

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ALLISSON DIEGO CONSORTE

**COMPARAÇÃO DE DOIS SISTEMAS DE AQUECIMENTO HÍDRICO
RESIDENCIAL POR MEIO DE RECURSO SOLAR – TUBO A VÁCUO E PLACA
PLANA**

CASCABEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ALLISSON DIEGO CONSORTE

**COMPARAÇÃO DE DOIS SISTEMAS DE AQUECIMENTO HÍDRICO
RESIDENCIAL POR MEIO DE RECURSO SOLAR – TUBO A VÁCUO E PLACA
PLANA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Eng. Agrícola, Me. Maurício Medeiros

CASCADEL - PR

2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e amigos, que nos momentos de fraqueza foram os alicerces que me mantiveram em pé.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao professor Mauricio Medeiros, pela orientação, apoio, confiança e principalmente paciência.

Agradeço a Sandra da empresa Aquecedores Ivair, por transmitir seu conhecimento e fornecer dados.

Agradeço aos meus amigos Wesley Meurer Cardoso e Luiz Henrique Zanella pelos favores prestados.

A Brenda Ayuri, por toda ajuda e cobrança, sem ela este trabalho não seria possível.

Ao meu amigo Lucas Falco, por se colocar a disposição de conhecimentos referentes a projetos.

As irmãs Desiré Possa e Débora Possa, por toda a ajuda prestada.

Agradeço meu amigo Bernardo, que sempre ficou ao meu lado, me dando dicas e forças para não desistir.

A meu amigo Adolfo La Torre pelos conhecimentos da área de elétrica que foram transmitidos.

EPÍGRAFE

“A força não tem sentido sem habilidade”

Lee Sin

RESUMO

Considerando o alto potencial energético das fontes solares, em conjunto com a grande necessidade de remodelar as fontes convencionais – desgastantes ao meio ambiente – na busca de rentabilizar os gastos e reduzir o consumo com a eletricidade. Este trabalho apresenta um estudo da viabilidade de implantação de um sistema de aquecimento solar para uma residência unifamiliar, comparando dois tipos de sistemas, o de placa plana e o por tubos a vácuo. A partir dos dados coletados, o autor descreve minuciosamente o dimensionamento do SAS. Através de normas foi possível dimensionar o boiler e a área de contribuição da placa plana que atenda a demanda do projeto. Com base nos gastos com a implantação do sistema, manutenção do mesmo, e reajuste da tarifa de energia ao ano, foi possível identificar que o sistema de tubos a vácuo é mais viável que o de placas planas e apresenta o retorno de investimento em 6 anos, 7 meses e 11 dias. Ao fim do trabalho, o autor conclui que a instalação de um sistema de aquecimento solar por tubos a vácuo é viável para este estudo de caso, pois o valor presente líquido apontou em um valor positivo e a taxa interna de retorno atingida foi superior a TMA.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Aquecimento solar. Coletor solar

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparação do potencial energético solar relativo as demais fontes de energias renováveis e não renováveis.	16
Figura 2 - Exemplificação estrutural da tubulação em sistema de aquecimento.....	18
Figura 3 - Esquema estrutural de placa plana absorvedora.	19
Figura 4 - Esquema interno de um coletor solar com tubo a vácuo.	20
Figura 5 - Coletor solar a vácuo aplicado.....	20
Figura 6 – Reservatório de água quente.	21
Figura 7 - Demonstração de fluxo de caixa.....	26
Figura 8 - Representação gráfica de payback.....	29
Figura 9 - Mapa com a localização da residência orçamentada (Santo Antônio do Sudoeste – PR).....	31
Figura 10 - Orientação geográfica dos coletores	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor de consumo das peças.....	22
Tabela 2 - Custo da energia em Santo Antônio do Sudoeste, baixa tensão.....	37
Tabela 3 - Valor total do investimento do sistema	37
Tabela 4 - Média de consumo mensal de energia de cada aparelho.....	38
Tabela 5 - Gastos de energia com as conexões por mês.....	38
Tabela 6 – Gastos com a energia de acordo com o aproveitamento do coletor	39
Tabela 7 – Resultados finais.....	41

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Volume total de água consumida.....	22
Equação 2 – Volume do sistema armazenado	23
Equação 3 – Área coletora.....	23
Equação 4 – Energia útil.....	23
Equação 5 – Perdas de energia	24
Equação 6 - Produção média diária de energia específica do coletor solar.....	24
Equação 7 - Fator de correção para inclinação e orientação do coletor solar	24
Equação 8 - VPL	27
Equação 9 - Taxa de juros anual.....	28

SUMÁRIO

CAPITULO 1	11
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	13
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	13
CAPITULO 2	15
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.1 Fontes renováveis e não renováveis de energia	15
2.1.2 Energia Solar	15
2.1.3 Sistemas de aquecimento solar de água	17
2.1.4 Coletores solares planos	18
2.1.5 Coletores de tubos a vácuo	19
2.1.6 Reservatório de água quente	21
2.1.7 Dimensionamento do sistema de aquecimento solar	21
2.1.8 Viabilidade econômica	25
2.1.9 Fluxo de caixa	25
2.1.10 Taxa mínima de atratividade (TMA)	27
2.1.11 Valor presente líquido – VPL	27
2.1.12 Taxa interna de retorno (TIR)	28
2.1.13 Período de retorno de capital (Payback)	28
CAPITULO 3	30
3.1 METODOLOGIA	30
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	30
3.1.2 Caracterização da amostra	30
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	31
3.1.4 Análise dos dados	31
CAPITULO 4	32
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1.2 Dados básicos para o dimensionamento	33

4.1.3	Locais de abastecimento	33
4.1.4	Cálculo do volume de armazenamento	34
4.1.5	Cálculo da área coletora de placa plana	35
4.1.6	Cálculo da área coletora de tubos a vácuo	36
4.1.7	Viabilidade econômica	37
CAPÍTULO 5		42
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
CAPÍTULO 6		44
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
REFERÊNCIAS		45

CAPITULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Na atualidade tem-se como insumo renovável mais farto para obtenção de energia mundialmente o recurso solar, o qual é evidente a necessidade diante dos impactos ambientais causados pelas fontes convencionais, de acordo com Gore (2010). Contudo, ainda em tamanha abundância, proporcionalmente muito pouco é aproveitado deste recurso natural, considerando os métodos mais utilizados para provimento energético. Em busca de aproveitamento dessa fonte renovável, com o passar dos anos foram concebidas e estipuladas tecnologias alternativas que fossem capazes de realizar a conversão da energia proveniente do calor solar para energia elétrica. Entre as alternativas deparadas, tem-se a obtenção energética por meio de placas fotovoltaicas ou até mesmo beneficiando-se de suas funcionalidades, como aquecimento e iluminação natural.

Quando toma-se o aquecimento por energia solar, a maneira mais comum para a utilização da energia proveniente do sol são pelos intitulados “coletores solares térmicos” que são mecanismos hidráulicos fechados que absorvem o calor oriundo da radiação solar por meio de trocas térmicas que conduzem esta energia aquecendo uma quantidade de água estipulada, que é acondicionada em um reservatório para ser utilizado em ocasiões desejadas. Essa técnica é passível de vasta aplicação na região sul do Brasil, por levar em consideração a sua variação térmica ao longo dos dias.

Entre os principais benefícios a respeito dos coletores solares térmicos estão a diminuição do consumo da eletricidade, tornando-se economicamente proficiente, levando em consideração que parte da energia elétrica que seria utilizada para o aquecimento da água, como é o caso do chuveiro elétrico, passa a ser aquecida pela energia solar captada pelos coletores. Também é importante ressaltar que o gasto com manutenção desse sistema uma vez instalado é mínimo, visto que, o sistema não dispõe de moto-bomba e nem outra parte móvel, dificilmente resultando em falhas por algum tipo de desgaste mecânico (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

Na atualidade existem dois modelos de sistemas de aquecimento solar de água que tomam conta do mercado, o sistema por meio de tubo a vácuo; onde a água circula pela parte interna de um tubo de vidro, com sua parede externa pintada de preto para absorver uma maior radiação solar segundo Russi (2012), e o aquecedor solar de placas que consiste em um conjunto

formado por um reservatório térmico e pelas placas coletoras de radiação que são compostas por serpentinas onde a água circula.

Neste trabalho os dois tipos de sistemas foram comparados, levando em consideração a sua vida útil, sua eficiência térmica, valor de investimento e tempo de retorno.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Comparar a viabilidade e a eficiência entre o aquecimento solar a vácuo e o aquecimento solar por meio de placas planas coletoras de radiação

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar os custos de instalação dos sistemas;
- Examinar as variações entre ambos os sistemas acerca de seu consumo, capacidade, praticidade, vida útil e eficiência;
- Determinar o melhor sistema entre os aquecedores, de acordo com os aspectos considerados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com a utilização das fontes energéticas convencionais por maior parte da população, as problemáticas relacionadas às suas consequências principalmente no âmbito social, os desgastantes do meio ambiente começam a transparecer. A grande demanda energética para aquecimento hídrico residencial no país sobrecarrega as companhias de eletricidade existentes, causando inclusive forte dependência energética da sociedade frente a estas empresas – as quais ficam responsáveis pelas falhas e quedas abruptas de rede.

Frente a esta questão, os métodos alternativos de obtenção de energia ganham evidência, como pelos recursos solares em questão – aquecimento a vácuo e por meio de placas planas – por se tratar de um recurso de acesso abrangente (ABSOLAR, 2016). No entanto,

membros de órgãos responsáveis apontam objeções relacionadas e execução desses sistemas. Portanto, há necessidade em realizar avaliações acerca do custo-benefício de tais investimentos, e de comparar procedimentos a fim de averiguar sua real proficiência.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual dos sistemas em análise comparativa – sistema de aquecimento a vácuo e placas coletoras planas – apresenta a melhor viabilidade econômica e eficiência a longo prazo, abrangendo os aspectos afetados?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

O sistema de aquecimento hídrico por meio das placas coletoras planas se mostra o mais adequado no quesito residencial, por não requerer temperaturas tão elevadas como obtido no sistema a vácuo – ideal para empresas ou indústrias – além da maior viabilidade econômica apresentada para instalação e manutenção. Outro aspecto relevante se refere a durabilidade a longo prazo em relação aos dois sistemas, visto que a partir de determinado período, geralmente três anos, a eficiência se reduz no método de aquecimento a vácuo, diferentemente das placas, que apresentam longa vida útil. Contudo, em regiões de temperaturas muito reduzidas, há a necessidade de atenção para congelamento das placas planas, requisitando materiais de qualidade elevada.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limitou-se a um estudo de caso comparativo acerca da viabilidade econômica entre dois sistemas de aquecimento de água, voltado para um campo residencial na cidade de Santo Antônio do Sudoeste, no Paraná – sistema de aquecimento por tubos a vácuo e sistema de aquecimento por placas planas coletoras de radiação. Mediante a averiguação dos dados em empresas da região, buscou-se assim aferir a preeminência de um sistema alusivo a outro.

Neste contexto, foram consideradas determinadas particularidades para constituição conclusiva, como eficiência térmica, vida útil, custo para aplicação e período para retorno desta.

CAPITULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo buscou-se abordagens sobre os conceitos acerca da energia solar e sua funcionalidade, envolvimento governamental e quesitos técnicos de importância para a pesquisa.

2.1.1 Fontes renováveis e não renováveis de energia

Segundo Capelli, (2007) denominam-se energias não renováveis as fontes conhecidas como convencionais, por se basearem na “queima” de elementos impassíveis de reposição natural a curto prazo, como o petróleo. Tais fontes trazem um elevado índice poluente, contribuindo para o agravamento do efeito estufa pela produção de dióxido de carbono, trazendo a necessidade de alternativas que gerem equilíbrio ambiental e eficiência térmica.

As fontes renováveis ou fontes limpas, por sua vez, são passíveis de maior acesso a recuperação natural a curto prazo – como a eólica, solar, por biomassa – capturando uma tendência mundial em substituir as fontes convencionais, tanto pelo aspecto econômico, como o fator ambiental (Capelli, 2007). Neste prisma inclui-se a energia solar como maior parâmetro de solução para a área residencial.

2.1.2 Energia Solar

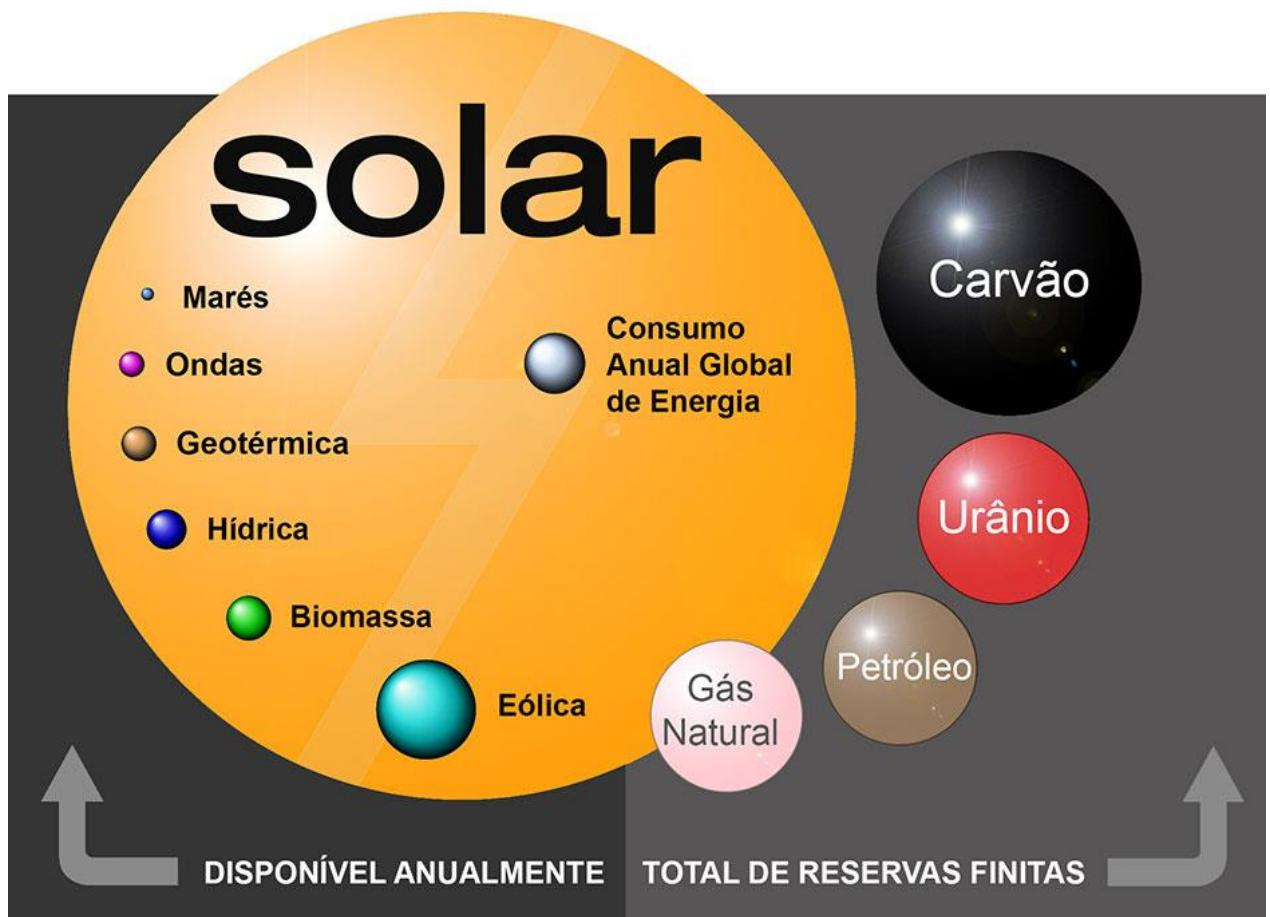
A Energia Solar, é a energia que se provém da iluminação e do calor oriundos do Sol, os quais são favoráveis para aproveitamento mediante diversos meios tecnológicos – como para aquecimento solar e também para obtenção de energia fotovoltaica. É considerada uma fonte energética renovável e sustentável, pela obtenção por recurso natural (RÜTHER *et al.*, 2006).

Tais tecnologias se ramificam em ativas e passivas – onde a obtenção energética por intermédio de painéis fotovoltaicos e coletores solares se caracterizam como procedimentos ativos. Neste quesito, os mecanismos passivos utilizam-se de benefícios e estudos de

comodismo ambiental para sua execução – como a orientação de uma residência em relação ao Sol, a opção de materiais favoráveis para projeção de espaços, entre outros.

Em relação ao potencial energético solar, há uma promissora vantagem comparada a outras fontes, como mostra a Figura 1. Como vantagem brasileira, o potencial específico do país é proeminente aos demais países. Diariamente, o país conta com uma incidência média que varia entre 4.500 Wh/m² a 6.300 Wh/m². Como embasamento, a área de mais baixa radiação solar no Brasil, é ainda 40% maior do que a região de maior incidência na Alemanha – líder no uso de energia fotovoltaica (RÜTHER *et al.*, 2006).

Figura 1 - Comparação do potencial energético solar relativo as demais fontes de energias renováveis e não renováveis.



Fonte: Portal Solar, 2015.

2.1.3 Sistemas de aquecimento solar de água

Com o impulsionamento provocado pelas crises energéticas no país, depreendeu-se a necessidade de novos meios energéticos de modo a substituir as fontes convencionais. Ocasionalmente por essa eventualidade, maiores aplicações e decorrentes pautas da ABNT empregando o uso da energia solar foram fundamentadas, como para aquecimento residencial. Como reação, a demanda consumidora alavancou, trazendo novos requisitos a esses sistemas, exigências relacionadas a melhores produtos e menores preços. (PORTAL SOLAR, 2017)

Segundo Marques (2006), o sistema de aquecimento solar opera-se da radiação solar como sua fonte de material térmico primário, e geralmente conta com um sistema de apoio elétrico, em casos de baixa incidência solar e dificultosa absorção energética.

Pelo favorecido potencial solar do Brasil, a utilização do sistema de apoio torna-se pouco evidente, evidenciando seu benefício. Além das demasiadas vantagens dos sistemas de aquecimento solar apontados por Oliveira:

- Facilidade técnica em sua instalação;
- Baixo percentual na necessidade de manutenção;
- Abundância solar;
- Adentrar nas fontes renováveis de energia – acometendo zelo ambiental;
- Vida útil relevante;
- Redução dos custos com energia elétrica.

Contudo, há também a necessidade de especificações quando se aplicam os sistemas de aquecimento solar, como a tubulação especial que ligue o reservatório aos pontos de consumo necessários – o que pode pesar o investimento inicial do projeto – podendo também serem consultados logo no início da obra residencial – quando possível (MIYAZATO, 2016). Conforme a exemplificação na Figura 2.

Figura 2 - Exemplificação estrutural da tubulação em sistema de aquecimento.



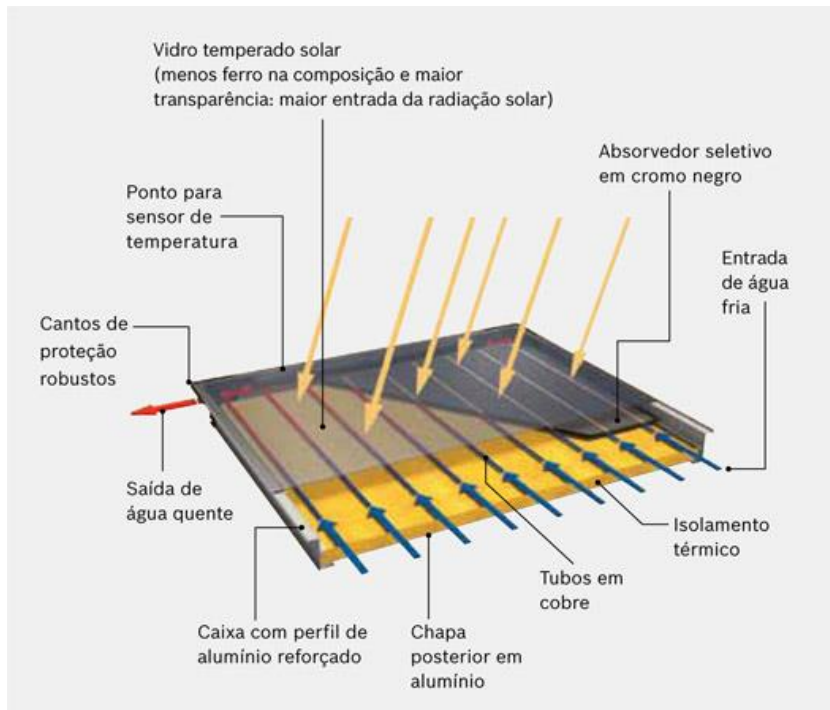
Fonte: Massano, 2014.

2.1.4 Coletores solares planos

O Sol tem como propriedade a emissão energética em forma de ondas eletromagnéticas – radiação solar. Os coletores solares são os responsáveis pela absorção dessa radiação e conversão da energia solar em térmica, podendo aquecer a água até uma temperatura de 60°C. Se projetam predominantemente na cor escura, ratificando a teoria da absorção energética segundo um corpo negro (ALDABÓ, 2012).

Basicamente, os coletores planos se constituem por uma placa absorvedora – receptora – por tubos circulantes de fluido e por um isolante térmico, conforme a Figura 3. Por sua estrutura interna, a água circula entre tubos de cobre, que pela ótima condutibilidade de calor própria do material, transmite o calor absorvido do sol para a água. Para minimização da perda calorífica absorvida pelas placas, faz-se o uso de um invólucro que envolve o conjunto, em alumínio, sendo passível para suportar anos de exposição exterior. Já em sua estrutura superior, o vidro temperado, constituinte de baixo teor de óxido de ferro, interfere minimamente na passagem de raios solares, reduzindo possíveis reflexos (MIYAZATO, 2016)

Figura 3 - Esquema estrutural de placa plana absorvedora.

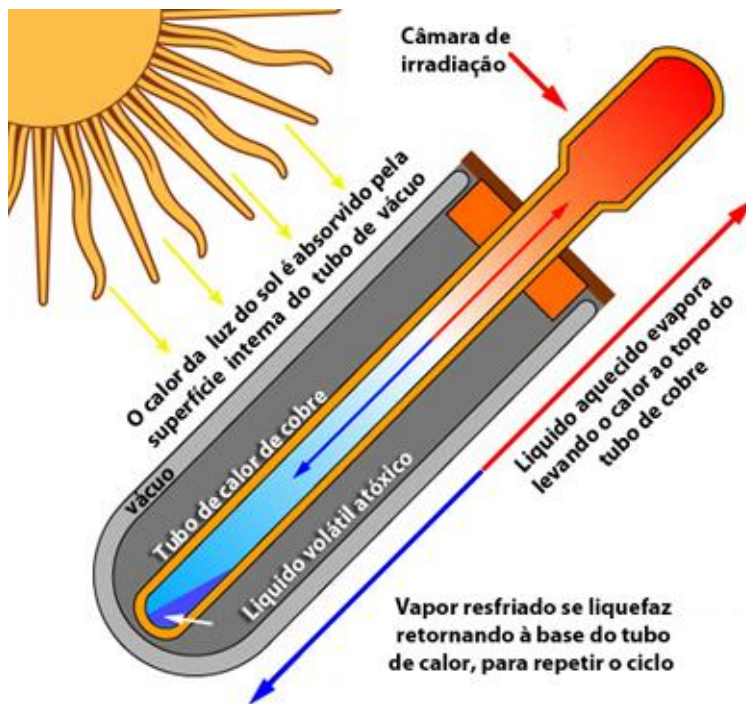


Fonte: Bosch, 2016.

2.1.5 Coletores de tubos a vácuo

Os coletores por tubos a vácuo se designam fortemente pela eficiência mesmo em dias nublados, sofrendo menor interferência mediante a radiação solar incidente em comparação aos coletores por meio de placas planas, por meio da radiação difusa, luz solar recebida indiretamente por ação difratora. Por meio desse modelo, há um maior alcance na temperatura aquecida, podendo chegar a 90°C ou até 100°C, de acordo com seu dimensionamento, corroborando sua ideal instalação em locais de menor incidência solar, e de grande porte, como obras e projetos industriais. O vácuo relacionado a esse sistema colabora para reduzir ainda mais as perdas térmicas por condução, atuando como um isolante e possibilitando também a captação constante de energia (ENAT, 2017), conforme as Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Esquema interno de um coletor solar com tubo a vácuo.



Fonte: Pet Engenharia Civil, 2013.

Figura 5 - Coletor solar a vácuo aplicado.



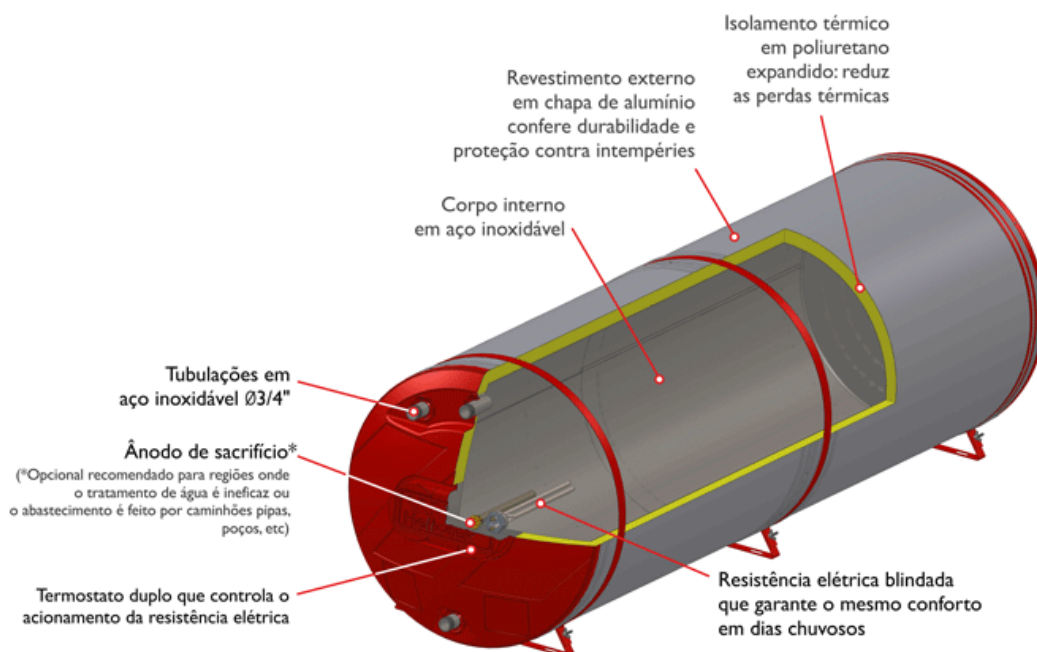
Fonte: SOLARESOL, 2017.

2.1.6 Reservatório de água quente

Segundo Lima (2003), reservatório de água quente ou reservatório térmico é como uma caixa d'água especializada em manter a temperatura da água elevada para o sistema de aquecimento solar. Também chamado de Boiler, estes cilindros são fabricados por materiais como cobre, polipropileno, ou inox recebendo então um isolamento térmico, como ilustra a Figura 6.

O procedimento de aquecer a água com a utilização da energia solar, consiste basicamente em utilizar a radiação proveniente do sol e armazená-la em um reservatório na forma de calor (RISPOLI, 1999)

Figura 6 – Reservatório de agua quente.



Fonte: ÓTIMA RIO, 2016.

2.1.7 Dimensionamento do sistema de aquecimento solar

De acordo com a NBR 15569/2008, existem diversas metodologias para efetuação de cálculo a fim de determinar o dimensionamento do sistema de aquecimento solar – que tem por princípio estabelecer numericamente a área coletora e o volume ideal para o sistema de

armazenagem – tencionando atender a demanda energética para determinado público consumidor.

Ainda segundo a NBR, a metodologia ideal para cálculo de dimensionamento do SAS envolvendo residências unifamiliares seria considerando 70% da radiação solar emitida sobre os coletores, cogitando a ausência de sombreando sobre estes.

Seguindo este método, o primeiro passo será definir o volume de consumo de água em cada ponto de utilização, conforme sugere a Tabela 1, levando em consideração a vazão de cada peça juntamente com o seu tempo de utilização e sua frequência de uso.

Tabela 1 – Valor de consumo das peças

Peças	Consumo mínimo	Consumo máximo	Ciclo diário (minuto/pessoa)	Temperatura de consumo °C
Ducha de banho	3,0 L/min	15,0 L/min	10	39 - 40
Lavatório	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39 - 40
Ducha higiênica	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39 - 40
Banheira	80 L	440 L	banho	39 -40
Pia de cozinha	2,4 L/min	7,2 L/min	3	39 - 40
Lava-louças (12 pessoas)	20 L	20 L	ciclo lavagem	39 - 50
Máquina de lavar roupa	90 L	200 L	ciclo lavagem	39 - 40

Fonte: NBR 15569, 2008.

O volume total de água aquecida utilizada diariamente pelos integrantes da residência é calculado pela Equação 1.

$$V_{consumo} = \sum(Q_{pu} \times T_u \times \text{frequência de uso}) \quad (1)$$

Onde:

$V_{consumo}$ = Volume total de água quente consumido diariamente (m³);

Q_{pu} = Vazão da peça de utilização (m³/s);

T_u = Tempo médio de uso diário da peça de utilização (s);

frequência de uso = Número total de utilizações da peça por dia.

O volume do sistema de armazenamento é calculado pela Equação 2.

$$V_{armaz.} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armaz} - T_{ambiente})} \quad (2)$$

Onde:

$V_{consumo}$ = Volume total de água quente consumido diariamente (m^3);

$V_{armaz.}$ = Volume do sistema de armazenamento do SAS (m^3);

$T_{consumo}$ = Temperatura de consumo de utilização ($^{\circ}C$);

$T_{armaz.}$ = Temperatura de armazenamento da água ($^{\circ}C$);

$T_{ambiente}$ = Temperatura ambiente média anual ($^{\circ}C$).

Sugere-se que para a Equação 2 o Volume do sistema de armazenamento do SAS seja igual ou superior a 75% ao Volume total de água quente, que para a temperatura de consumo de utilização seja adotado a temperatura de $40^{\circ}C$ e que a temperatura de armazenamento da água seja maior ou igual a temperatura de consumo de utilização. Se obtém a temperatura ambiente média anual pelo ANEXO A.

Após o dimensionamento do reservatório, é necessário o dimensionar a área coletora das placas através da Equação 3.

$$A_{coletora} = \frac{(E_{\acute{u}til} + E_{perdas}) \times FC_{instal} \times 4,901}{PMDEE \times I_G} \quad (3)$$

Onde:

$A_{coletora}$ = Área coletora (m^2);

I_G = Valor da irradiação global média anual para o local de instalação ($kWh/m^2.dia$), ver ANEXO B;

$E_{\acute{u}til}$ = Energia útil (kWh/dia);

E_{perdas} = Somatório das perdas térmicas dos circuitos primário e secundário (kWh/dia);

$PMDEE$ = Produção média diária de energia específica do coletor solar (kWh/m^2);

FC_{instal} = Fator de correção para inclinação e orientação do coletor solar.

É possível se obter a energia útil pela Equação 4.

$$E_{\acute{u}til} = \frac{V_{armaz.} \times \rho \times Cp \times (T_{armaz.} - T_{ambiente})}{3600} \quad (4)$$

Onde:

$E_{\text{útil}}$ = Energia útil (kWh/dia);

$V_{\text{armaz.}}$ = Volume do sistema de armazenamento do SAS (m³);

ρ = Massa específica da água (kg/m³);

C_p = Calor específico da água (kJ/kg);

$T_{\text{armaz.}}$ = Temperatura de armazenamento da água (°C);

T_{ambiente} = Temperatura ambiente média anual (°C).

Utiliza-se para a massa específica da água o valor de 1000 kg/m³ e para o calor específico da água de 4,18 kJ/kg. Em seguida, calcula-se as perdas de energia conforme a Equação 5.

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times E_{\text{útil}} \quad (5)$$

Onde:

E_{perdas} = Perdas de energia;

$E_{\text{útil}}$ = Energia útil (kWh/dia).

0,15 – valor pré-determinado pela NBR 15569/2008

Para se calcular a produção média diária de energia específica do coletor solar utiliza-se a Equação 6.

$$PMDEE = 4,901 \times (Fr_{ta} - 0,0249 \times Fr_{UL}) \quad (6)$$

Onde:

Fr_{ta} = Coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional);

Fr_{UL} = Coeficiente de perdas do coletor solar (adimensional).

Calcula-se o fator de correção para inclinação e orientação do coletor solar conforme a Equação 7.

$$Fc_{\text{instal}} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{\text{ótimo}})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times \gamma^2]} \quad (7)$$

Onde:

β = Inclinação do coletor em relação ao plano horizontal (°);

$\beta_{ótimo}$ = Inclinação recomendada para o local da inclinação (°), sugere-se que seja adotado o valor módulo da latitude do local + 10°;

γ = Ângulo de orientação dos coletores solares em relação ao norte geográfico (°).

2.1.8 Viabilidade econômica

No estudo da viabilidade econômica, busca-se avaliar a aplicabilidade do investimento, sendo capaz de averiguar as condições para que uma aplicação se torne seja lucrativa e positiva.

Segundo Oliveira (1982), a análise de viabilidade econômica e financeira integra o rol de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica, que busca identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação. Engenharia econômica é o estudo dos métodos e técnicas usados para a análise econômico-financeira de investimentos.

O objetivo quando se trata da instauração de um sistema além de garantir eficiência técnica, é utilizar-se de métodos rentáveis que sejam também financeiramente satisfatórios. Nesse contexto, as resoluções devem ser realizadas a fim de gerar vantagens sustentáveis no âmbito monetário, enfatizando a importância do estudo de viabilização econômica presente numa aplicação (BORDEAUX - RÊGO, 2006).

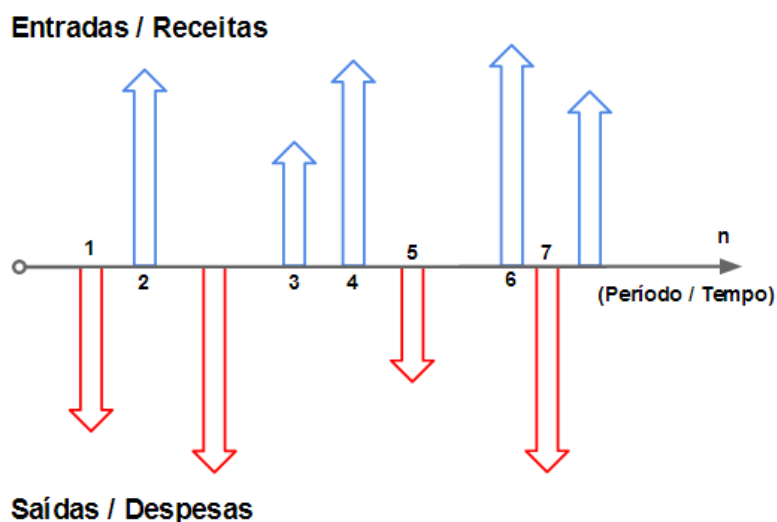
2.1.9 Fluxo de caixa

Segundo Zdanowicz (2000), o fluxo de caixa corresponde ao conjunto de entrada e desembolso de numerários em determinado período, sendo os dados registrados para verificação e análise. A partir dessa elaboração, é possível efetuar a programação para eventuais períodos de escassez monetária ou excedentes de caixa — auxiliando na comparação de dados financeiros.

Ainda de acordo com Zdanowicz (2000), o fluxo de caixa corresponde ao conjunto de entrada e desembolso de numerários em determinado período, sendo os dados registrados para

verificação e análise. A partir dessa elaboração, é possível efetuar a programação para eventuais períodos de escassez monetária ou excedentes de caixa — auxiliando na comparação de dados financeiros, como mostra a Figura 6.

Figura 7 - Demonstração de fluxo de caixa



Fonte: Treasy planejamento e controladoria, 2013.

Pela utilização do fluxo de caixa é possível visualizar o momento financeiro propício para aplicação, caso se encontre carente de recursos, bem como melhor definir o período em que ocasionará a indução aos benefícios, abrindo espaço para a prevenção na tomada de decisões que envolvam riscos financeiros. A programação do fluxo de caixa serve também como referência para definir as políticas de despesas do consumidor antes de iniciar suas operações. Dessa forma é possível apressar os procedimentos para impedir que eventuais faltas de caixa prejudiquem o fluxo financeiro após a realização do investimento em questão ZDANOWICZ (2000).

Pela linha de Silva (2005), o método de trabalho com fluxo de caixa, de fato é manuseado apenas com objetividade e valores, isento da possibilidade de distorções ou variações de resultado, pois trabalha exatamente com o que entra ou sai, e não com probabilidades como resposta final, sem chances de manipulação – desde que corretamente estruturado.

2.1.10 Taxa mínima de atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) corresponde ao conjunto de valores relacionados a uma taxa de juros, englobando o valor mínimo que se propõe a receber num investimento, ou então o valor máximo possível para investimento e financiamento da instauração. Segundo a ótica de Securato (2005), a TMA seria o custo da utilização de capital pela parte investidora, podendo ser definida de acordo com a política de cada consumidor, no caso.

De acordo com o estudo de Galesne (1999), geralmente, o modo mais adequado de uso da TMA é baseando-se na taxa de custo do capital.

2.1.11 Valor presente líquido – VPL

Também denominado Valor Atual Líquido (VAL) ou método do valor atual, o VPL resulta da junção das entradas e saídas de caixa atualizada para o momento monetário presente. Segundo Gitman (2002) o VPL se trata de uma sofisticada análise de orçamento de capital, considerando a variação da valorização monetária ao decorrer dos anos, já que os valores embutidos a um produto passam por modificações no presente e futuro.

Pela concepção de Brigham e Ehrhardt (2006), uma unidade numerária em questão financeira atualmente possui maior valor do que uma unidade a ser recebida em um período futuro, pois se o indivíduo a obtivesse hoje poderia realizar um investimento de outras formas e assim, obter juros sobre o capital investido, lucrando por um processo de capitalização.

Por se tratar de momentos diferentes, há a necessidade de realizar uma taxa de desconto para calcular o valor da movimentação de caixa adaptada para o momento presente. Diante disso, a realização do cálculo para obtenção do VPL se dá pela Equação 8.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Onde:

t = Período (anos ou meses)

n = Tempo total de projeto (anos ou meses)

i = Taxa mínima de atratividade (%)

F = Fluxo de caixa por período (R\$)

2.1.12 Taxa interna de retorno (TIR)

De acordo com Abrava (2008), a taxa interna de retorno é definida quando as somas das receitas e despesas, convertidas para que o valor presente seja igual a zero, ou seja, a taxa de juros anual que anula o Fluxo de Caixa, como é representada pela Equação 9.

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (9)$$

Onde:

t = Período (anos ou meses);

n = Tempo total de projeto (anos ou meses);

i = Taxa mínima de atratividade (%);

F = Fluxo de caixa por período (R\$).

A TIR deve ser comparada a taxa mínima de atratividade (TMA) para verificar se o investimento é rentável. O projeto será viável quando a taxa interna de retorno for maior que taxa mínima de atratividade desejada ($TIR > TMA$). (CHAGURI, 2009).

2.1.13 Período de retorno de capital (*Payback*)

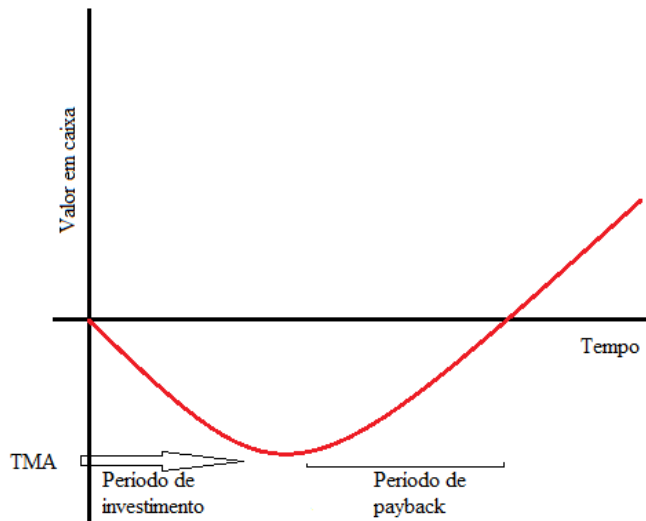
O período de retorno de capital corresponde ao prazo de tempo necessário para recuperação do investimento inicial do projeto, ou seja, a partir de que momento o investimento realizado irá gerar lucro em função do fluxo de caixa gerado (SANTOS, 2001).

Para Kuhner e Bauer (1996), a melhor seleção de investimento é a que apresentar o menor período de retorno. Nesse âmbito, a análise de *Payback* se ramifica em dois campos básicos – *payback* simples e *payback* descontado.

A verificação de *payback* simples configura-se como a forma básica para averiguar a viabilidade de um investimento, em um método que consiste em constatar o valor periódico

para retorno do investimento, descontando do capital inicial o caixa de “n” períodos até o aniquilamento do capital investido, como mostra a Figura 7.

Figura 8 - Representação gráfica de payback



Fonte: Autor, 2017.

Pela concepção de Bruni e Famá (2003) como não há a relevância do custo de capital no caso, a soma do saldo do investimento pode ser efetuada embasando-se nos valores nominais

Entre as principais vantagens do método de *payback* simples, nota-se a fácil aplicação de cálculo aos eventos de fato, bem como uma medida de redução de riscos, por dar certa noção da viabilidade do investimento, reduzindo incertezas. Já como uma das principais desvantagens, ainda de acordo com Bruni e Famá (2003) encontra-se a falta de consideração monetária com o decorrer do tempo, não tendo assim uma real rentabilidade, visando apenas medir o prazo para recuperação do investimento.

CAPITULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

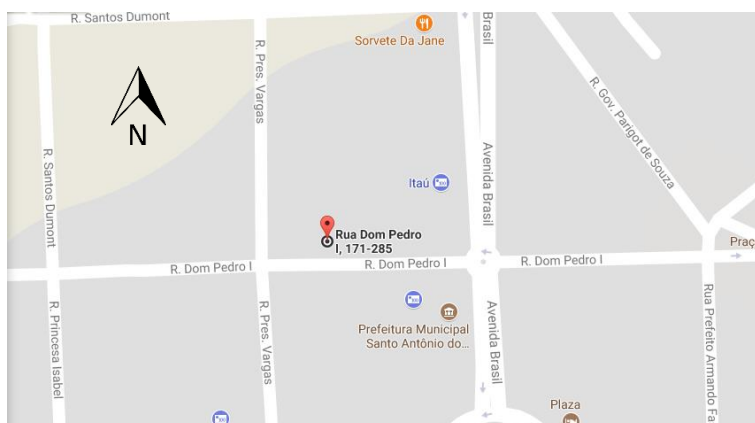
O estudo se embasou em um levantamento comparativo entre dois sistemas de aquecimento de água voltado para o campo residencial – o sistema de aquecimento por tubo a vácuo e por meio de placas planas – priorizando aferir sua viabilidade econômica, onde foram verificados aspectos relacionados a questões financeiras – desde a instalação à manutenção – vida útil dos sistemas, benefícios ambientais e significativamente quanto a sua eficiência térmica, procurando estabelecer a melhor opção e mais viável para instalação residencial.

Para tanto, foi considerada a abordagem qualitativa de pesquisa, aprofundando questões quantitativas obtidas e realizando relações entre essas. A pesquisa solicitou estudo prático em um campo residencial, o qual foi realizado na cidade de Santo Antônio do Sudoeste – no Paraná – pois o balanço inclui a quantidade de pessoas residentes e o número de pontos de consumo existentes na casa, como chuveiros e torneiras aquecidas. Quanto ao procedimento técnico, optou-se pelo estudo de caso, por incorporar o levantamento qualitativo explorando os sistemas em questão e sua funcionalidade, embasando-se em referências bibliográficas congruentes ao caso.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado em uma residência na cidade de Santo Antônio do Sudoeste, a qual contava com cinco pessoas residentes e cinco pontos de consumo elétrico – sendo duas saídas de chuveiro, dois lavatórios sanitários e uma pia de cozinha – consideráveis para realizar a orçamentação dos dois sistemas e fundamentar a devida comparação, como mostra a Figura 8 e os Anexos C e D.

Figura 9 - Mapa com a localização da residência orçamentada (Santo Antônio do Sudoeste – PR)



Fonte: Google Maps, 2017.

3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi realizada a partir da orçamentação de ambos os sistemas em empresas que efetuam as instalações requeridas na cidade de Cascavel, constando os valores para instalação e manutenção, bem como os dados técnicos referentes aos determinados procedimentos. Ademais, para aferir os demais pontos em comparação foram pesquisadas social e tecnicamente as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas, em pesquisas diante de acervos bibliotecários e por referências de autores. Para tal análise, foi de obrigatoriedade o embasamento pela planta baixa residencial do indivíduo adquirente do sistema aquecedor.

3.1.4 Análise dos dados

Após a realização da coleta de dados, estes foram analisados e dispostos em estrutura tabular, realizada a planilha a fim de confirmar sua eficácia elevada relacionada ao sistema em cotejo. Dessa forma, foi possível ratificar a melhor opção para aquecimento hídrico residencial, descartando possíveis prejuízos de certa significância.

CAPITULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

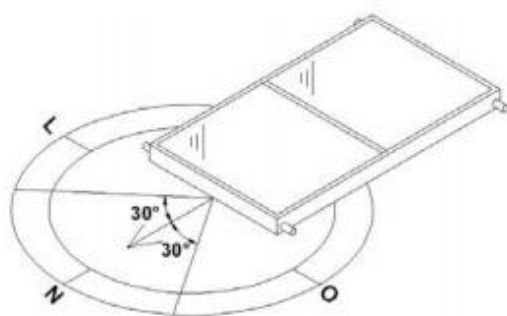
O caso estudado foi a implantação de um sistema de aquecimentos solar para uma residência unifamiliar na cidade de Santo Antônio do Sudoeste – PR.

No estudo em questão, foi considerado que a casa onde o sistema de aquecimento solar de água foi instalado, proporcionou todas as condições técnicas para o adequado funcionamento do sistema, como tubulações para o provimento de água quente, misturadores e instalações elétricas necessárias. A comparação dos custos de cada sistema, não levou em consideração despesas relacionadas as instalações hidráulicas para o abastecimento de água quente e fria, visto que, quando comparados, os dois sistemas necessitariam dos mesmos esquemas de tubos.

Para o dimensionamento do SAS, primeiramente foi necessário levantar algumas questões, quantos residentes na casa, quais dispositivos serão abastecidos com água quente, consumo médio de cada aparelho e localização exata da residência.

Os coletores solares foram instalados com a orientação geográfica de acordo com a NBR 15569/2008, ou seja, voltados para o Norte geográfico, com um desvio de aproximadamente 15° a Leste, como ilustra a Figura 9.

Figura 10 - Orientação geográfica dos coletores



Fonte: NBR 15569, 2008.

A inclinação dos coletores foi determinada através da Latitude da cidade, de acordo com a Prefeitura Municipal de Santo Antônio do Sudoeste – PR, o valor da latitude na cidade é de 26° 04' 25" ao Sul, e como na NBR 15569/2008 sugere-se que o ângulo de inclinação seja

igual ao da Latitude local com um acréscimo de 10° a 15° , neste projeto foi definido o valor de 36° a partir do plano do horizonte.

Os coeficientes de ganho e de perda do coletor solar, como foi apresentado na Equação 5, dependem de cada marca e modelo, são fornecidos pelo INMETRO, pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, onde contém os dados de vários modelos de coletores solares de placa plana. Vale ressaltar que o INMETRO só apresenta valores de coletores de placas planas.

Para a elaboração deste trabalho foram levantados valores de vários modelos e marcas dos dois sistemas de aquecimento solar, o de placa plana e tubo a vácuo, como pode ser observado pelo APÊNDICE A.

Os pontos da residência que utilizam água quente, foram determinados de acordo com o projeto, ANEXO E. Foram levados em consideração dois chuveiros, dois lavatórios e uma torneira da cozinha. Para determinação da vazão dos aparelhos foi utilizada a Tabela 1.

4.1.2 Dados básicos para o dimensionamento

- Cinco moradores;
- Orientação geográfica: 15° Leste;
- Inclinação dos coletores: 36° ;
- Pontos de abastecimento de água quente: 2 chuveiros, 1 lavatório 1 torneira da cozinha;
- Temperatura de consumo: 40° ;
- Dados do coletor solar: $Ft_{ra} = 0,740$; $Fr_{UL} = 6,680$
- Área do coletor solar: $1,50\text{m}^2$;
- Marca: SOLIS
- Modelo: MEU SOL V150M
- Valor de irradiação global média anual (I_g): 5,25

4.1.3 Locais de abastecimento

Chuveiro:

- Ciclo diário: 10 minutos;
- Consumo: $10,0\text{ L/min}$;
- Frequência: 1 por morador.

Pia de cozinha:

- Ciclo diário: 3 minutos;
- Consumo: 5 L/min;
- Frequência: 2 por morador.

Lavatório:

- Ciclo diário: 2 minutos;
- Consumo: 3 L/min;
- Frequência: 2 por morador.

4.1.4 Cálculo do volume de armazenamento

Como citado na revisão bibliográfica o dimensionamento do reservatório de água quente foi feito através da NBR 15569/2008 pela Equação 1.

$$V_{c(chuveiro)} = 10,0 \frac{L}{min} \times 10 min \times 1 banho \times 5 residentes$$

$$V_{c(chuveiro)} = 500 L$$

$$V_{c(pia cozinha)} = 5,0 \frac{L}{min} \times 3 min \times 2 usos \times 5 residentes$$

$$V_{c(pia cozinha)} = 150 L$$

$$V_{c(lavatório)} = 3,0 \frac{L}{min} \times 2 min \times 2 usos \times 5 residentes$$

$$V_{c(lavatório)} = 90 L$$

$$V_{c(total)} = \sum (350 + 150 + 90)$$

$$V_{c(total)} = 740 \frac{L}{dia}$$

Após o cálculo do volume total diário, foi calculado o volume do reservatório de água quente, através da Equação 2.

A temperatura determinada para o armazenamento da água foi de 50° C, visto que, de acordo com a NBR 15569/2008 o valor da temperatura de armazenamento tem que ser superior

que a temperatura de consumo. E a temperatura ambiente da cidade de Santo Antônio do Sudoeste – PR, foi retirado do Atlas Brasileiro de Energia Solar e é 22°C, como mostra o ANEXO A.

$$V_{armaz.} = \frac{740 \times (40 - 22)}{(50 - 22)}$$

$$V_{armaz.} = 475 \text{ L}$$

Na norma NBR 15569/2008 tem-se que o $V_{armaz.} \geq 75\% V_{c(total)}$. Portanto foi adotado um volume de armazenamento de 600 L.

4.1.5 Cálculo da área coletora de placa plana

Para o cálculo da área coletora foram usadas as Equações 3, 4, 5, 6 e 7. Para isso, foi determinado que o coletor será da marca SOLIS e modelo MEU SOL V150M. O coletor possui isolamento térmico em lã de vidro sintética resistente a 400°C, aletas em alumínio com 0,5mm de espessura, com 100% de contato, 8 tubos de elevação em cobre, sistema de ventilação, vedação e fixação do vidro com silicone estrutural, vidro semi temperado e pintura preto fosco de alta aderência. Este modelo foi determinado por apresentar maior eficiência energética que os demais, pode ser observado no APÊNDICE A.

$$E_{\text{útil}} = \frac{600 \times 1 \times 4,18 \times (50 - 22)}{3600}$$

$$E_{\text{útil}} = 19,50 \frac{kWh}{dia}$$

$$E_{\text{perdas}} = 0,15 \times 19,50$$

$$E_{\text{perdas}} = 2,926 \frac{kWh}{dia}$$

$$PMDEE = 4,901 \times (0,740 - 0,0249 \times 6,680)$$

$$PMDEE = 2,81 \frac{kWh}{m^2}$$

$$Fc_{\text{instal}} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (26 - 36)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times 15^2]}$$

$$Fc_{instal} = 1,02$$

Então reuniu-se os resultados para jogar na fórmula final que se dá pela Equação 3.

$$A_{coletora} = \frac{(19,50 + 2,926) \times 1,02 \times 4,901}{2,81 \times 5,25}$$

$$A_{coletora} = 7,59m^2$$

Conforme visto no dimensionamento acima, foi determinado o volume do reservatório de água quente através dos cálculos de demanda de água, totalizando em um boiler de 600L, através das análises econômicas, o equipamento escolhido foi da marca KOMECO, modelo KORT SD304 60AP, de baixa pressão e com resistência interna, com o valor de R\$ 2.050,00. Os outros aparelhos orçamentados podem ser conferidos no APÊNDICE B.

Para o aquecimento da água do reservatório, foi feito o dimensionamento dos coletores solares por placas planas, visto que o valor da área coletora foi de 7,59m² e cada placa tem uma área de absorção de 1,50m², então foram determinadas 5 placas coletoras da marca SOLIS e modelo MEU SOL V150M. Totalizando um valor de R\$ 3.920,00.

4.1.6 Cálculo da área coletora de tubos a vácuo

Por conta do sistema acumulativo e fixador de moléculas que reduz sua velocidade na curva de resfriamento, a eficiência dos coletores solares por tubo a vácuo é visivelmente elevada, comparando-se aos coletores planos. Por tal razão, ao realizar o dimensionamento necessário para determinação do reservatório, pode-se optar por algum modelo de reduzida capacidade – equiparando ao rendimento dos coletores planos.

Para determinação das unidades de tubos necessária, considera-se a localidade em questão, variando por região pela oscilação na concentração e incidência solar a cada ponto geográfico.

Para instalações nas regiões Norte e Nordeste, designam-se 10 tubos para cada 300 litros de água aquecida – considerando a maior capacidade de absorção solar na região

Já para aplicações nas regiões Sul e Sudeste, consideram-se 10 tubos a cada 200 litros de fluidos estimulados calorificamente.

4.1.7 Viabilidade econômica

Para a realização da viabilidade econômica, primeiramente foi necessário levantar o custo da energia do local, que é fornecida pela COPEL, onde inclui o custo da energia mais suas tarifas. Como base foi utilizada uma conta de energia da cidade de Santo Antônio do Sudoeste – PR do mês de setembro de 2017, este valor pode ser conferido na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo da energia em Santo Antônio do Sudoeste, baixa tensão

Gênero	Residencial
Tarifa (R\$/kWh)	0,5027
COFINS (%)	5,96
PIS/PASEP (%)	1,3
ICMS (%)	29
Valor final (R\$/kWh)	0,6961

Fonte: COPEL (09/2017)

Também foram coletados dados para a instalação e tubulação necessária para instalação do sistema, na Tabela 3 estão os valores finais dos custos com a implantação do novo sistema. Com o boiler escolhido da marca e modelo, respectivamente, HELIOTEK MK600 de 600 litros a baixa pressão, e o coletor mais em conta que atende à demanda necessária da marca e modelo, respectivamente KOMECO KOCS TV 30BP G2, de 30 tubos também a baixa pressão.

Tabela 3 - Valor total do investimento do sistema

Material	Quantidade	Valor total
Coletor solar a vácuo 30 tubos KOMECO	1	R\$ 2.552,25
Reservatório KOMECO 600L	1	R\$ 2.050,25
Material para instalação	1	R\$ 1.200,00
Mão-de-obra	1	R\$ 1.200,00
TOTAL		R\$ 7.002,50

Fonte: Autor, 2017.

Por seguinte, foram analisadas as especificidades de cada equipamento, tais como potência, período de consumo diário e utilização de kWh considerando valores periódicos

diários e mensais, devidamente calculados – pela potência do aparelho multiplicada pelo período de consumo diário. Conforme apresentados na Tabela 4.

As potências adotadas para cada equipamento, foram obtidas através do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência e Energia.

Tabela 4 - Média de consumo mensal de energia de cada aparelho

Aparelho	Potência (W)	Tempo médio de utilização (minutos)	Dias de uso	Consumo médio diário (kWh)	Consumo médio mensal (kWh)
Chuveiro	5500	50	30	4,58	137,5
Lavatório	3250	20	30	1,08	32,5
Torneira de pia	3250	30	30	1,62	48,75
TOTAL	7050				218,75

Fonte: Autor, 2017.

Com esses valores tornou-se possível identificar o gasto mensal de energia, realizando a multiplicação do consumo médio mensal com o valor final da energia padronizada para residências consumidoras de baixa tensão, na cidade de Santo Antônio do Sudoeste – PR, considerando 100% de eficiência do uso do coletor, bem como o aproveitamento total do período diário. Com como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Gastos de energia com as conexões por mês

Valor final de energia (R\$/kWh)	0,6961
Consumo mensal de energia (kWh)	218,75
Gastos de energia mensal com os aparelhos (R\$)	152,27
Gastos de energia anual com os aparelhos (R\$)	1827,24

Fonte: Autor, 2017.

Devido a eventualidades existentes na utilização prática dos coletores – como demanda superior ao limite determinado pelo dimensionamento nos reservatórios – necessitando ativação do sistema auxiliar, foi considerada uma fração de 70% de aproveitamento no abastecimento pelo coletor, portanto, ocasionou-se um gasto fixo mensal de 30% sobre as despesas com os aparelhos, referente ao sistema auxiliar. Por conta disso, a Tabela 6 apresenta os valores descontados.

Tabela 6 – Gastos com a energia de acordo com o aproveitamento do coletor

	Coletores solares com 100% de aproveitamento	Sistema de aquecimento auxiliar (30%)	Coletores solares com 70% de aproveitamento
Gastos de energia anual com os aparelhos (R\$)	R\$ 1.827,24	R\$ 548,17	R\$ 1.279,07

Fonte: Autor, 2017

A partir destes dados, foi definido o valor da economia anual da residência após a implantação do SAS, ou seja, os gastos com os coletores operando com 100% de aproveitamento subtraído pelo custos com o sistema de aquecimento auxiliar, ou seja, o valor de economia anual foi de R\$ 1.279,07.

Para os cálculos das variáveis do estudo de viabilidade econômica foi necessário o levantamento de alguns quesitos, tais como, o aumento no custo de energia, que segundo Sales (2008), a previsão para a variação de preços é de 6,3% para os próximos 20 anos. Também como TMA, foi adotado a taxa SELIC que é a média de juros que o governo paga por empréstimos, onde sua rentabilidade média é de 9,24% ao ano.

Os gastos com manutenção do sistema, foi adotado o valor de R\$100,00 anuais, levando em consideração que a manutenção do sistema de tubos a vácuo é somente a limpeza a cada 6 meses.

Com todos os dados coletados, foi possível montar um fluxo de caixa com o valor de aquisição do SAS e a sua economia gerada por mês. Através de uma planilha voltada para a viabilidade econômica, foram determinadas todas as variáveis necessárias para a realização da análise financeira. Esta planilha está representada no APÊNDICE C.

Coluna 1 – Período

Simula a entrada e saídas de um fluxo de caixa. O período considerado na planilha tem intervalo de 1 ano. O estudo foi desenvolvido considerando um fluxo de caixa de 15 anos (vida útil de um SAS de tubos a vácuo), iniciando no período 0.

Coluna 2 – Ano

Simulação dos anos utilizados no fluxo de caixa, iniciando em 2017.

Coluna 3 – Valor economizado

Esta coluna representa o valor economizado após a instalação do sistema de aquecimento solar, descontando os 30% do sistema de aquecimento auxiliar, como explicado acima.

Coluna 4 – Reajuste da tarifa de energia

Nesta coluna foi estabelecido o valor do reajuste da tarifa de energia de 6,3% para todos os períodos.

Coluna 5 – Valor economizado com reajuste

Esta coluna representa o valor economizado com o SAS e acrescido a cada período com a tarifa, tendo assim um valor reajustado e acumulativo.

Coluna 6 – Manutenção

Nesta coluna foi adotado um valor de R\$ 100 ao ano, pois a manutenção do sistema de aquecimento de água por tubo a vácuo se dá pela limpeza interna do reservatório e da superfície de contato.

Coluna 7 – Fluxo de caixa

Nesta coluna estão todos os valores de entrada e saída do investimento. Com o valor inicial de saída de R\$ 7.002,50 sendo negativo e os valores de entrada todos positivos.

Coluna 8 – Fluxo de caixa no instante 0

Nesta coluna os valores do fluxo de caixa foram trazidos ao instante 0, através da Equação 8.

Coluna 9 – Somatório dos valores no instante 0

Esta coluna é acumulativa e soma todos os valores de fluxo de caixa no instante 0, ano a ano a partir do período inicial, para saber em quanto tempo o investimento gerará lucro. Como observado na planilha, o SAS obteve-se retorno financeiro entre o sexto e sétimo ano.

Coluna 10 – VPL

Através da TMA de 9,24% ao ano, determinou-se um VPL igual a R\$ 6.813,65.

Coluna 11 – TIR

Através dos dados do fluxo de caixa, foi determinada a TIR do projeto de 21%.

Coluna 12 – Tempo de retorno do capital (*payback*)

O tempo de retorno do capital acontece quando o somatório dos valores do fluxo de caixa no instante 0 tornam-se imediatamente positivo.

Foi verificado que o último valor negativo da somatória está no período 6 com o valor de - R\$ 878,68, e o valor do somatório dos valores no instante 0 do período 7 é de R\$ 940,21.

Sendo assim a Tabela 7, reúne todos os resultados para melhor visualização.

Tabela 7 – Resultados finais.

Reservatório	Komeco KORT SD304 60AP de 600L e baixa pressão
Coletor solar	Komeco KOCS TV 30BP G2 de 30 tubos
Economia anual	R\$ 1279,07
Valor de implantação do SAS	R\$ 7002,5
Valor de manutenção anual	R\$ 100
Reajuste da tarifa energética	6,30%
VPL	R\$ 6813,65
TIR	21%
Tempo de recuperação de capital	6 anos 11 meses e 7 dias

Fonte: Autor, 2017.

CAPITULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aquecimento solar em uma residência unifamiliar na cidade de Santo Antonio do Sudoeste – PR.

Nos dias de hoje a implantação de um sistema de aquecimento solar está relacionado a diversos princípios importantes, onde se evidenciam os sociais, econômicos e ambientais. O nosso país possui uma posição vantajosa em relação a insolação, por isso devem ser elaborados planos e atitudes, principalmente pelo poder público, afim de popularizar o sistema.

A maior dificuldade enfrentada foi a falta de informações sobre os coletores de tubo a vácuo, por ser considerada uma tecnologia nova, o INMETRO não possui especificações sobre as marcas e modelos vendidos no Brasil, onde teve-se que se basear em informações fornecidas pelas empresas e em informações de manuais fornecidos pelos fabricantes que vendem estes tubos, assim como também através da colaboração de profissionais da área.

Após a elaboração deste trabalho, ficaram mais claras as vantagens de aplicação de um sistema de aquecimento solar, como por exemplo, tornar mínimo problemas ambientais com a diminuição de construções de usinas hidrelétricas, maior economia para a sociedade, visto que o sistema apresenta retorno após alguns anos de implantação, pois possui aproveitamento da energia solar, que é uma fonte gratuita e ilimitada, e não poluente.

Com a comparação entre os dois sistemas, o de placa plana e o por tubos a vácuo, fica evidenciada a vantagem que o coletor por tubos possui, pela sua larga eficiência e custos quando comparado ao outro método. Pois a partir dos levantamentos feitos neste trabalho, fica claro que muitas das vezes o uso de 1 módulo de tubos pode exercer o trabalho de várias placas, tudo vai depender do tamanho de seus tubos e a sua área coletora.

Foi efetuado uma análise minuciosa sobre a viabilidade econômica do SAS. Por meio de um estudo de sistemas e cálculos efetuados tendo como base um projeto de uma residência unifamiliar com cinco moradores, foi possível determinar a economia mensal que o sistema provém mesmo com os condutores sendo considerados somente com 70% de aproveitamento, e os outros 30% de uma fonte auxiliar de energia. Obteve-se uma economia anual total de R\$ 1.279,07.

A partir dos cálculos da VPL e da TIR, foi obtido um resultado satisfatório com a implantação do sistema de aquecimento solar, pois o valor presente líquido apontou em um valor positivo e a taxa interna de retorno atingida foi superior a TMA. Por meio do cálculo do *payback* foi possível identificar que o valor de retorno do investimento foi de 6 anos, 7 meses e 11 dias, ou seja, o SAS é lucrativo para este estudo de caso.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Dimensionamento de um sistema de aquecimento solar com o uso de gás como fonte de energia auxiliar
- Viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar com o uso de gás como fonte de energia auxiliar e energia elétrica como energia auxiliar.
- Dimensionamento de um sistema de aquecimento solar por tubos a vácuo

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15569: Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto – Projeto e Instalação**. Rio de Janeiro, 2008.

ABRAVA – **Manual de capacitação em projetos de sistemas de aquecimento solar**. – Edição Abril de 2008.

ALDABO, RICARDO. **Energia Solar para produção de eletricidade** – Artliber, 2012.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). **Geração Distribuída Solar Fotovoltaica. Encontro Nacional dos Agentes do Setor Elétrico – ENASE**. Rio de Janeiro, 2016.

BORDEAUX-RÊGO, R; PAULO, G. P; SPRITZER, I. M. P. A; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 3ª ed. Rio de Janeiro; FGV, 2011.

BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. **Administração financeira**. 10ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. & SIQUEIRA, J. O. **Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo**. São Paulo 1998. Disponível em <<http://www.infinitaweb.com.br/albruni/academicos/bruni9802.pdf>>. Acesso em 21 set. 2017.

CAPELLI, A. **Energia elétrica para sistemas automáticos de produção**. São Paulo: Editora Érica, 2007.

CHAGURI, J. J. J. **Sistemas prediais de aquecimento de água a gás: parâmetros de dimensionamento e gerenciamento**. Dissertação de Mestrado em Energia da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo: 2009.

ENAT. **Energias Naturais**. Disponível em <http://www.enat.pt> Acesso em: 12 out. 2017

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de Investimento da Empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 7ª ed. São Paulo, Harbra 2002.

GORE, A. **Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática**. Barueri, SP: Manole, 2010.

GREENPEACE, 2016 Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/Relatorio_Alvorada_Greenpeace_Brasil.pdf> EPE [Empresa De Pesquisa Energética]. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Nota Técnica. Rio de Janeiro, 2012

KUHNER, O. L.; BAUER, U. R. **Matemática Financeira Aplicada e Análise de Investimentos**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LIMA, J. B. A. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa Trnsys**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MARQUES, N. M. **Aquecedores de água: tipos, características e projeto básico**. Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

MASSANO, RENATO. **Soluções em Hidráulica**. Disponível em: < http://www.renatomassano.com.br/dicas/residencial/aquecedores_de_passagem.asp > Acesso em: 16 ago. 2017

MIYAZATO, TARSILA. **Aquecimento Solar Residencial. Diretrizes para implantação** – Appris, 2016

OLIVEIRA, ANDRÉA. **As vantagens da energia solar e sua utilização**. Disponível em: < <https://www.cpt.com.br/cursos-energiaalternativa/artigos/as-vantagens-da-energia-solar-e-sua-utilizacao> > Acesso em: 20 set. 2017

OLIVEIRA, J. A. N. **Engenharia Econômica: uma abordagem às decisões de investimento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1982

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> > Acesso em: 10 out. 2017.

RÍSPOLI, Í. A. G. **Projeto e Cálculo de uma Reforma Hidráulica para Escola Universitária**. São Paulo, 1999.

RUSSI, M. **Projeto e análise da eficiência de um sistema solar misto de aquecimento de água e de condicionamento térmico de edificações para Santa Maria – RS**. Dissertação Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

RÜTHER *et al* 2006. **Atlas Brasileiro de Energia Solar** – São José dos Campos; INPE

SANTOS, E, O. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

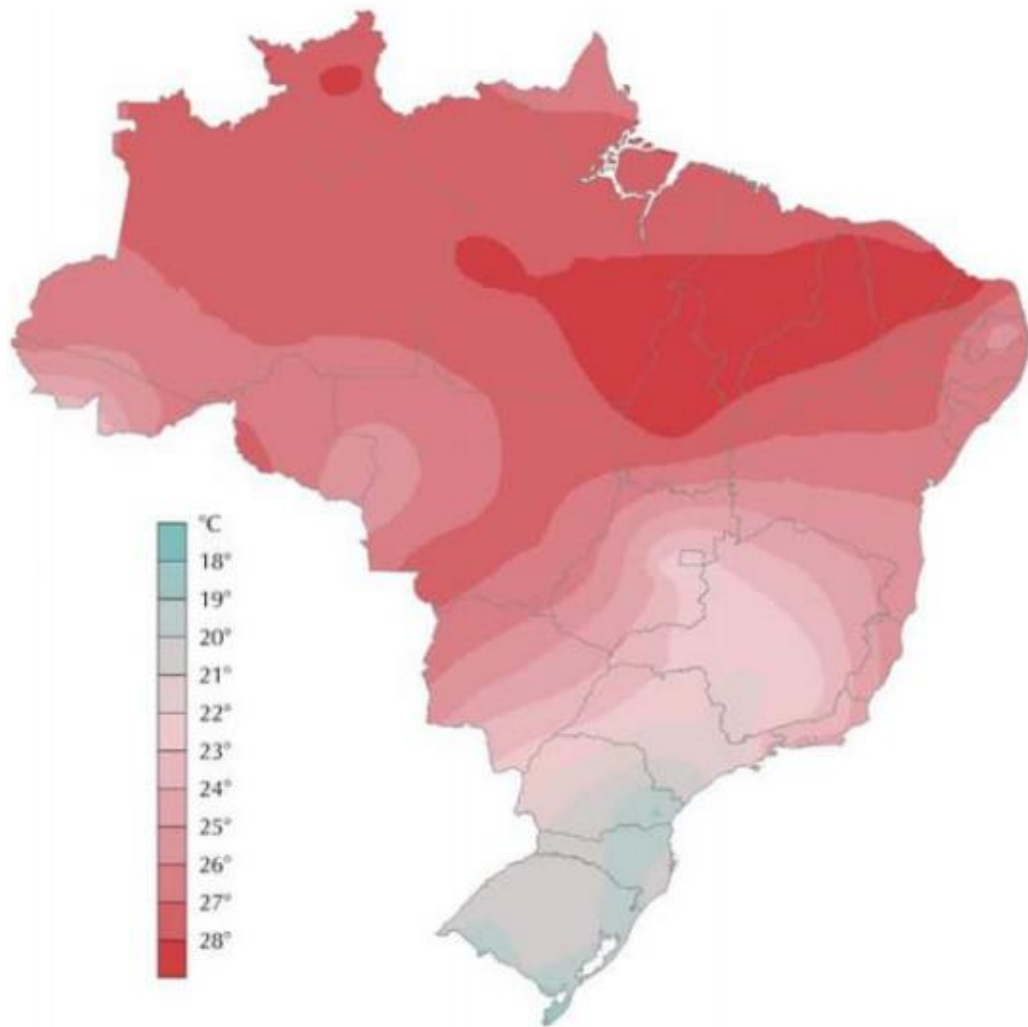
SECURATO, J. R. **Cálculo Financeiro das Tesourarias**. 3ª ed. São Paulo: Saint Paul Institute of Finance, 2005

SILVA, E. C. **Como administrar o fluxo de caixa das empresas** – São Paulo, Atlas, 2005.

SOLARESOL, 2016. Disponível em: < <http://www.solaresol.com.br/loja/aquecedor-solar-vacuio-20-tubos.html> > Acesso em: 20 set. 2017

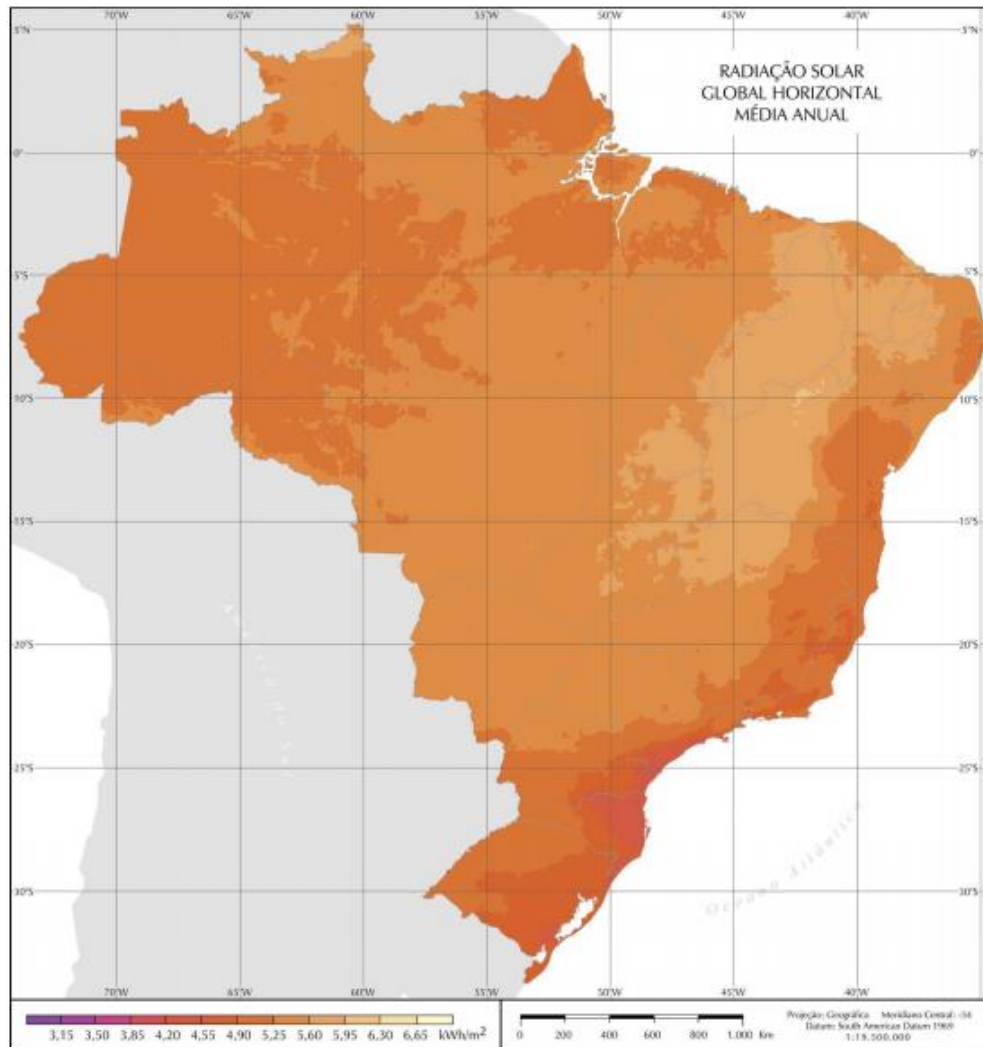
ZDANOWICZ, J. E. **Fluxo de caixa**. 7ª ed, Porto Alegre. Sagra Luzzato, 2000.

ANEXO A – Temperatura média anual nas regiões brasileiras



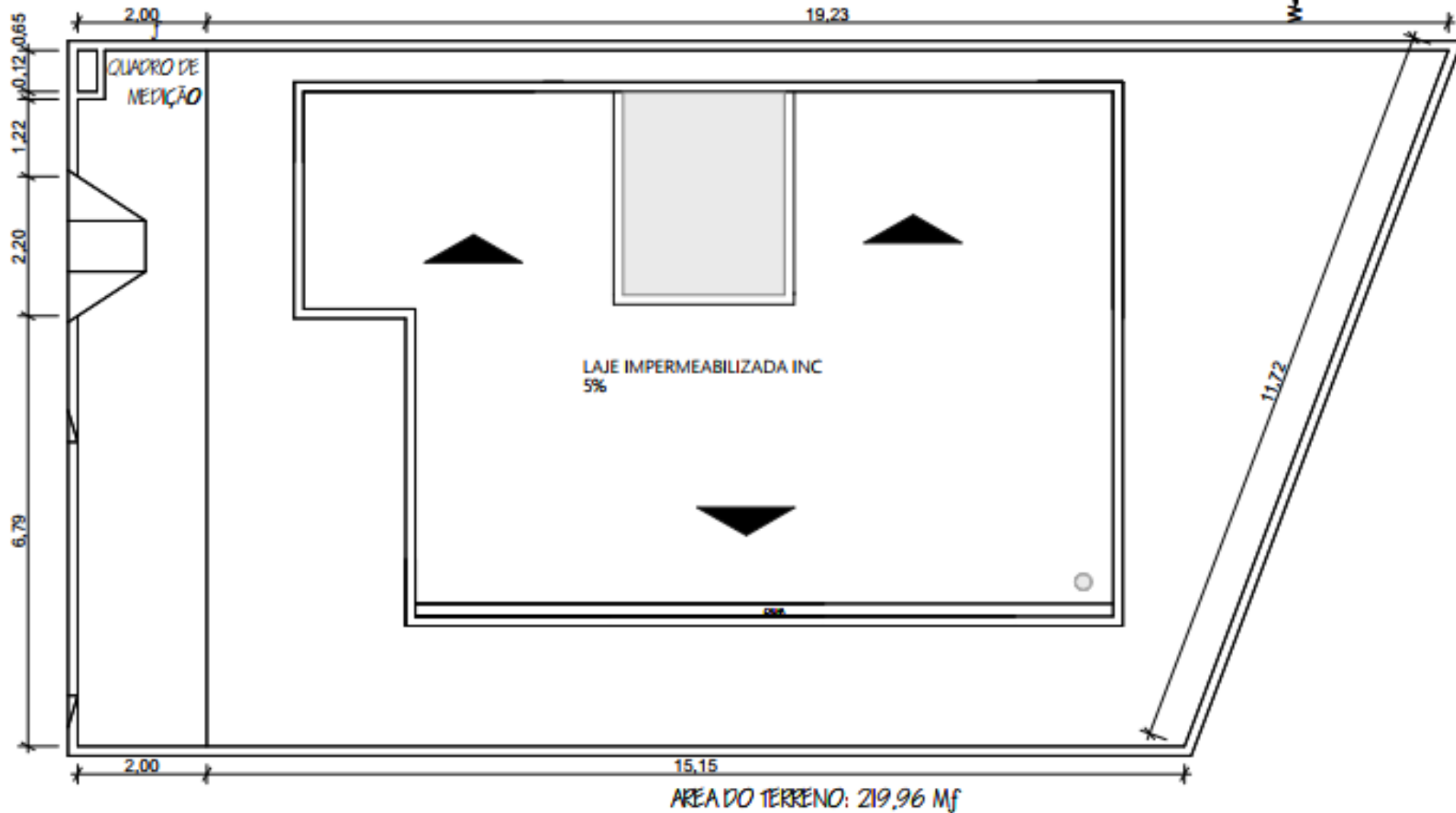
Fonte: ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2006.

**ANEXO B – Radiação solar global diária em média anual nas regiões
brasileiras**



Fonte: ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2006

ANEXO C – Implantação da residência

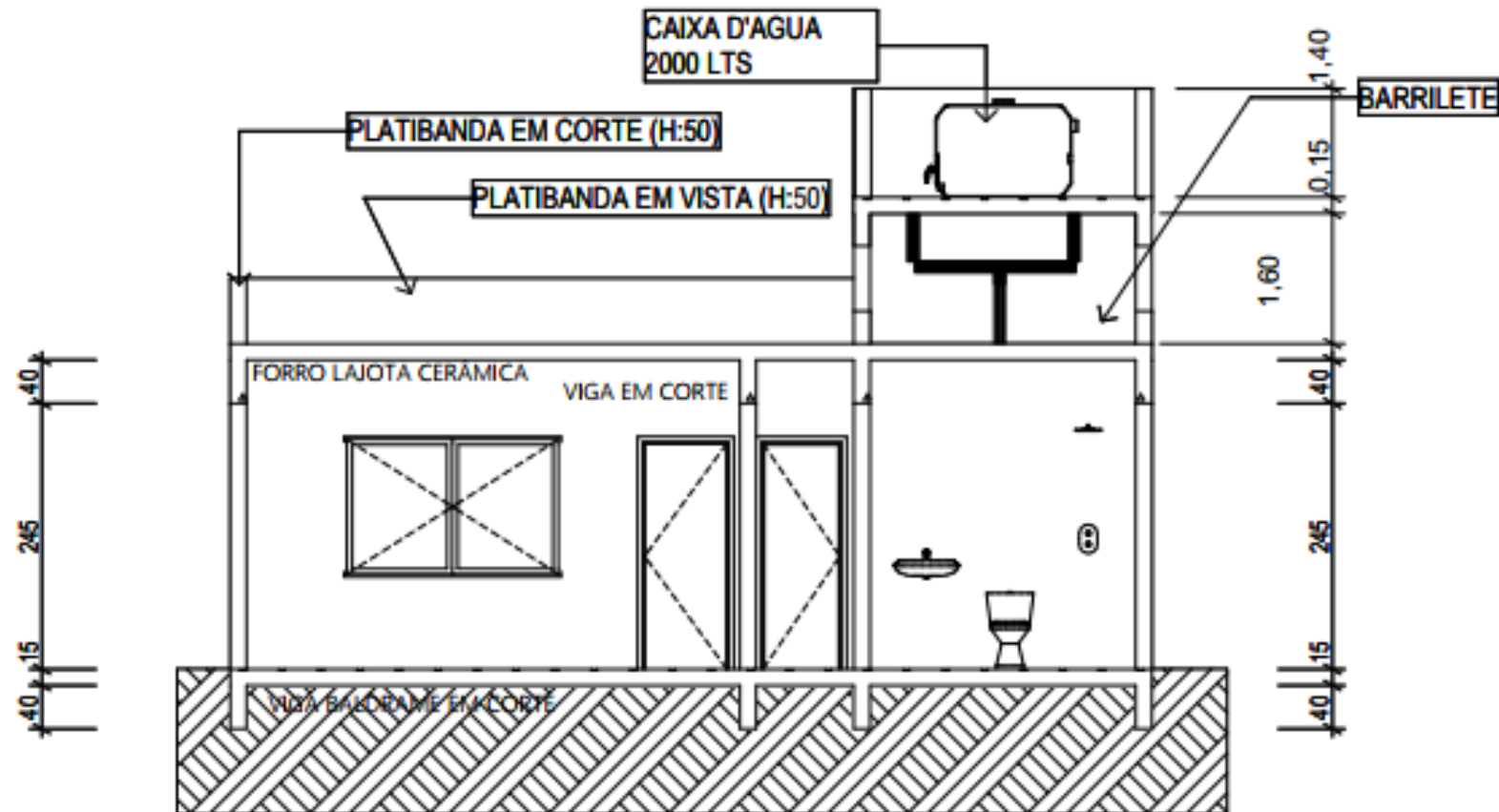


1

IMPLANTAÇÃO
1:100

PROJETO RESIDENCIAL
IMPLANTAÇÃO
ALLISSON DIEGO CONSORTE

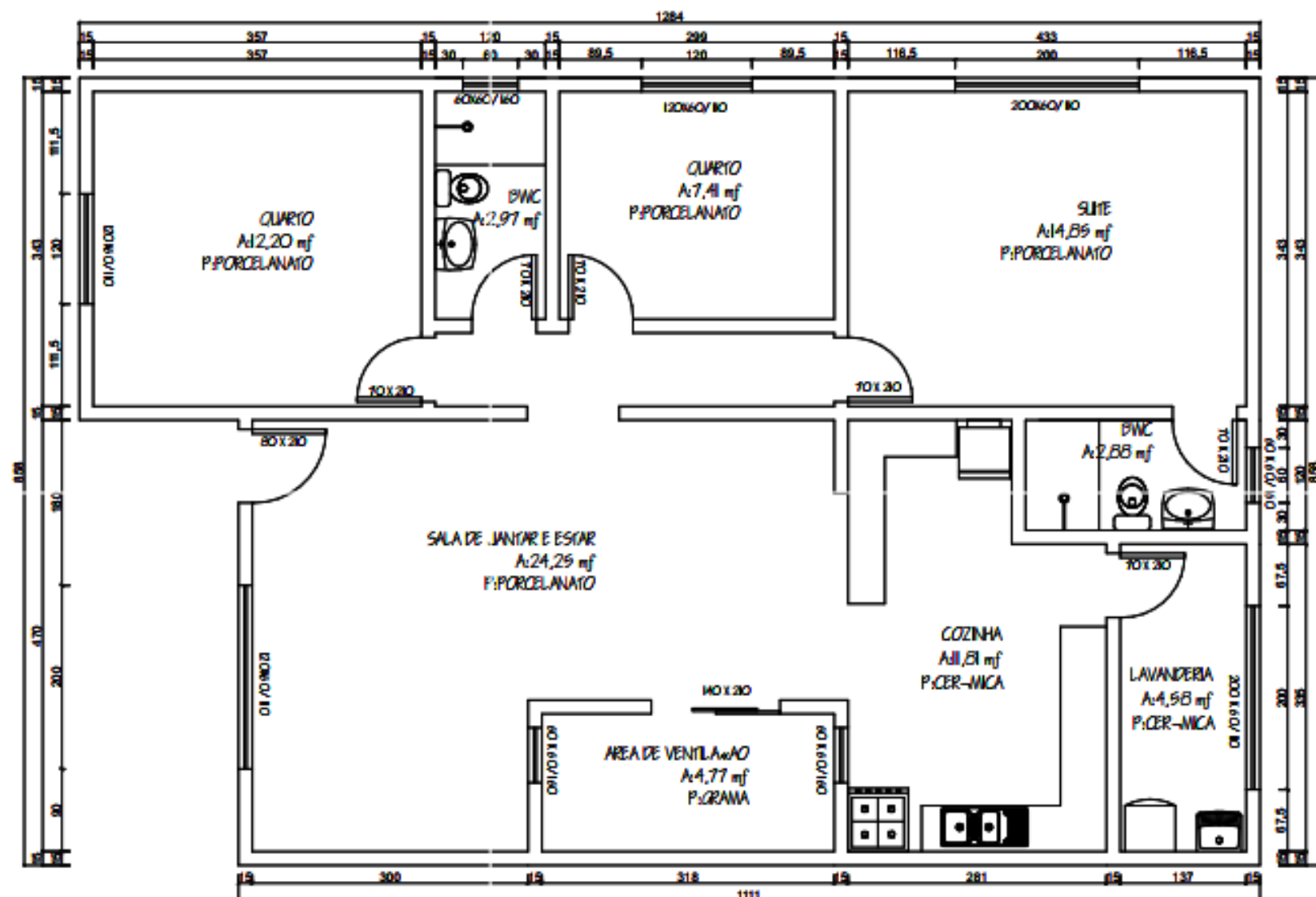
CAIXA D'AGUA
2000 LTS



CORTE AA
1:75

ALLISSON DIEGO CONSORTE

ANEXO E – Planta baixa da residência



AREA TOTAL: 101,77 M²

APÊNDICE A – Levantamento de dados dos coletores solares planos

					PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE ENERGIA							
MARCA	MODELO	DIMENSÃO	PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO (mca)	ÁREA EXTERNA DO COLETOR (m ²)	Por coletor (kWh/mês)	Por m ² (Específica) (kWh/mês.m ²)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA	CLASSIFICAÇÃO DO INMETRO	MATERIAL DA SUPERFÍCIE ABSORVEDORA	$F_{r_{ta}}$	$F_{r_{UL}}$	VALOR UNITÁRIO
Solis	TROPICOS ALFA V 150	1,50 x 1,00 m	40,00	1,50	116,10	77,40	55,76	B	ALUMÍNIO	0,697	5,655	R\$ 677,60
Solis	Meu Sol V150M	1,50 x 1,00 m	40,00	1,50	122,60	81,70	59,30	A	ALUMÍNIO	0,740	6,680	R\$ 784,00
Solis	POLAR HOT V150M	1,50 x 1,00 m	40,00	1,50	122,00	81,33	55,76	A	ALUMÍNIO	0,722	4,800	R\$ 1.319,00
Heliotek	MC20 Evolution Pro	2,00 x 1,00 m	40,00	2,00	179,00	89,50	57,11	A	ALUMÍNIO	0,739	5,051	R\$ 1.047,80

APÊNDICE B - Levantamento de dados dos reservatórios térmicos

							DIMENSÕES EXTERNAS (mm)				
MARCA	MODELO	OPÇÕES DE SELEÇÃO	VOLUME (litros)	POTÊNCIA (kW)	PERDA ESPECÍFICA DE ENERGIA MENSAL (kWh/mês/l)	PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO (mca)	Comprimento	Diametro	MATERIAL DO CORPO INTERNO	MATERIAL DO ISOLAMENTO TERMICO	VALOR UNITÁRIO
Solis	TROPICOS ALFA 600BPF	Baixa pressão	600,00	3,00	0,11	5,00	1955,00	750,00	Aço inox	Poliuretano Expandido	R\$ 3.241,70
Heliotek	MK600	Baixa pressão	600,00	2,50	0,13	5,00	2300,00	680,00	Aço inox	Poliuretano	R\$ 2.534,24
Heliotek	MKP600A	Alta pressão	600,00	2,50	0,13	40,00	2300,00	680,00	Aço inox	Poliuretano	R\$ 5.006,50
Komeco	KORT SD304 60AP	Baixa pressão	600,00	3,00	0,13	5,10	2160,00	700,00	Aço inox	Poliuretano	R\$ 2.050,00

APÊNDICE C – Planilha para a viabilidade econômica de implantação do SAS

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		
Período	Ano	Valor economizado	Reajuste da tarifa de energia	Valor da economia com reajuste	Gasto com manutenção	Fluxo de caixa	Fluxo de Caixa no instante 0	Somatório dos valores no instante 0	TMA	VPL de projeto	TIR de projeto	Tempo de recuperação de capital	
0	2017					-R\$ 7.002,50		-R\$ 7.002,50	9,24%	R\$ 6.813,65	21%	Período 6	Débito -R\$ 878,68 (anual)
1	2018	R\$ 1.279,07		R\$ 1.279,07	R\$ 100,00	R\$ 1.179,07	R\$ 1.079,34	-R\$ 5.923,16				Período 7	Crédito R\$ 61,54 (anual)
2	2019	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.359,65	R\$ 100,00	R\$ 1.259,65	R\$ 1.055,57	-R\$ 4.867,59					
3	2020	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.445,31	R\$ 100,00	R\$ 1.345,31	R\$ 1.031,99	-R\$ 3.835,60				Período 7	Economia R\$ 940,21 (anual)
4	2021	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.536,36	R\$ 100,00	R\$ 1.436,36	R\$ 1.008,64	-R\$ 2.826,95					R\$ 78,35 (mensal)
5	2022	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.633,15	R\$ 100,00	R\$ 1.533,15	R\$ 985,55	-R\$ 1.841,41					
6	2023	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.736,04	R\$ 100,00	R\$ 1.636,04	R\$ 962,73	-R\$ 878,68				Débito ano Período 6	= 11,21 meses
7	2024	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.845,41	R\$ 100,00	R\$ 1.745,41	R\$ 940,21	R\$ 61,54				Economia mês Período 7	
8	2025	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 1.961,68	R\$ 100,00	R\$ 1.861,68	R\$ 918,02	R\$ 979,55					
9	2026	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 2.085,26	R\$ 100,00	R\$ 1.985,26	R\$ 896,15	R\$ 1.875,71				O sistema se pagou em 6 anos 11 meses e 7 dias	
10	2027	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 2.216,63	R\$ 100,00	R\$ 2.116,63	R\$ 874,64	R\$ 2.750,35					
11	2028	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 2.356,28	R\$ 100,00	R\$ 2.256,28	R\$ 853,48	R\$ 3.603,83					
12	2029	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 2.504,73	R\$ 100,00	R\$ 2.404,73	R\$ 832,69	R\$ 4.436,52					
13	2030	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 2.662,52	R\$ 100,00	R\$ 2.562,52	R\$ 812,28	R\$ 5.248,80					
14	2031	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 2.830,26	R\$ 100,00	R\$ 2.730,26	R\$ 792,25	R\$ 6.041,05					
15	2032	R\$ 1.279,07	6,30%	R\$ 3.008,57	R\$ 100,00	R\$ 2.908,57	R\$ 772,60	R\$ 6.813,65					