto ambiental é geralmente menos problemático do que de outras fontes de energia como a hidrelétrica (FTHENAKIS; KIM, 2009).

Para determinação do melhor aproveitamento dessas fontes de energias renováveis, é importante que se conheça as características climáticas do local onde o sistema será instalado. O Brasil possui 8 (oito) Zonas Bioclimáticas, e grande quantia de energia disponível a partir da irradiação do sol durante boa parte de um ano, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Zonas Bioclimáticas e incidência da radiação solar no Brasil.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006, p. 89).

As regiões de maior potencial se localizam no interior do estado da Bahia, e os menores potenciais na região costeira dos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

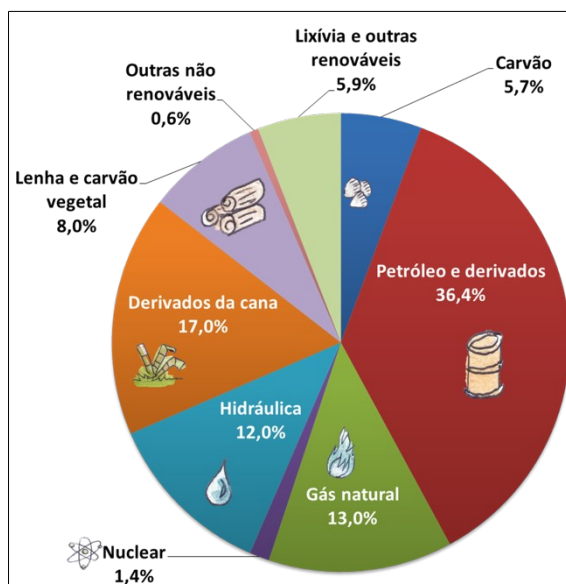
Dentro desse contexto, o objetivo do estudo foi teorizar um modelo de análise de viabilidade para implantação de fontes alternativas de energia no Exército Brasileiro. Realizou-se um estudo de caso no Comando da 9ª Região Militar, em Campo Grande – MS em que foi analisado o consumo de energia elétrica para aquecimento de água de um quartel do Exército e a determinação dos custos de implantação de um sistema de aquecimento solar de água solar. O estudo se caracterizou como uma abordagem qualitativa, sob uma epistemologia interpretativista e lógica indutiva.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

Segundo dados da EPE (2018), no ano de 2017 verificou-se um avanço de 0,7% na produção de energia elétrica em relação à 2016. Devido às condições hidrológicas desfavoráveis, houve redução de 3,4% de energia hidráulica, mas, a participação de fontes renováveis na matriz elétrica atingiu 80,4%, fato explicado pelo avanço da geração eólica. Ou seja, a nossa matriz energética é extremamente vulnerável à variação do clima, assim uma eventual variação climática como secas plurianuais pode afetar a capacidade das usinas geradoras no atendimento a demanda de energia elétrica, (SCHAEFFER; COHEN, 2007).

Figura 2 – Participação das fontes renováveis na Matriz energética Brasileira.



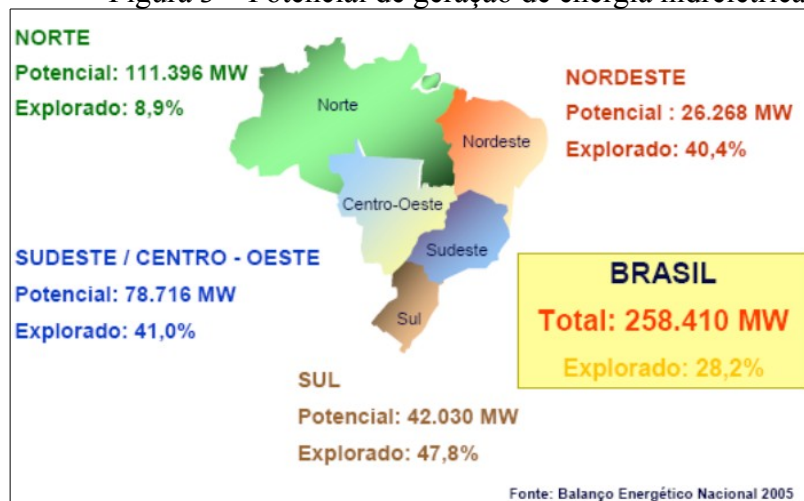
Fonte: EPE. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-eletrica>>. Acesso em: 9 nov. 2019.

No entanto, o Brasil ainda possui o maior percentual de participação de fontes renováveis em sua matriz energética (42,9%), enquanto a média mundial é de 14% (EPE, 2018). Essa distribuição se dá pelos seguintes: Renováveis - biomassa de cana (17%), hidráulica (12%), lenha e carvão vegetal (8%), lixívia e outras fontes renováveis (6%) - Não renováveis – petróleo e derivados (36,4%), gás natural (13%), carvão mineral (5,7%), urânio (1,4%), outras não renováveis (0,6%). A divisão de lixívia e outras renováveis está descrita na Figura 2.

## 2.2 AS REGIÕES DO BRASIL E APLICAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

O setor elétrico possui predominância na produção de energia a partir de usinas hidráulicas (NOS, 2009). Apenas 25% do potencial Brasileiro foi explorado, no entanto, o maior potencial remanescente está concentrado principalmente na região amazônica, o que certamente deve aumentar o risco ambiental para possíveis empreendimentos que sejam instalados lá. A figura 3 compara o potencial hidrelétrico nacional com o que já foi explorado.

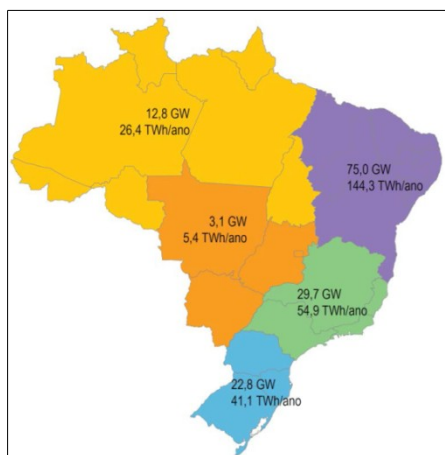
Figura 3 – Potencial de geração de energia hidrelétrica.



Fonte: Ben (2005, p. 23)

Atualmente no Brasil, as usinas eólicas de maior capacidade de geração estão localizadas nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país. Em conjunto, no entanto, a capacidade instalada soma menos de 1.000 MW até o momento, com um potencial muito grande a ser explorado, graças às dimensões continentais que o país possui e a sua localização geográfica no globo, com algumas áreas muito favorecidas pelos ventos (URBANETZ, 2010). Na Figura 4 é apresentado o potencial eólico por região no Brasil.

Figura 4 – Potencial de geração de energia eólica.



Fonte: EPE (2007, p. 85).

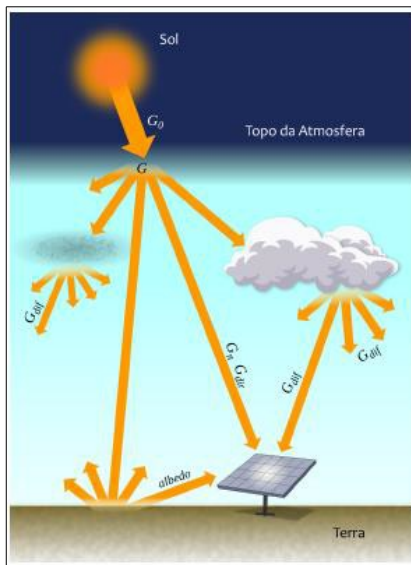
A disponibilidade de radiação solar e energia total incidente dependem das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, etc.) da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano) (SME-RS, 2017).

A irradiância solar direta é aquela que possui a direção de incidência entre a superfície e o sol, já a irradiância solar difusa abrange todas as direções dos raios solares provenientes do processo de espelhamento, quando um raio solar passa pelos gases e partículas presentes na atmosfera. (PEREIRA, et al. 2017). Esse processo pode ser analisado de acordo com a Figura 6,



onde se afere os componentes da irradiância solar com mais detalhes, assim que atinge a atmosfera.

Figura 5 – Componentes da irradiância solar.



Fonte: Pereira, et al. (2017, p. 28).

O aproveitamento da energia da radiação solar pode ser otimizado pela orientação dos painéis solares, o que é, inclusive, mais significativo quanto maior for a latitude do local (TOMALSQUIM, 2016).

O Brasil é um dos mercados emergentes na área de energia solar fotovoltaica com um dos maiores potenciais do mundo. Os valores de irradiação solar incidente em qualquer região do território brasileiro são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha, França e Espanha (SWERA, 2006).

### 2.3 ESTUDOS DO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL

Ruiz (2016) analisou os aspectos técnicos, econômicos e ambientais da implementação de Sistemas Híbridos de Geração de Energia Elétrica (SHGEE) em edifícios, utilizando a energia eólica e fotovoltaica. O estudo analisou seis cenários com edifícios de baixa, média e alta renda, localizados nas cidades de Fortaleza, no estado do Ceará e Lagoa Santa no estado de Minas Gerais. No aspecto ambiental analisou-se o dióxido de carbono economizado e a eficiência ecológica de cada cenário com a implementação dos SHGEE, concluindo que a poluição gerada apresentou menor impacto ambiental se comparado com outras fontes de energia. No aspecto técnico os sistemas apresentaram capacidade de atender a demanda dos edifícios. Quanto ao aspecto econômico, este apresentou viabilidade mesmo considerando os altos investimentos para cada apartamento, e o valor investido pode ser recuperado em até 6 anos sem subsídio governamental.

Quanto ao aproveitamento da energia solar, existem diversos trabalhos que tem como principal enfoque a redução do custo da implantação dos sistemas fotovoltaicos ou de aquecimento da água. Figueiredo (2018), por exemplo, desenvolveu um aquecedor de água

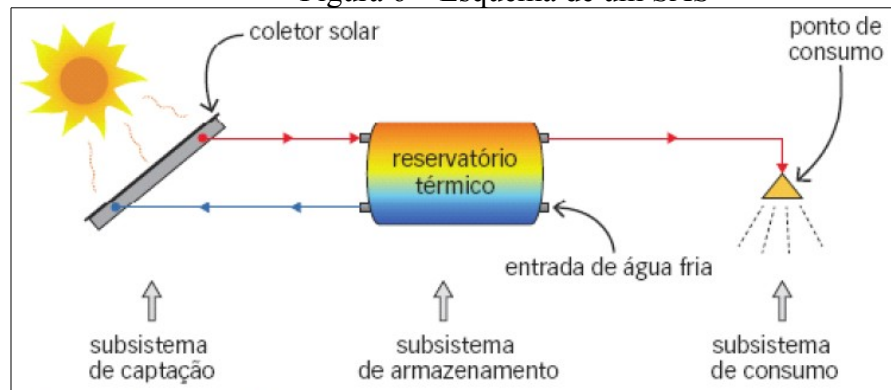
utilizando energia solar com materiais reciclados e de baixo custo para implantação em residências que não tem acesso à energia elétrica

O sistema de aquecimento solar (SAS) é dividido em três partes principais, subsistema de captação, sistema de armazenamento e sistema de consumo. O sistema de captação é composto pelos coletores solares, este é posicionado na parte externa da edificação no local que permita a melhor possibilidade de aproveitamento dos raios solares. O reservatório térmico é abastecido com água fria proveniente da rede de água, e assim este deve estar abaixo deste reservatório. O sistema de aquecimento também pode ser direto, quando o fluido aquecido é o mesmo que será consumido (a própria água), ou pode ser indireto, quando se usa um circuito fechado para o fluido que circula nas placas, e um trocador de calor para transferir esse calor absorvido para a água a ser aquecida (UFSC/LABEEE, 2010).

coletor solar é um trocador de calor que transforma a energia solar radiante em calor, um dispositivo feito para absorver a maior quantidade de calor possível e transferir a maior parte da radiação para um determinado fluido. Os mesmos são vendidos em módulos que podem ser acoplados entre si, conforme a necessidade de energia de aquecimento. No mercado encontram-se disponíveis diversos tipos e modelos de sistemas de aquecimento solar, com características específicas para aplicação prediais (MESQUITA, 2011). Os coletores de tubo evacuado atualmente são o mais empregado para aquecimento de água residencial e comercial, podendo atingir a temperaturas de 100°C. Por atingir altas temperaturas, exige menos área de aplicação do que coletores planos, além de ter maior resistência a congelamentos e chuva de granizo (KOMECCO, 2016).

Os reservatórios térmicos servem para armazenamento e conservação da água quente produzida, permitindo sua disponibilização em função da real necessidade dos usuários. Os reservatórios possuem diversas configurações que devem ser analisadas e selecionadas em função das características do sistema de aquecimento e do local da instalação (CHEN, 2011).

Figura 6 – Esquema de um SAS



Fonte: Mesquita (2011, p. 41)

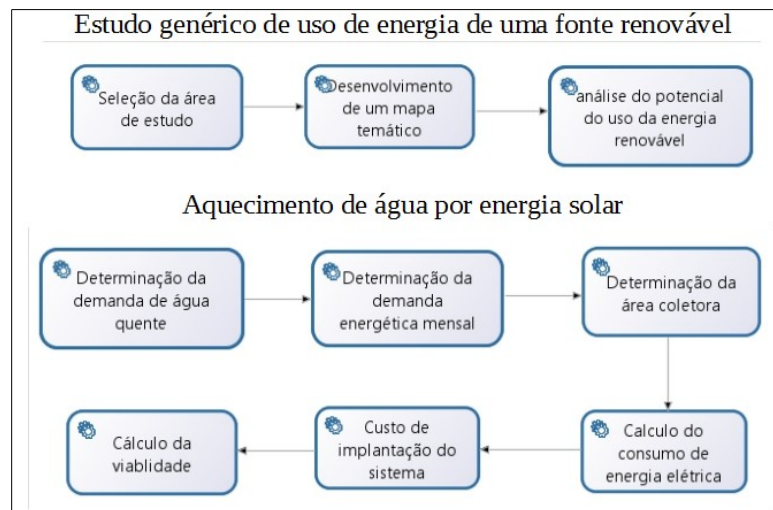
Em geral, o funcionamento de um SAS (Figura 6) ocorre da seguinte maneira: a água fria entra pela parte inferior do reservatório térmico, que alimenta o coletor solar, onde a água é aquecida. Na medida em que ocorre o aquecimento da água, por diferença de densidade, a água quente (mais leve) retorna para a parte superior do reservatório térmico. Da parte superior do reservatório sai a tubulação para abastecer os pontos de consumo (MESQUITA, 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada, de natureza descritiva e abordagem qualitativa. Adotou-se uma epistemologia interpretativista e lógica indutiva. O levantamento de dados foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Para alcançar o objetivo proposto, realizou-se um estudo de caso no Comando da 9ª Região Militar, em Campo Grande - MS. Para Thiollent (2009, p. 36) "a pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. A pesquisa aplicada está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções. Responde a uma demanda formulada por "clientes, atores sociais ou instituições".

A metodologia para aproveitamento de energia de fontes renováveis em área urbana consiste na análise da viabilidade econômica da implantação de determinado sistema, além de considerar a disponibilidade do recurso natural no local, realizando-se as seguintes etapas: (1) seleção da área de estudo; (2) desenvolvimento de um mapa temático baseado na análise qualitativa de variáveis da forma urbana como topografia, altura e largura das edificações, uso e ocupação do solo e presença de vegetação urbana; (3) análise do potencial da energia renovável urbana, realizado de acordo com as seguintes etapas: (3.1) levantamento de dados meteorológicos dos últimos 10 anos; (3.2) tratamento dos dados meteorológicos; (3.3) calibração dos parâmetros da energia para cada zona climática urbana desenvolvida na etapa anterior; (3.4) seleção dos equipamentos passíveis de serem instalados; (3.5) cálculo de diferentes fatores de capacidade de acordo com os equipamentos selecionados; (3.6) análise do potencial de uso de energia renovável no centro urbano; (4) Desenvolvimento de diretrizes de desenho urbano que promovam a instalação do sistema de algumas zonas da cidade (ALLAN; BILLINTON, 2000; STEWART; OKE, 2012). A Figura 7 resume a metodologia de implantação de um sistema de energia renovável.

Figura 7 – Fluxograma da implementação de uso de energia de uma fonte renovável.



Fonte: Desenvolvida pelo autor (2019)

No Comando da 9ª Região Militar, em Campo Grande - MS trabalham aproximadamente 200 militares e servidores civis dos quais 25%, em média, faz uso quatro vezes por semana dos 15 chuveiros elétricos disponíveis nos três alojamentos para banho após as atividades físicas que são realizadas no período da manhã.

Figura 8 – Pontos previstos para instalação dos sistemas de aquecimento solar.



Fonte: Google Earth. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/search/mpas/@-20.4251761,-54.576612,2760m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em 12 out. 2019.

De acordo com a ABNT NBR 15569, o consumo racional da água aquecida para banho está entre 3 L/min para o consumo mínimo e 15 L/min para o consumo máximo, variando de acordo com a instalação ou características das duchas. Com base nesses dados pode-se fazer o dimensionamento do reservatório térmico, de acordo com a Eq. (1), onde:  $v_r$  representa o volume do reservatório (em litros);  $v_d$  é a vazão da ducha (litros por minuto);  $t_b$  é o tempo de banho (em minutos); e  $n_b$  representa o número de banhos:

$$v_r = v_d \cdot t_b \cdot n_b \quad (1)$$

Depois de estimado o consumo de água aquecida é possível fazer o dimensionamento dos coletores. Para isso deve-se encontrar a demanda energética mensal para o aquecimento de todo o volume de água, de acordo com a Eq. (2) (CARDOSO, 2008)

$$\text{Área coletora} = \text{demanda energética mensal} / \text{produção específica de energia} \quad (2)$$

A Demanda Energética mensal (DE), expressa em kW.h, pode ser calculada pela Eq. (3), onde:  $V$  é o volume de água quente;  $p$  é o peso específico da água (1.000 kg/m<sup>3</sup>);  $c_p$  é o calor específico da água (4,18 kJ/kg°C);  $T_q$  representa a temperatura de armazenagem da água quente; e  $t_f$  é a temperatura de água fria.

$$DE = V \cdot p \cdot C_p \cdot (T_q - t_f) \cdot 30 / 3600 \quad (3)$$

Também, o consumo atual de energia elétrica dos chuveiros pode ser calculado em função da potência do mesmo, tempo de utilização e a frequência, conforme a Eq. (4):

$$\text{Consumo (Kw)} = \text{Pot. (W)} \times \text{tempo (h)} / 1000 \quad (4)$$

#### 4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 podem ser observados os registros das temperaturas médias mensais durante o período da manhã na região de Campo Grande - MS.

Tabela 1 - Temperatura em Campo Grande no período da manhã – MS.

<b>MÊS</b>	<b>TEMPERATURA MÉDIA (°C)</b>
Janeiro	24
Fevereiro	23,5
Março	24,5
Abril	24
Maiο	21,5
Junho	19
Julho	21
Agosto	20
Setembro	22
Outubro	25
Novembro	24
Dezembro	25

Fonte: Disponível em < <http://www.cemtec.ms.gov.br/boletins-meteorologicos/>>. Acesso em 10 set. 2019

Na Tabela 2 foi estipulado mês a mês o consumo de energia elétrica dos chuveiros elétricos existentes no quartel, calculados com a equação (4). Foi considerado o uso dos chuveiros de segunda a quinta-feira, que são os dias previstos para realização de atividade física no quartel, tempo de banho médio de 5 minutos e os 50 militares que fazem o uso. Nos meses de dezembro e janeiro não há previsão de realização dos treinamentos físico militar. A potência utilizada é referente às temperaturas médias mensais apresentadas na Tabela 1.

Tabela 2 – Estimativa de consumo de energia dos chuveiros.

<b>Mês</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Tempo</b>	<b>nº banhos</b>	<b>Dias</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Janeiro	1500	5	50	0	0
Fevereiro	1500	5	50	16	500
março	1500	5	50	16	500
abril	3000	5	50	16	1000
Maiο	3000	5	50	16	1000
Junho	4500	5	50	16	1500
Julho	4500	5	50	16	1500
Agosto	3000	5	50	16	1000
Setembro	1500	5	50	16	500
Outubro	1500	5	50	16	500
Novembro	1500	5	50	16	500
Dezembro	1500	5	50	0	0
<b>Consumo anual em kWh</b>					<b>8500</b>

Fonte: Fonte: Desenvolvida pelos autores (2019)

Com os dados sobre os períodos de chuva durante o ano, que acabam prejudicando o aquecimento da água do reservatório, determinou-se a demanda prevista para uso do sistema auxiliar em cada mês, conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa de consumo de energia dos chuveiros do sistema auxiliar.

Mês	Potência (W)	Tempo	nº banhos	Dias	Consumo (kWh)
Janeiro	1500	5	50	0	0
Fevereiro	1500	5	50	3	93,75
Março	1500	5	50	3	93,75
Abril	3000	5	50	3	187,5
Maio	3000	5	50	3	187,5
Junho	4500	5	50	3	281,25
Julho	4500	5	50	0	0
Agosto	3000	5	50	0	0
Setembro	1500	5	50	0	0
Outubro	1500	5	50	3	93,75
Novembro	1500	5	50	3	93,75
Dezembro	1500	5	50	0	0
<b>Consumo anual em kWh</b>					1031,25

Fonte: Fonte: Desenvolvida pelos autores (2019)

Desta forma, pode-se determinar que o sistema atual, somente com chuveiros elétricos, consome a quantia de 8500 kWh por ano e o total de energia elétrica consumida pelo sistema de aquecimento auxiliar seria de 1031 kWh. Considerando o valor da tarifa praticado pela concessionária de energia, para o referido órgão público, de R\$ 0,72/Kw.h, a economia estimada com a instalação do sistema de aquecimento solar seria de R\$ 5.378 por ano.

O estudo da viabilidade econômica é de fundamental importância para a decisão da instalação do sistema de aquecimento solar proposto acima. Para isso, se faz um comparativo do fluxo de caixa entre os gastos de energia elétrica sem o sistema de aquecimento solar em relação ao investimento da aquisição e adequação do sistema. Dessa forma, verifica-se o Payback, o valor presente líquido e a Taxa interna de retorno, considerando o tempo de vida útil do equipamento de 20 anos.

Foi solicitado uma vista técnica junto à empresa de aquecedores solares Aecosol MS. Serão necessários dois sistemas de aquecimento com coletores do tipo tubos a vácuo, cujo durabilidade e custo benefício são superiores para o caso em questão, além de material complementar para instalação de tubulações exclusivas para água quente, cuja mão de obra para esse serviço poderá ser da própria instituição militar.

O custo do sistema de aquecimento e itens complementares para adequação do sistema hidráulico do quartel estão descritos na tabela 4, conforme orçamento fornecido pela empresa.

Tabela 4 – Custo do sistema de aquecimento solar

Item	Quantidade	Preço unt.	Total
Boiler 500 L Aço 304	2	R\$ 2.350	R\$ 4.700
Coletor 50 tubos	2	R\$ 4.608	R\$ 9.216
Motor com controlador	2	R\$ 2.290	R\$ 4.580
Mão de obra	2	R\$ 1.800	R\$ 3.600
Material complementar	2	R\$ 8.000	R\$ 16.000
<b>Custo total</b>			<b>R\$ 38.096</b>

Fonte: Fonte: Desenvolvida pelos autores (2019)

Foi considerado que 5% do valor do investimento do sistema devem ser utilizados para a manutenção durante os 20 anos de vida útil do equipamento, resultando no valor total de R\$ 1.904, ou R\$ 98 por ano. Para o cálculo do VPL foi considerada a taxa SELIC de 6,5%, dados do Banco Central do Brasil, referente à data de 13 de setembro de 2019. Na tabela 5 estão descritos os valores desses parâmetros financeiros calculados:

Tabela 5 – Indicadores de viabilidade de implantação do sistema.

Investimento	Entradas	Saídas	Economia	Payback	TIR	VPL
R\$ 38.096	R\$ 5.738	R\$ 98	R\$ 5.640	6,75	13,66%	R\$ 24.048

Fonte: Fonte: Desenvolvida pelos autores (2019)

O valor presente líquido muito superior a zero, assim como a TIR maior do que a taxa média de atratividade, demonstram a viabilidade do investimento para uma vida útil do equipamento de 20 anos. Portanto, estima-se que a partir de sétimo ano até a fim da sua vida útil, o sistema de aquecimento solar trará ganhos financeiros, além dos benefícios gerados ao meio ambiente e ao sistema elétrico nacional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento é oportuno retomar a pergunta de pesquisa que norteou o estudo: é viável a implantação de um sistema de aproveitamento de energia renovável em uma unidade militar do Exército? O estudo permitiu discutir a existência de diversas fontes de energia renovável nos pais e suas possibilidades de melhor aproveitamento em função de cada região do Brasil. Dessa forma, devido às características do local do estudo de caso, optou-se pelo estudo da implementação do sistema de aquecimento de água por energia solar. Conclui-se, com base nos custos de instalação do sistema e na economia de energia elétrica que o mesmo proporcionaria, que o investimento em um sistema de aquecimento de água por energia solar traria um retorno financeiro em médio prazo.

O Exército Brasileiro, por ser uma instituição permanente, ou seja, possuir instalações muito antigas e que deverão permanecer em uso por muito tempo, é carente do uso de sistemas mais eficientes em termos aproveitamento de energia. Dessa forma, se faz necessário o estímulo da modernização dos quartéis em todo o país, ou seja, o aproveitamento de energia por fontes renováveis poderá trazer bons retornos financeiros no futuro, além de contribuir para manutenção dos recursos naturais do planeta.

Por estarem presentes em todas as regiões do país, os resultados deste trabalho não poderiam ser generalizados a todos os quartéis do Brasil, já que há grande variação do clima e, conseqüentemente, diferenças na incidência de radiação solar, assim como os custos de

investimento da implantação do sistema não serão os mesmos. Portanto, este estudo demanda um maior aprofundamento em coleta de dados e aplicações de equações que possam generalizar a determinação da viabilidade do aproveitamento desse tipo de fonte de energia renovável nas demais regiões do país.

## REFERÊNCIAS

ALLAN, Ronald N.; BILLINTON, Roy. **Probabilistic assessment of power systems**. In: IEEE Power & Energy Society, 2000. Proceedings... v. 88, n. 2, p. 140-162, 2000.

AYE, C. G., EDOJA, P. E. **Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model**. *Cogent Economics & Finance*, (5) 1-22, 2017.

BRANDALISE, L. T.; BERTOLINI, G, R, F.; HOSS, O.; ROJO, C. A. **Educação e gestão ambiental: sustentabilidade em ambientes competitivos**. Cascavel, Paraná: Ed. DRHS, 2. ed., 2017.

CARDOSO, L. C.. **Dimensionamento e instalação de aquecedor solar. Manual técnico Trassen Aquecedor Solar**, Ed. 138, jun. 2008.

CEMTEC. Banco de dados. Disponível em <<http://www.cemtec.ms.gov.br/boletins-meteorologicos/>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

Empresa de pesquisa energética – EPE. (2016). **Plano nacional de energia 2050**. Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em 18 ago. 2019

Empresa de pesquisa energética – EPE. (2018). Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/abcde-energia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 11 nov. 2019

ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial Relatório Brasil - Sumário Executivo**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2009. 187 p. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil).

FTHENAKIS, V.; KIM, H. C. **Uso da terra e geração de eletricidade: uma análise do ciclo de vida**. *Revisões de Energia Renovável e Sustentável*. 13 (6–7): 1465-1474. 2009.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas brasileiro de energia solar. Disponível em [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html). Acesso em 18 de mar. 2018.

International Energy Agency. **Statistic 2017**. Recuperado em 06 fevereiro, 2018, de <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>, 2017.

KOMEKO. **Coletor solar: qual é a diferença entre cada um?** Disponível em: <<http://www.komeco.com.br/blog/consumidor/qual-e-a-diferenca-entre-cada-coletor-solar.html>>. Acesso em set. 2017.



LARDIZABAL, C. C., ROSALES, I., PASQUALI, J. C., HERRERA, G., MEJIA, S., & CANCINO, M. A. **Desenvolvimento de energias renováveis: comparativo dos cenários e das perspectivas de políticas públicas para alguns países da América Latina.** *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 30, 11-30, 2014.

MAZZUOLI, V. O. & TEIXEIRA, G. F. M.. **O direito internacional do meio ambiente e o greening da Convenção Americana sobre direitos humanos.** *Anuário mexicano de Derecho Internacional*, 13, 145-203, 2013.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F.R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos: INPE, 2006

PEREIRA, ENIO BUENO et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

STEWART, I. D.; OKE, T. R.. **Local Climate Zones for Urban Temperature Studies.** *Bulletin of the American Meteorological Society*, [s.l.], v. 93, n. 12, p.1879-1900, dez. 2012. American Meteorological Society.

THIOLLENT, M. **Metodologia de Pesquisa-ação.** São Paulo: Saraiva, 2009

UFSC/LabEEEE. Casa Eficiente: **Consumo e Geração de Energia** (Vol. II). (R. Lamberts, E. Ghisi, C. D. Pereira, & J. O. Batista, Eds.) Florianópolis, 2010.