



Estudo Técnico-Econômico de um Sistema Sustentável de Coleta Solar e Captação de Águas Pluviais

Hugo Gomes D'Amato Villardi
Rafael Tini Cardoso Savattone Ribeiro

Projeto de Final de Curso

Orientadores

Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Prof. Eduardo Mach Queiroz, D.Sc.

Reinaldo Coelho Mirre, M.Sc.

Outubro de 2011

Estudo Técnico-Econômico de um Sistema Sustentável de Coleta Solar e Captação de Águas Pluviais

**Hugo Gomes D'amato Villardi
Rafael Tini Cardoso Savattone Ribeiro**

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Carlos André Vaz Junior, D.Sc.

André Alann Catarino de Oliveira, M.Sc.

Fábio Pedro do Nascimento, Eng.

Orientado por:

Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Prof. Eduardo Mach Queiroz, D.Sc.

Reinaldo Coelho Mirre, M.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Outubro de 2011

Ribeiro, Rafael Tini Cardoso Savattone Ribeiro; Villardi, Hugo. Gomes D'amato
Estudo Técnico-Economico de um Sistema Sustentável de Coleta Solar e
Captação de Águas Pluviais / Hugo Gomes Damato Villardi, Rafael Tini
Cardoso Savattone Ribeiro . Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2011.

vi, 64 p.; il.

(Projeto Final de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, 2011. Orientadores: Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Eduardo Mach
Queiroz e Reinaldo Coelho Mirre.

1. Sustentabilidade. 2. Aquecedor Solar 3. Reúso Urbano. 4. Projeto Final de
Curso. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.,
Eduardo Mach Queiroz, D.Sc. e Reinaldo Coelho Mirre, M.Sc. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Por Hugo Villardi

Agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades, conselhos e abrigo sempre que precisei.

Segundo, mas tão importantes quanto, a meus pais, Augusto e Elenice, e meu irmão, Vitor, pelo grande incentivo ao longo desse trabalho. O apoio de vocês foi muito importante para seguir em frente e enfrentar todos os obstáculos encontrados.

À minha noiva Socciaray, pela paciência e pelo carinho nos momentos mais difíceis. Seu amor e sua ajuda foram muito importantes.

Aos orientadores, Reinaldo, Fernando e Eduardo, por confiarem no trabalho. Obrigado pela ajuda e amizade durante todo o tempo.

Aos professores da EQ que estiveram dispostos a ajudar com seus conhecimentos, contribuindo de forma significativa para a realização desse trabalho.

A toda galera do grupo GIPQ, grupo no qual tive grande satisfação de conhecer e trabalhar em conjunto.

Aos amigos da EQ, que sofreram comigo durante o período de disciplinas, conseguimos seguir em frente.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

ESTUDO TÉCNICO-ECONÔMICO DE UM SISTEMA SUSTENTÁVEL DE COLETA SOLAR E CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Hugo Gomes D'amato Villardi
Rafael Tini Cardoso Savattone Ribeiro

Outubro, 2011

Orientadores: Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.
Prof. Eduardo Mach Queiroz, D. Sc.
Reinaldo Coelho Mirre, M.Sc.

As ofertas de energias atuais não acompanham o crescimento populacional nem o desenvolvimento tecnológico levando o planeta a um colapso energético. As fontes de energias fósseis ajudaram muito o desenvolvimento tecnológico, mas também provocaram graves impactos ambientais, como aumento da quantidade de CO₂ na atmosfera. A utilização de energia limpa gera impactos significativos em três aspectos: (i) econômico, possibilitando a conservação de energia elétrica, que representa um gasto excessivo nos investimentos do governo, também nos aspectos (ii) social e (iii) ambiental, a substituição de tecnologia implicará em diminuição do impacto ambiental, uma vez que a implantação de hidrelétricas só é possível mediante o desmatamento e alagamento de uma grande região. Neste sentido, este trabalho tem como principal objetivo avaliar o impacto econômico e ambiental da substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água por sistemas solares planos, juntamente com a coleta e posterior reúso da água de chuva. Este impacto será avaliado, especificamente para residências e aquecedores solares oferecidos no mercado, cujas características de operação e consumo são bastantes peculiares devido à grande diversidade de serviços oferecidos.

Sumário

I - Introdução	1
II - Revisão bibliográfica.....	5
II.1 – Energia Solar.....	5
II.2 – Reaproveitamento de Água da Chuva	11
III – Metodologia	15
IV - Resultados e discussão	21
IV.1 - Dados de aquecimento solar	21
IV.2 - Dados da reutilização de água da chuva	28
IV.3 - Custo de implantação dos sistemas e estimativa de retorno	30
V - Conclusões e sugestões	37
Referências	39
ANEXO I - LEI Nº 4393, DE 16 DE SETEMBRO DE 2004.	44
ANEXO II – CÁLCULO DO CONSUMO MENSAL DE ENERGIA DOS CHUVEIROS ELÉTRICOS.....	1
ANEXO III - CÁLCULO DA ENERGIA SOLAR	5
ANEXO V - DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA CIDADE DO RIO DE JANEIRO	1

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplos de Energias Renováveis	2
Figura 2 - Aplicações da Energia Solar (adaptado de BAPTISTA, 2006).....	6
Figura 3 - Volume de vendas por região (adaptado de DASOL, 2011).....	7
Figura 4 - Painéis fotovoltaicos (CASTRO, 2004).....	8
Figura 5 – Figura de um coletor de Placa Plana (adaptado de SÖZEN et al, 2008)	9
Figura 6 - Coletor Solar de Tubos a Vácuo (adaptado de ENVIRO-FRIENDLY, 2005).	10
Figura 7 - Coletor Solar Parabólico (adaptado de POULLIKKAS, 2009).....	10
Figura 8 - Coletor solar prato parabólico – adaptado de (KALOGIROU, 2004).....	11
Figura 9 – Minimização do consumo de água por reúso	13
Figura 10 – Minimização do consumo de água por regeneração com reúso.....	13
Figura 11 – Minimização do consumo de água por regeneração com reciclo	13
Figura 12- Esquema proposto.....	15
Figura 13 - Fluxograma da metodologia de cálculo dos gastos de água e energia elétrica com chuveiro, por domicílio.....	17
Figura 14 - Esquema da metodologia de cálculo da área de captação e economia gerada pelo reúso de água da chuva.	17
Figura 15 - Gastos anuais com chuveiro de 2,5 kW utilizando aquecedor Mini Cobre. 25	
Figura 16 - Gastos anuais com chuveiro de 6,5 kW utilizando aquecedor Mini Cobre. 25	
Figura 17 - Redução dos gastos anuais com chuveiro de 2,5 kW utilizando aquecedor Max Alumínio 2.	27
Figura 18 - Redução dos gastos anuais com chuveiro de 6,5 kW utilizando aquecedor Max Alumínio 2.	28
Figura 19 - Custo da água potável com substituição pela água da chuva.	30
Figura 20 - Custo e economia para estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.....	32
Figura 21 - Custo e economia para estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.....	33
Figura 22 - Custo e economia para estimativas de 75% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.....	34
Figura 23 - Custo e economia para estimativas de 75% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.....	35

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Energias renováveis.....	3
Tabela 2 - Valor do kWh em R\$.....	16
Tabela 3 - Tarifação CEDAE	16
Tabela 4 - Valores dos parâmetros a e b para Viçosa - MG (adaptado de ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2010) e de R_0 e N obtidos	19
Tabela 5 - Tipos de aquecedores solares oferecidos no mercado.....	19
Tabela 6 - Aquecedor Max 1,60 vertical	20
Tabela 7 - Aquecedor Max Mini Cobre.....	20
Tabela 8 - Consumo de energia elétrica nas cidades estudadas	21
Tabela 9 - Dados de R_g em kWh/m ² .mês gerados pela energia solar por mês.....	22
Tabela 10 - R_g mensal (kWh/mês) obtido para Aquecedor Mini Cobre de área coletora de 1,03 m ²	22
Tabela 11 - R_g anual (kWh/ano) obtido para Aquecedor Mini Cobre de área coletora 1,03 m ²	23
Tabela 12 - Porcentagem de redução anual utilizando 50% de tempo com sol.	23
Tabela 13 - Porcentagem de redução anual utilizando 75% de tempo com sol.	23
Tabela 14 - Porcentagem de redução anual utilizando 100% de tempo com sol	24
Tabela 15 - R_g mensal (kWh/mês) obtido para Aquecedor Max Alumínio de área coletora de 2,00 m ²	25
Tabela 16 - R_g anual (kWh/ano) obtido para Aquecedor Max Alumínio 2 de área coletora 2,00 m ²	26
Tabela 17 - Porcentagem de redução anual utilizando 50% de tempo com sol.....	26
Tabela 18 - Porcentagem de redução anual utilizando 75% de tempo com sol.	26
Tabela 19 - Porcentagem de redução anual utilizando 100% de tempo com sol.	27
Tabela 20 - Médias pluviométricas mensais.....	28
Tabela 21 - Consumo mensal de água potável para as oito cidades.	28
Tabela 22 - Consumo e gasto com água anual com e sem esgoto.....	29
Tabela 23 - Consumo anual de água potável com reuso.	29
Tabela 24 - Área de captação para substituição da água potável pela chuva.	30
Tabela 25 - Custo do coletor em função da quantidade de água a ser substituída.	31
Tabela 26 - Custo dos sistemas de aquecimento	31
Tabela 27 - Tempo de retorno em anos para os dois sistemas de estudo e estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades.	32
Tabela 28 - Tempo de retorno (em anos) para os dois sistemas de estudo e estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades.	33
Tabela 29 - Tempo de retorno (em anos) para os dois sistemas de estudo e estimativas e 75% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades.	34
Tabela 30 - Tempo de retorno (em anos) para os dois sistemas de estudo e estimativas e 75% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades.	35

I - Introdução

As ofertas de energias atuais não acompanham o crescimento populacional nem o desenvolvimento tecnológico levando o planeta a um colapso energético. As fontes de energias fósseis ajudaram muito o desenvolvimento tecnológico, mas também provocaram graves impactos ambientais, como aumento da quantidade de CO₂ na atmosfera (MACEDO, 2010). Por isso, é possível constatar que as fontes de produção de energia estão saturadas e sua contínua utilização gera forte impacto ao meio ambiente.

Há anos, o Brasil vem apresentando grande dificuldade em suprir a demanda energética. Um exemplo disso foi o racionamento de energia elétrica estabelecida pelo governo federal em 2001. Tal medida também ajudou na percepção dos consumidores quanto à adoção de um consumo energético mais responsável, com sensível reflexo no gasto de energia elétrica. Segundo o Plano Decenal de Expansão 2003 - 2012 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002), o nível de consumo de energia elétrica pelo setor residencial em 2002 não voltou a atingir os patamares do período anterior ao racionamento.

Em abril de 2002, o Congresso Nacional aprovou o DL 10438/2002 visando a criação de um mercado mandatório brasileiro para as energias renováveis e assegurando o suporte legal necessário para uma ação estrutural. Em seu Artigo 3º, foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), que incentivava a geração de energia elétrica a partir das fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa. Esta iniciativa do Estado mostrou sua pretensão em buscar alternativas para reduzir o consumo de energia elétrica e/ou ampliar a oferta, usando os recursos naturais do país e assim, com o estudo e a adoção de fontes energéticas alternativas, evitaria o investimento em novas usinas hidrelétricas e termelétricas, as quais por si só já apresentam significativo impacto ambiental.

A Figura 1 ilustra algumas das fontes de energia com potencial favorável de aplicabilidade.



Figura 1 – Exemplos de Energias Renováveis

A energia eólica apresenta um caráter comercial em expansão, seu potencial para produção de energia é elevado, isto somado ao fato de não necessitar de água para resfriamento tornando sua aplicação mais rentável. A relação carga/produção baixa, a ameaça à espécies de pássaros e morcegos e o fato de apresentar interferências aos radares são fatores que precisam ser contornados para viabilizar seu emprego em maior escala. O preço para geração fica em torno de US\$ 0,06 - 0,08 kWh (WALD, 2010).

Em termos comerciais, a energia geotérmica ainda é produzida em pequena escala, seu suprimento é suficientemente confiável para ser utilizada como carga de base. O vapor de águas subterrâneas, essencial para produção deste tipo de energia, pode conter substâncias nocivas (como óxidos de nitrogênio e sulfatos), podendo causar poluição do ar e danos ao trocador de calor do processo. O processo depende da estrutura geológica, que nem sempre é próxima das linhas de transmissão. O preço de geração gira em torno de US\$ 0,06 - 0,07 kWh (WALD, 2010).

Em relação à energia solar, existem dois tipos de tecnologias: célula fotovoltaica e térmica. Atualmente, muitos estudos para otimização e inclusão dessas tecnologias na matriz energética principal estão em desenvolvimento. As células fotovoltaicas utilizam a conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Na térmica, a energia é produzida pela troca de calor, e a energia é usada diretamente, podendo ser convertida ou não; no caso de geração de energia elétrica, a radiação solar aquece a água do trocador de calor que, em seguida, irá mover uma turbina ligada ao sistema (SHUANG-YING WU, 2009).

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as energias renováveis, relacionando suas vantagens e desvantagens, bem como suas respectivas faixas de custo.

Tabela 1 - Energias renováveis

ENERGIA	PREÇO (US\$/kWh)	VANTAGEM	DESVANTAGEM
Solar térmica	0,20 – 0,28	Armazenamento mais adequado das renováveis.	Exige solo plano; melhores recursos longes das linhas de transmissão; perturba ambientes desertos intocados, pois são as áreas de maior insolação; pode exigir água para refrigeração, o que é difícil encontrar em desertos.
Eólica	0,06 – 0,08	Grande potencial de produção; não necessita de resfriamento.	Relação carga/produção baixa; constitui ameaça a pássaros e morcegos; pode interferir nos radares aéreos; os melhores locais são longe do centro urbano.
Geotérmica	0,06 – 0,07	O suprimento desta energia é confiável para ela ser utilizada como carga de base.	O vapor d'água subterrâneo pode danificar o trocador de calor e se liberado no ambiente poluir o ar; a localização é aleatória e pode ser longe de linhas de transmissão.
Solar fotovoltaica	0,47 – 0,70	Pode ser utilizada em áreas congestionadas, economizando não só o custo de geração como de instalação de novas linhas de distribuição de energia; pico de produção acompanha o pico da demanda; não necessita de água de refrigeração.	Fora do alcance dos recursos do consumidor médio; a produção é pequena.

Ao longo da história existem vários relatos do uso da energia solar. O primeiro registro de utilização da concentração do Sol para sua utilização como energia data de 212

AC, quando Arquimedes, através de espelhos, a utilizou para incendiar os navios romanos que se aproximavam (POULLIKKAS, 2009).

A utilização deste tipo de energia gera impactos significativos em três aspectos: (i) econômico, possibilitando a conservação de energia elétrica, que representa um gasto excessivo nos investimentos do governo, também nos aspectos (ii) social e (iii) ambiental, a substituição de tecnologia implicará em diminuição do impacto ambiental, uma vez que a implantação de hidrelétricas só é possível mediante o desmatamento e alagamento de uma grande região. No resto do mundo, usinas termoeletricas, nuclear, carvão e gás natural são mais comuns, no entanto, as energias geradas por elas, são mais impactantes ao meio frente à energia solar.

Um dos fatores que tornam a energia solar vantajosa é o Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), um dos seus objetivos é estimular os consumidores a transferir seus horários de consumo de energia, visto que os picos de consumo acontecem ao entardecer. A energia solar faria com que as pessoas trocassem o entardecer pelos horários com maior radiação solar (CHADE, 2004). Como as residências, em sua maioria, cerca de 70% utilizam chuveiros elétricos para aquecimento da água de banho justamente neste horário crítico, a concessionária tem que estar pronta para atender a esta demanda e isto envolve investimentos de expansão, caso necessário, da ordem de US\$815/kW a US\$1.570/kW, no caso de novas hidrelétricas. (PROCEL, 1988).

Neste contexto, o presente trabalho encontra-se centrado nos seguintes objetivos:

- Apresentar estudos referentes ao uso de aquecedores solares e as vantagens de cada configuração apresentada;
- Avaliar a possibilidade de se adotar técnicas de reúso de água, incluindo análise acerca da utilização da água de chuva;
- Estudar a aplicação destas duas tecnologias a cenários diferentes e realizar análise técnico-econômica dos mesmos, de modo a verificar sua viabilidade de implantação.

Assim, no Capítulo 2, realiza-se uma breve revisão bibliográfica visando analisar o mercado e as configurações dos aquecedores solares disponíveis para utilização e estudo, isto em união as casos de aplicação e trabalhos referentes ao reúso urbano.

Para este trabalho, a partir da revisão apresentada, o Capítulo 3 estabelece a metodologia de estudo para este trabalho, o qual será aplicado no Capítulo 4. Esta metodologia será aplicada para três cenários distintos, bem como sua viabilidade técnica será avaliada. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões e perspectivas do trabalho, assinalando sugestões para a continuidade do estudo.

II - Revisão bibliográfica

II.1 – Energia Solar

O transporte de energia elétrica via linhas de distribuição a locais de baixa densidade populacional têm um custo elevado, isso ocorre pelo fato desses pequenos vilarejos consumirem pouca energia e estarem distantes dos centros energéticos existentes. Nesses casos, pequenas unidades de produção de energia solar ou eólica teriam um excelente custo benefício para o uso modesto de energia, como o uso de ventiladores, refrigeradores, bombas d'água, etc. É possível projetar sistemas pequenos de captação de energia solar que possam ser implantados em casas e pequenos comércios (FOSTER et al, 2010).

A utilização de um sistema que torne possível o uso dos raios solares como fonte de energia, direta ou indireta, é viável tecnicamente. O Sol gera aproximadamente 63 MW/m^2 em sua superfície (KALOGIROU, 2004), sendo uma excelente fonte para energia. Sua conversão em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação eletromagnética sobre determinados materiais semicondutores; entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares. Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de eletricidade (ANEEL, 2002).

A Figura 2 apresenta algumas das possíveis aplicações acerca do aproveitamento da energia solar.

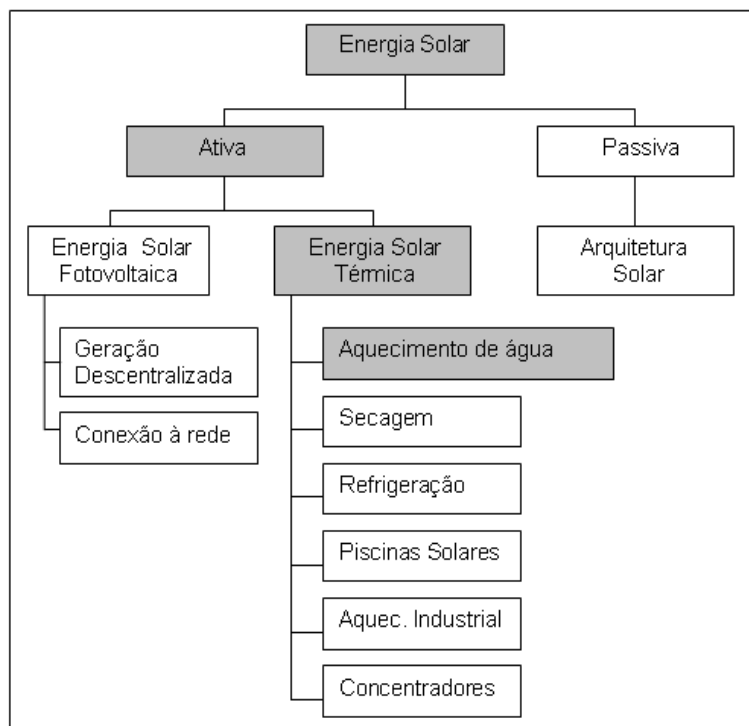


Figura 2 - Aplicações da Energia Solar (adaptado de BAPTISTA, 2006)

O aquecimento solar passivo vem do aproveitamento da iluminação natural e do calor decorrente da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se com isso as necessidades de iluminação e aquecimento. Podendo assim ter um melhor aproveitamento da radiação solar através de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção. A partir desses princípios básicos, um edifício pode tirar vantagens da variação da passagem do Sol pelo céu (BAPTISTA, 2006).

No hemisfério Sul, as janelas voltadas para o Norte, o isolamento adequado e o uso de materiais pesados como o concreto podem ajudar a captar o Sol do inverno para aquecimento. Os mesmos prédios podem ser resfriados em meses quentes através da sombra de árvores e de telhados que permitam a projeção sombras nas janelas. Medidas simples como estas são capazes de reduzir os custos de aquecimento em 40% ou mais (UNEP, 2003).

A utilização de sistemas de aquecimento solar em larga escala pode contribuir também para o desenvolvimento econômico do país, uma vez que a tecnologia já é dominada nacionalmente e gera muitos empregos na fabricação, nas revendas e na área de projeto e instalação. Graças à distribuição de empresas em quase todo o Brasil, o aquecedor solar permite o emprego de mão de obra local, principalmente nas fases de instalação e manutenção (MESQUITA, 1996).

Muitas leis municipais estão sendo criadas e têm por primeiro objetivo ampliar a utilização de energias limpas nos municípios, para uma melhor qualidade de vida de seus habitantes, e contribuir para a consciência ecológica e sustentável. No Brasil, elas estão em processo de implantação desde 2006 e já são realidade em algumas cidades, como São Paulo. De fato, colaboram para a ampliação do setor e, principalmente, para a produção em escala, viabilizando também a redução dos custos. Outro exemplo de legislação que privilegia o meio ambiente é o Projeto de Lei 630/03, que foi aprovado pela Câmara Federal em 21 de outubro de 2003, e está a caminho do Senado. Ele prevê, dentre vários incentivos a tecnologias limpas, descontos na tarifa de energia elétrica aos estabelecimentos dotados de energia solar para aquecimento de água (DASOL, 2011).

Em 2010, a produção brasileira de coletores solares cresceu 21,1% em relação ao ano anterior, conforme pesquisa realizada pelo Departamento de Aquecimento Solar junto às empresas associadas. Foram produzidos 967 mil m², o maior volume anual já registrado. Além das placas de coletores, a pesquisa também abrangeu os reservatórios térmicos, componente igualmente importante dos sistemas de aquecimento solar. Em 2010 foram fabricadas 123 mil unidades de reservatórios, que equivalem a um volume de armazenamento de 45,2 milhões de litros (DASOL, 2011). Ainda segundo a pesquisa, as vendas de sistemas de aquecimento tiveram maior concentração na região Sudeste, com 75,7%. Outros destaques foram as regiões Sul e Centro-Oeste, respectivamente com 10,5% e 9,3% do volume de vendas, estes valores podem ser melhor visualizados na Figura 3.

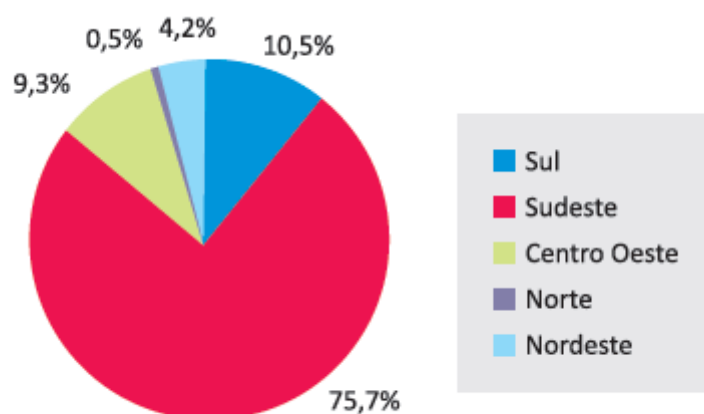


Figura 3 - Volume de vendas por região (adaptado de DASOL, 2011)

Dentre os mecanismos de geração de energia solar, os painéis fotovoltaicos mostrados na Figura 4 utilizam o princípio fotoelétrico para gerar a energia elétrica; são de fácil manutenção permitem a modularização da geração elétrica, possuem longo período de vida útil e, juntamente com a utilização de baterias, podem armazenar eletricidade para utilização nos horários de pico, onde as tarifas são mais caras (MARINI & ROSSI, 2002). No entanto, esta tecnologia ainda está muito longe da viabilidade econômica (CASTRO, 2004) e sua eficiência de conversão é largamente afetada pelas condições climáticas e por sombras provocadas por edificações vizinhas (FULGÊNCIO, 2006).

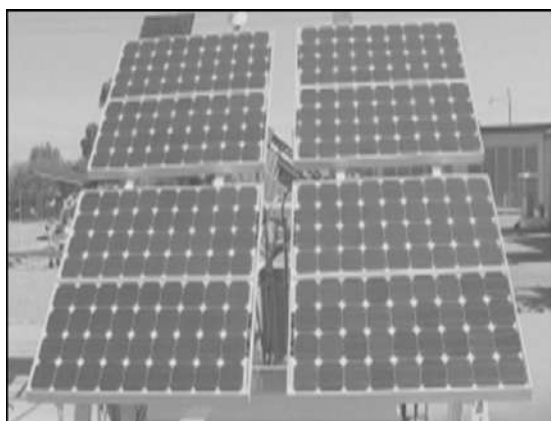


Figura 4 - Painéis fotovoltaicos (CASTRO, 2004)

Aidan Dwyer, um menino de treze anos morador de Long Island, EUA, inventou uma maneira de organizar melhor os painéis solares de forma que garanta um melhor aproveitamento da luz e, assim, uma maior produção de energia. Seu invento aumenta a eficiência do mecanismo entre 20% a 50%, inclusive em épocas de menor incidência solar, tais como o inverno. Além disso, o sistema, justamente por ser vertical, não é coberto pela neve e também é menos prejudicado pela chuva (DIAZ, 2011).

Outro dispositivo que possibilita a captação de energia solar, os coletores cilindro-parabólicos de torres centrais e os discos parabólicos são utilizados na geração heliotérmica. Estas tecnologias envolvem um intermediário térmico, e por isso, podem ser usados combinados com combustíveis fósseis e, em alguns casos, adaptados para armazenar calor. Controles mecânicos permitem que os coletores se movam lentamente de forma a manter a radiação centralizada no receptor (DOE, 2001).

Os coletores solares planos, mostrados na Figura 5, são utilizados para aquecimento de piscinas e casas, operando a baixas temperaturas. Basicamente consistem em uma caixa de metal isolada com um vidro ou plástico protetor, e um absorvedor escuro, geralmente preto.

A radiação solar é absorvida pela placa e transferida pelo fluido que circula pelo coletor (SÖZEN et al, 2008).

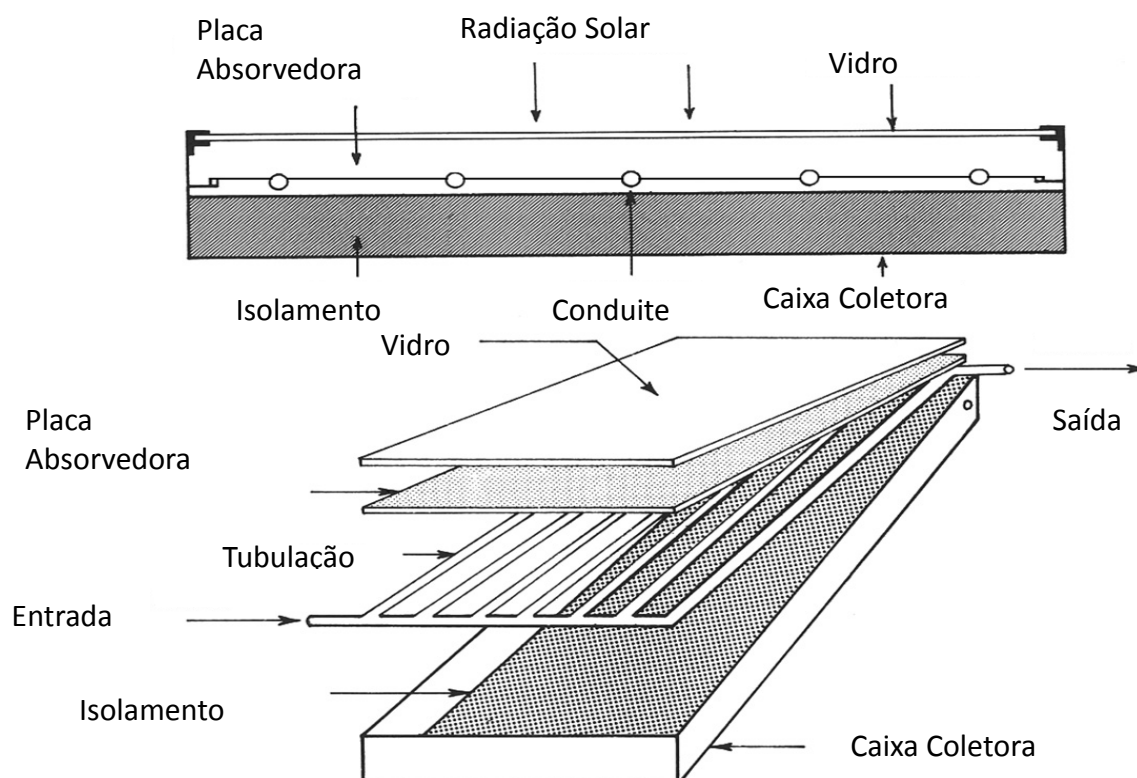


Figura 5 – Figura de um coletor de Placa Plana (adaptado de SÖZEN et al, 2008)

A Figura 6 mostra coletores solares de tubos a vácuo. Estes diminuem ainda mais as perdas utilizando vácuo em seu interior de modo a reduzir a zero suas perdas térmicas e, conseqüentemente, aumentar a temperatura final da água. São compostos por uma série de tubos, cada um com um absorvedor, o que faz com que os raios solares incidam perpendicularmente em suas superfícies durante quase todo o dia, permitindo uma eficiência superior a dos coletores planos (ENVIRO-FRIENDLY, 2005), sendo também possível ser usados para gerar energia térmica, aquecimento de água, pré-aquecimento industrial e refrigeração solar (ICAEN, 2003).



Figura 6 - Coletor Solar de Tubos a Vácuo (adaptado de ENVIRO-FRIENDLY, 2005).

O coletor solar parabólico, esquematizado na Figura 7, tem o formato parecido com uma calha, consiste em uma superfície parabólica estendida que reflete os raios solares em um absorvedor tubular localizado no ponto focal. Esses geralmente são constituídos de duas tubulações concêntricas: a mais interna é feita de tubos de aço, os quais são pintados de preto; já a externa é feita de vidro, para assim minimizar a troca de calor com o ambiente. Esses dispositivos costumam atingir temperaturas entre 300 °C e 400 °C, o fluido de trabalho sai do absorvedor e vai para um trocador de calor, gerando vapor para alimentar uma turbina, e, com isso, produzindo eletricidade (POULLIKKAS, 2009).

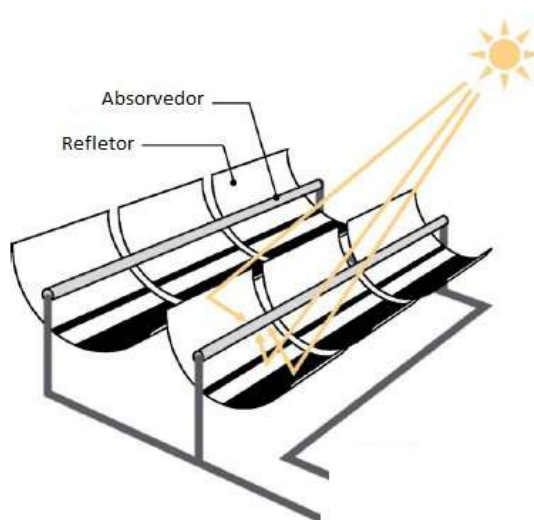


Figura 7 - Coletor Solar Parabólico (adaptado de POULLIKKAS, 2009).

Em processos onde existe a necessidade de temperaturas elevadas, o coletor solar do tipo prato parabólico mostrados na Figura 8 é

os mais adequados para converter a energia solar em calor, visto que concentram os raios solares no receptor localizado em seu ponto focal. O receptor absorve a energia solar

concentrada e faz a conversão. Esta configuração permite que o sistema alcance temperaturas superiores a 1500 °C (KALOGIROU, 2004).

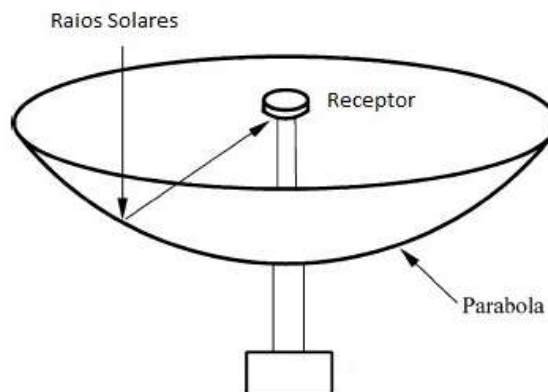


Figura 8 - Coletor solar prato parabólico – adaptado de (KALOGIROU, 2004)

A utilização de energia solar esta cada vez mais presente, exemplos disso são projetos apresentados a seguir que em breve estarão disponíveis comercialmente.

O primeiro é o *Scaraby Energy Backpack*, um conceito desenvolvido pelo alemão Benjamin Beck. Consiste em um gerador de energia em forma de mochila que usa energia solar e cinética para funcionar, permitindo que se conecte qualquer tipo de dispositivo que necessite de uma tomada para ser recarregado. O conceito parece ser promissor para usuários remotos que trabalhem em locais onde tomadas são difíceis de encontrar. (MOREIRA, 2011)

O segundo é a *SkyPump*, uma turbina híbrida capaz de gerar energia tanto com o movimento de suas pás como por painéis solares. Ou seja, a geração de energia não se limita apenas a painéis solares, mas também a energia eólica, que trabalhando em conjunto é o suficiente para que a torre possa carregar a bateria de um automóvel elétrico. Esta solução é ideal para locais onde a noite dura mais do que o dia, como em países do extremo norte ou sul do hemisfério (FOGAÇA, 2011).

II.2 – Reaproveitamento de Água da Chuva

Assim como a energia, a água é um recurso essencial à vida, no mundo, 97,5% da água é salgada, a água doce corresponde apenas a 2,5% restantes; no entanto, 68,9% desta água estão congeladas nas calotas polares do Ártico e da Antártida. A água doce subterrânea corresponde a 29,9% do volume total de água doce do planeta, e somente 0,226% da água doce representam toda água dos lagos, rios e reservatórios (JUNIOR et al, 2008).

Neste cenário, o Brasil apresenta uma posição de destaque, pois detém a maior reserva de água doce do mundo (8% do total), sendo que 80% desta encontra-se na Amazônia, e os demais 20% espalhados pelo País (OLIVEIRA, 1999).

Esta realidade trás a necessidade de desenvolver a preservação e conscientização. Nesta linha de raciocínio, surge uma técnica promissora e crescentemente explorada, o reúso, que é entendido como uma tecnologia desenvolvida em determinado grau, dependendo dos fins ao qual se destina a água e de como ela tenha sido usada antes (MANCUSO, 2003).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (1973), o reúso pode ser realizado de três formas:

- Reúso indireto: ocorre quando a água que já tenha sido usada é despejada nas águas superficiais ou subterrâneas e após essa diluição é captada diretamente do corpo onde foi descarregada;
- Reúso direto: é o uso consciente e planejado de esgotos ou rejeitos para determinadas finalidades, sejam elas uso direto, irrigação e entre outros.
- Reciclagem interna: é a reutilização da água internamente nas instalações, proporcionando economia da água.

“Visto estas necessidades, em 2004 a então Governadora do Rio de Janeiro, Rosinha Garotinho sancionou a lei Nº 4393, que dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas de chuva e dá outras providências”. O anexo I apresenta o texto da lei.

A eficiência desta técnica foi comprovada na Universidade Federal da Paraíba, em 2008, onde apenas com a economia de água, proporcionado pelo reúso da chuva, foi possível economizar R\$ 1.271.000,00 por ano, com um custo total de R\$ 4.288.494,00 e um período de retorno de quatro anos. O sistema continha uma área de captação de 125.079 m², montado sobre as instalações já existentes no local (JUNIOR, 2008). Baseado neste estudo, os sistemas de captação que venham a ser projetados, serão feitos com telhados e lajes superficiais. Será considerada a necessidade de construção destes equipamentos exceto onde já exista telhado

O setor industrial responde por 20% do consumo de água, sendo que 10% é extraída diretamente de corpos d'água e mais da metade é tratada de forma inadequada ou não recebe nenhum tratamento. O reúso aliado a outra técnica de conservação, a reciclagem, constituem ferramentas de gestão fundamentais para a sustentabilidade da produção industrial (BERNARDI, 2003).

No ambiente industrial, a geração de efluentes líquidos pode ser reduzida por meio de três modalidades (WANG e SMITH, 1994):

- Reúso: quando o efluente é reaproveitado diretamente em outra operação sem passar por qualquer tratamento prévio (Figura 9).

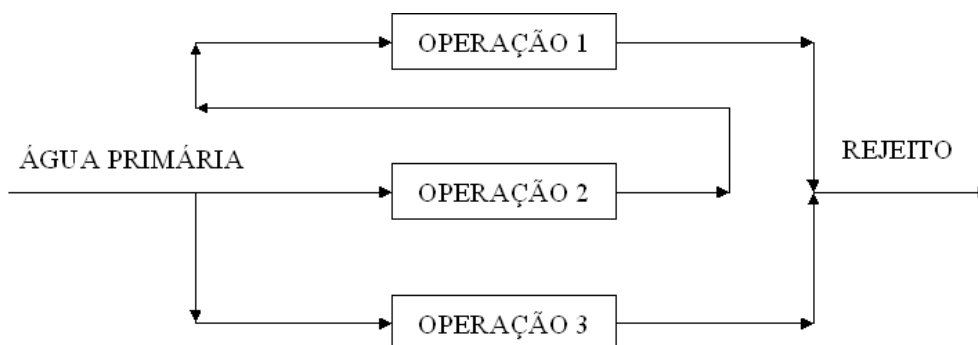


Figura 9 – Minimização do consumo de água por reúso

- Regeneração com reúso: o efluente de quaisquer das operações sofre um tratamento para remoção parcial de contaminantes, para que atinja um nível de contaminantes permissível à seu direcionamento para outra operação (Figura 10).

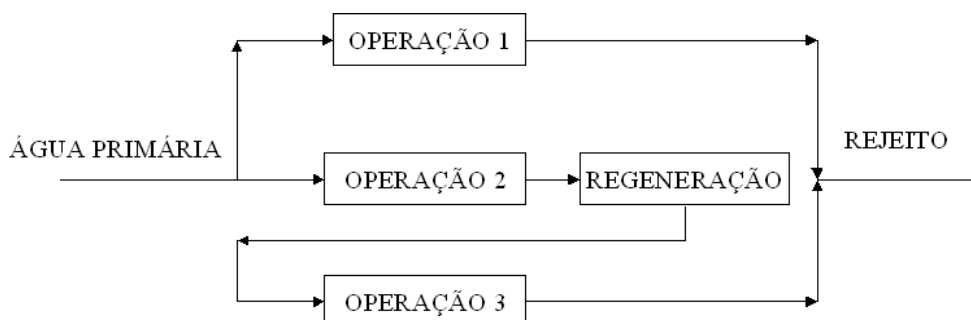


Figura 10 – Minimização do consumo de água por regeneração com reúso

- Regeneração com reciclo: o efluente sofre remoção parcial de contaminantes para ser reaproveitado no mesmo processo ou operação que a gerou (Figura 11).

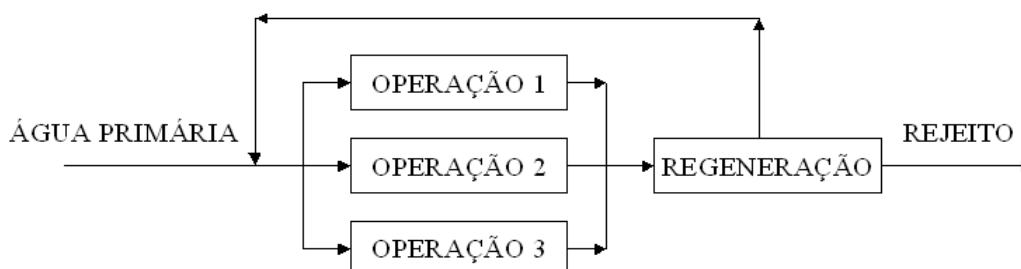


Figura 11 – Minimização do consumo de água por regeneração com reciclo

Baseados nesta tendência, estudos estão sendo desenvolvidos e mostram que a utilização da água da chuva reduz significativamente a captação de água de mananciais regionais, deixando esses recursos para usos mais nobres (COHIM, 2007).

Neste sentido, este trabalho tem como principal objetivo avaliar o impacto econômico e ambiental da substituição dos sistemas convencionais de aquecimento de água por sistemas solares planos, juntamente com a coleta e posterior reúso da água de chuva. Este impacto será avaliado, especificamente para residências e aquecedores solares oferecidos no mercado, cujas características de operação e consumo são bastantes peculiares devido à grande diversidade de serviços oferecidos.

III – Metodologia

Com base na revisão apresentada no capítulo anterior, tem-se a iniciativa e o estímulo neste projeto de testar situações que viabilizem o uso de aquecedores solares de modo a proporcionar um menor uso de energia elétrica.

Paralelamente, em consonância com preceitos de sustentabilidade, o uso racional de água também é considerado como proposta de integração água e energia para este trabalho. Trata-se de apresentar uma proposta de baixo custo, com relativo apelo na questão social, e que busca aproximar os conhecimentos de engenharia aos processos com visão sustentável. Deste modo, pretende-se dimensionar sistemas de captação da água de chuva em sintonia com os aquecedores solares. Com isso, espera-se aumentar a eficiência do projeto, pois o custo relativo ao fluido torna-se reduzido. O Esquema proposto é apresentado pela Figura 12.

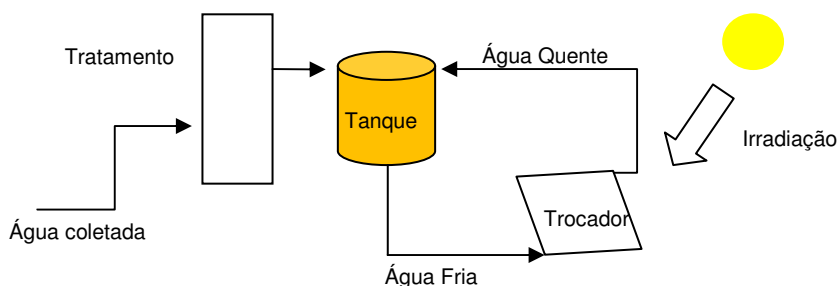


Figura 12- Esquema proposto

Utilizando dados do censo 2010, foi possível calcular o número de pessoas por domicílio nas oito maiores cidades do estado do Rio de Janeiro, já que o censo fornece a população e o número de domicílios particulares de cada cidade. Supondo um tempo de banho de quinze minutos para cada habitante e uma média de dois banhos por dia, os valores obtidos permitiram a determinação do consumo de energia (kWh.mês^{-1}) para uma faixa de potencia de chuveiros e também os gastos provenientes deste uso com os valores de R\$/kWh são apresentados na Tabela 2 (LIGHT, 2011).

Tabela 2 - Valor do kWh em R\$

TARIFAS DE BAIXA TENSÃO - R\$/kWh - Setembro/2011				
Classe de consumo	Tarifa com PIS/COFINS e ICMS			
	Faixa de consumo			
	até 50kWh	51 até 300kWh	até 300kWh	acima de 300kWh
	Residencial (isento de ICMS)	Residencial (ICMS de 18%)	Demais Classes (ICMS de 19%)	Todas as Classes (ICMS de 30%)
Residencial	0,33547	0,4142	-	0,49102

Utilizando os valores de precipitação da cidade do Rio de Janeiro (GEORIO), foi determinada a média mensal de chuva para a cidade. Estes valores serão utilizados como aproximação para todas as cidades estudadas, face a indisponibilidade de um banco de dados.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), a população do estado do Rio de Janeiro é a que mais consome água no Brasil, 232 litros por habitante por dia, isto nos permite estimar o consumo de água por domicílio e dia para as cidades de estudo. O diário oficial (D.O., 2010) divulga regularmente as tarifas cobradas por m³ de água potável fornecida pela CEDAE, como é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tarifação CEDAE

	Consumo (m ³ /mês)	Tarifa sem esgoto (R\$/m ³)	Tarifa com esgoto (R\$/m ³)
DOMICILIAR	0 - 15	1,64	1,71
	15 - 30	3,62	3,77

A metodologia para a determinação do gasto com chuveiro elétrico e água por residência encontra-se no fluxograma da Figura 13

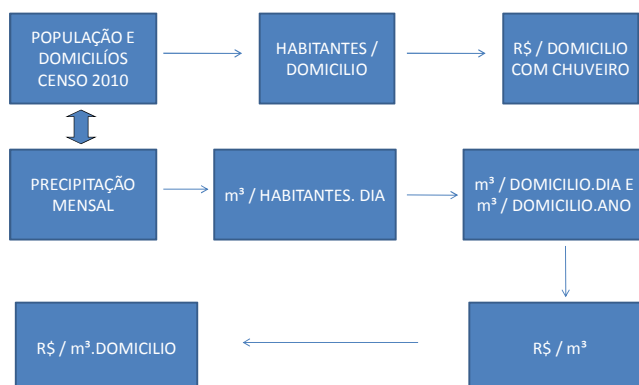


Figura 13 - Fluxograma da metodologia de cálculo dos gastos de água e energia elétrica com chuveiro, por domicílio

Com os valores obtidos a partir da sequência acima esquematizada, foi possível estimar a área de captação a ser implantada. Com base nos gastos de água por ano, foi considerado uma substituição de 25%, 50% ou 75% da água a ser consumida. A área foi determinada pela razão entre o consumo anual em m³, com o total anual pluviométrico obtido pela soma das médias pluviométricas mensais (m) somadas a 10% da previsão das perdas por evaporação.

Os cálculos realizados para determinação da área de coleta e da economia gerada pelo reúso de água da chuva estão apresentados na Figura 14.

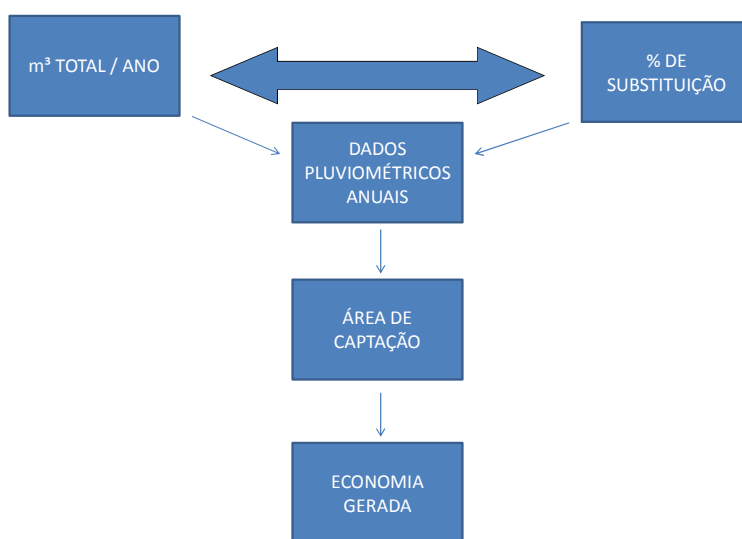


Figura 14 - Esquema da metodologia de cálculo da área de captação e economia gerada pelo reúso de água da chuva.

A economia gerada pela substituição foi calculada e confrontada com o custo de implantação do sistema de reúso.

É necessário o tratamento da água captada, visto que em determinadas localidades a mesma não é própria para utilização direta, com isso uma cloração desta água captada dever ser realizada, juntamente com a filtração, já que durante o escoamento pode haver elementos em suspensão que são arrastados pela água ao passar pelas coberturas das edificações.

O custo do sistema proposto é variável e será calculado de duas maneiras, onde existe a possibilidade de construir telhados e nas residências onde não é possível, neste caso existe a opção da construção da área de captação no solo, uma “laje superficial” que canaliza a água da chuva assim como o telhado.

Segundo o Sindicato da Indústria e Construção Civil do Rio de Janeiro (SINDUSCON-RJ), em agosto de 2011, o custo de construção médio é de R\$100/m², valor já inclui materiais

e mão de obra. Este procedimento será considerado para calcular o valor da área coletora da água da chuva. Os preços dos demais equipamentos foram pesquisados, seus valores juntamente com a referência encontram-se no ANEXO II.

Para prosseguir com a avaliação econômica dos sistemas que utilizam energia solar é necessário calcular a energia total gerada pelo Sol sobre a superfície da Terra. A determinação deste tipo de energia é feita utilizando a equação proposta por Angstrom e modificada por Prescott, Equação (1) (VIANELLO E ALVES, 1991):

$$R_g = R_0 \cdot \left[a + b \cdot \left(\frac{n}{N} \right) \right] \quad (1)$$

onde:

R_g – irradiância solar global diária sobre uma superfície horizontal;

R_0 – irradiância solar global diária no topo da atmosfera;

a e b – coeficientes de ajuste local;

n – número de horas de brilho solar observado no dia;

N – número de horas de brilho solar possível de ocorrer no dia.

A Equação (1) calcula a irradiância solar na superfície (R_g), visto que os raios que alcançam à atmosfera dependem das condições climáticas para atingir à superfície. O cálculo leva em conta o número de horas de brilho solar para uma determinada localidade.

Os dados de irradiância solar global diária no topo da atmosfera (R_0) e o número de horas de brilho solar possível de ocorrer no dia (N) são obtidos da literatura, sendo tais valores função da latitude (ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2010).

Devido à falta de dados para o Estado do Rio de Janeiro, os valores de a e b, apresentados na **Erro! Fonte de referência não**

encontrada., foram os determinados para a cidade de Viçosa (MG) (VIANELLO E ALVES, 1991), assim como o valor do número de horas de brilho solar possível de ocorrer no dia (n), por estes serem os dados de cidade mais próximos ao Rio de Janeiro disponíveis. Deste modo, a irradiância solar global diária foi calculada para 50% e 75% de dias de Sol no ano, visto que o Rio apresenta mais da metade do ano com Sol. Esses valores são apresentados na mesma Tabela

Tabela 4 - Valores dos parâmetros a e b para Viçosa - MG (adaptado de ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2010) e de R_0 e N obtidos

Mês	a	b	Irradiação solar média diária (MJ/m ² .dia)	Média de horas de Sol no topo da atmosfera/mês (n)
Janeiro	0,2330	0,3630	41,86	405,48
Fevereiro	0,256	0,361	40,03	353,64
Março	0,275	0,321	36,31	375,10
Abril	0,235	0,373	31,24	346,50
Mai	0,220	0,396	26,58	342,55
Junho	0,239	0,346	24,18	324,30
Julho	0,251	0,359	25,10	338,83
Agosto	0,220	0,369	28,88	351,54
Setembro	0,203	0,417	33,81	354,60
Outubro	0,186	0,448	38,21	387,19
Novembro	0,202	0,427	41,01	388,50
Dezembro	0,236	0,334	42,14	408,89

A energia solar já está sendo explorada amplamente, principalmente nas residências onde o chuveiro elétrico contribui bastante para o aumento da conta de luz, prova disso é que o INMETRO já avaliou alguns equipamentos de captação de energia solar, mas precisamente, as placas de aquecimento. Os dados destes equipamentos encontram-se na Tabela 5

Tabela 5 - Tipos de aquecedores solares oferecidos no mercado.

Modelo	Área do coletor (m ²)	Eficiência Energética Média (%)	Material Absorvedor
Master Cobre	1,60	51,70	Cobre
Industrial plus	1,92	58,80	Alumínio
Industrial plus horiz.	1,92	58,80	Alumínio
Max Alumínio 1,45	1,42	55,40	Alumínio
Max Alumínio 1,6	1,58	59,70	Alumínio
Mini Max alumínio	1,02	53,80	Alumínio
Max cobre	1,42	53,00	Cobre
Mini cobre	1,03	50,30	Cobre
Max Alumínio 2,0	2,00	59,70	Alumínio
Max cobre 1x2 horiz.	2,06	51,70	Cobre
Max cobre 2x1 vertical	2,06	51,70	Cobre

Os valores de irradiância solar global diária sobre uma superfície horizontal (R_g) assim como os dados de eficiência e área de troca térmica de cada aquecedor, conforme apresentados na

Tabela 4, nos permite determinar a energia solar possível de captar. Neste caso, foram utilizados os aquecedores com maior e com menor eficiência, além da quantidade de energia elétrica demandada pelo chuveiro que o sistema consegue substituir.

Os custos de implantação também foram pesquisados e determinados. Os dados detalhados dos aquecedores utilizados estão nas Tabela 6 e 7

Tabela 6 - Aquecedor Max 1,60 vertical

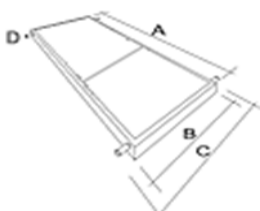
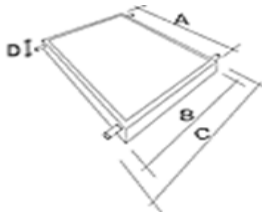
Característica	Modelos	
	Max 1,60 Vertical	
Opções de Superfície Coletora	Alumínio	
Área Coletora	1,58 m ²	
Peso	21 kg	
Pressão	40 m. c. a.	
Diâmetro dos tubos	22 mm	
Dimensões		A - Comprimento: 1990 mm; B - Largura: 860 mm; C - Altura: 55 mm
Classificação INMETRO	A	
Eficiência Energética Média	59,7	

Tabela 7 - Aquecedor Max Mini Cobre

Característica	Modelos	
	Max Mini Cobre	
Opções de Superfície Coletora	Cobre	
Área Coletora	1,03 m ²	
Peso	11 kg	
Pressão	40 m. c. a.	
Diâmetro dos tubos	22 mm	

Dimensões		A - Comprimento: 1000 mm; B - Largura: 1000 mm; C - Altura: 65 mm
Classificação INMETRO	C	
Eficiência Energética Média	51,7	

IV - Resultados e discussão

IV.1 - Dados de aquecimento solar

Com os dados populacionais obtidos através da página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – CENSO 2010) e supondo dois banhos diários com tempos de 15 minutos para cada pessoa, calcula-se o consumo dos chuveiros elétricos de diversas potências por ano, os valores encontram-se na Tabela 8, os cálculos mensais encontram-se no ANEXO II.

Tabela 8 - Consumo de energia elétrica nas cidades estudadas

Município	População	Número de Domicílios	Tempo de banho / Domicílio (h.dia ⁻¹)	Consumo de energia anual proveniente da utilização de chuveiros com potencias variadas (kWh.ano ⁻¹)					
				2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	469.332	157.955	1,49	1355,66	1626,79	2169,05	2711,31	3253,58	3524,71
Campos	463.731	174.259	1,33	1214,15	1456,98	1942,65	2428,31	2913,97	3156,80
Duque de Caxias	855.048	295.258	1,45	1321,27	1585,52	2114,03	2642,54	3171,05	3435,30
Niterói	487.562	191.172	1,28	1163,61	1396,34	1861,78	2327,23	2792,67	3025,39
Nova Iguaçu	796.257	276.118	1,44	1315,71	1578,86	2105,14	2631,43	3157,71	3420,86
Rio de Janeiro	6.320.446	2.408.891	1,31	1197,11	1436,53	1915,37	2394,22	2873,06	3112,48
São Gonçalo	999.728	345.946	1,44	1318,49	1582,19	2109,58	2636,98	3164,37	3428,07
São João de Meriti	458.673	157.396	1,46	1329,57	1595,49	2127,32	2659,15	3190,98	3456,89

Utilizando a fórmula de Prescott e Angstrom e os valores de irradiância solar no topo da atmosfera (R_0) em função da latitude, é possível calcular a irradiância solar na superfície (R_g), visto que este valor é dependente do clima. Para a determinação do R_g é necessário o número de horas de sol diárias na atmosfera e também na superfície, já que os dados para o Rio de Janeiro não estão disponíveis, serão feitas considerações do tempo de sol, os cálculos completos de irradiância encontram-se no ANEXO III.

Seguem, na Tabela 9, os dados com a previsão de 50% e 75% de tempo de Sol. Esses valores são os mesmos para todas as cidades do estudo, já que elas encontram-se a 22° de latitude.

Tabela 9 - Dados de R_g em kWh/m².mês gerados pela energia solar por mês.

Mês	50% de tempo com Sol	75% de tempo com Sol
Janeiro	149,41	182,12
Fevereiro	135,9	164
Março	136,17	161,26
Abril	109,73	134,01
Mai	95,67	118,33
Junho	83,02	100,45
Julho	93,05	112,45
Agosto	100,59	123,54
Setembro	115,94	145,31
Outubro	134,9	171,75
Novembro	142	178,48
Dezembro	146,24	176,54

Utilizando os valores obtidos anteriormente, foi estimada a energia captada pelos aquecedores solares de formato placa, a captação mensal e anual são apresentados na Tabela 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10 - R_g mensal (kWh/mês) obtido para Aquecedor Mini Cobre de área coletora de 1,03 m².

Mês	50% de tempo com Sol	75% de tempo com Sol
Janeiro	77,4	94,4
Fevereiro	70,4	85,0
Março	70,6	83,6
Abril	56,9	69,4
Mai	49,6	61,3
Junho	43,0	52,0
Julho	48,2	58,3
Agosto	52,1	64,0

Setembro	60,1	75,3
Outubro	69,9	89,0
Novembro	73,6	92,5
Dezembro	75,8	91,5

Tabela 11 - R_g anual (kWh/ano) obtido para Aquecedor Mini Cobre de área coletora 1,03 m².

Anual	50% de tempo com Sol	75% de tempo com Sol
	747,41	916,1

Com os valores calculados, nota-se uma menor captação no inverno, onde o gasto com aquecimento de água pelo chuveiro é maior, e uma maior no verão, mas em ambas estações o gasto com chuveiro pode ser minimizado.

Vale ressaltar que o aquecimento ocorrerá durante o dia, pois neste período que tem-se as radiações solares, mas com a utilização do boiler será possível utilizar a água aquecida durante a noite.

Substituindo a energia elétrica utilizada pelo aquecimento com energia solar, calculou-se a porcentagem de redução do consumo de energia, estes dados encontram-se nas Tabelas 12 e 13, os valores demonstram o potencial econômico do sistema solar, nota-se também que as reduções são de mesma ordem de grandeza.

Tabela 12 - Porcentagem de redução anual utilizando 50% de tempo com sol.

Cidade	Potência					
	2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	55,13%	45,94%	34,46%	27,57%	22,97%	21,20%
Campos	61,56%	51,30%	38,47%	30,78%	25,65%	23,68%
Duque de Caxias	56,57%	47,14%	35,35%	28,28%	23,57%	21,76%
Niterói	64,23%	53,53%	40,14%	32,12%	26,76%	24,70%
Nova Iguaçu	56,81%	47,34%	35,50%	28,40%	23,67%	21,85%
Rio de Janeiro	62,43%	52,03%	39,02%	31,22%	26,01%	24,01%
São Gonçalo	56,69%	47,24%	35,43%	28,34%	23,62%	21,80%
São João de Meriti	56,21%	46,85%	35,13%	28,11%	23,42%	21,62%

Tabela 13 - Porcentagem de redução anual utilizando 75% de tempo com sol.

Cidade	Potência					
	2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	67,58%	56,31%	42,24%	33,79%	28,16%	25,99%
Campos	75,45%	62,88%	47,16%	37,73%	31,44%	29,02%
Duque de Caxias	69,34%	57,78%	43,33%	34,67%	28,89%	26,67%

Niterói	78,73%	65,61%	49,21%	39,36%	32,80%	30,28%
Nova Iguaçu	69,63%	58,02%	43,52%	34,81%	29,01%	26,78%
Rio de Janeiro	76,53%	63,77%	47,83%	38,26%	31,89%	29,43%
São Gonçalo	69,48%	57,90%	43,43%	34,74%	28,95%	26,72%
São João de Meriti	68,90%	57,42%	43,06%	34,45%	28,71%	26,50%

Tabela 14 - Porcentagem de redução anual utilizando 100% de tempo com sol

Cidade	Potência					
	2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	80,02%	66,68%	50,01%	40,01%	33,34%	30,78%
Campos	89,35%	74,46%	55,84%	44,67%	37,23%	34,36%
Duque de Caxias	82,10%	68,42%	51,31%	41,05%	34,21%	31,58%
Niterói	93,23%	77,69%	58,27%	46,61%	38,84%	35,86%
Nova Iguaçu	82,45%	68,71%	51,53%	41,22%	34,35%	31,71%
Rio de Janeiro	90,62%	75,52%	56,64%	45,31%	37,76%	34,85%
São Gonçalo	82,28%	68,56%	51,42%	41,14%	34,28%	31,64%
São João de Meriti	81,59%	67,99%	50,99%	40,80%	34,00%	31,38%

Deste modo, foi calculada a redução dos gastos com chuveiro para as 8 cidades. Nas Figura 15 e 16, são apresentadas a economia para os chuveiros de potência 2,5 kW e 6,5 kW, nota-se que é possível reduzir estes gastos significativamente para ambas as potências, tendo um maior impacto para a potência de 2,5 kW. Os gráficos relativos ao gasto para as demais potências seguem no ANEXO IV deste trabalho.

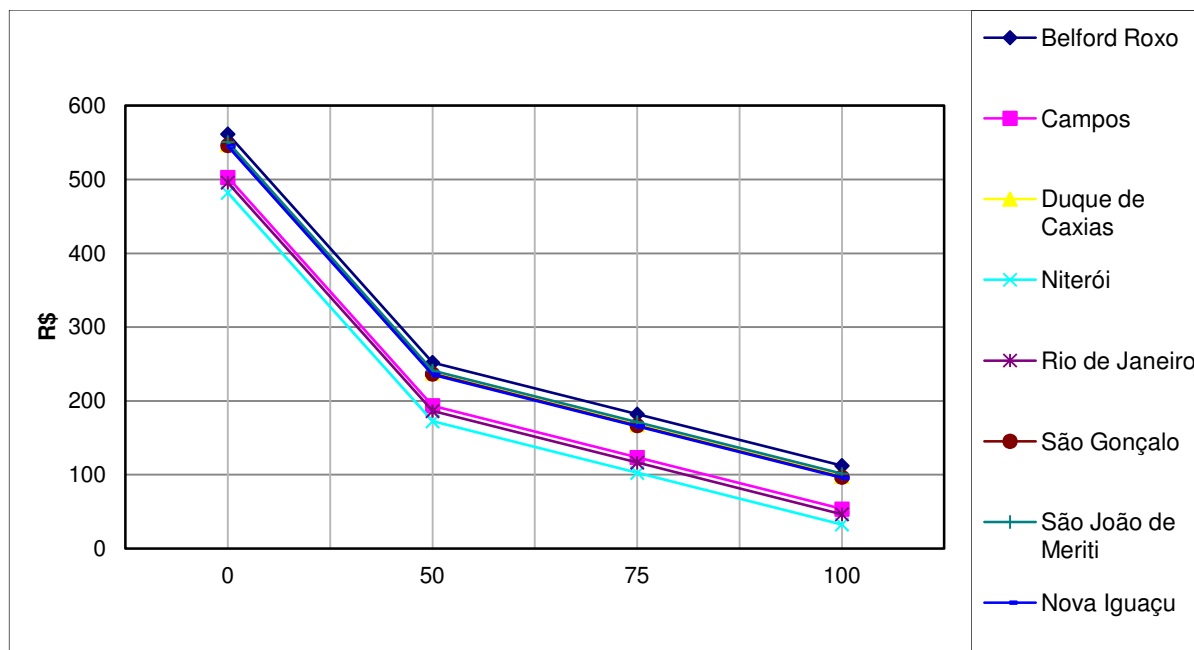


Figura 15 - Gastos anuais com chuveiro de 2,5 kW utilizando aquecedor Mini Cobre.

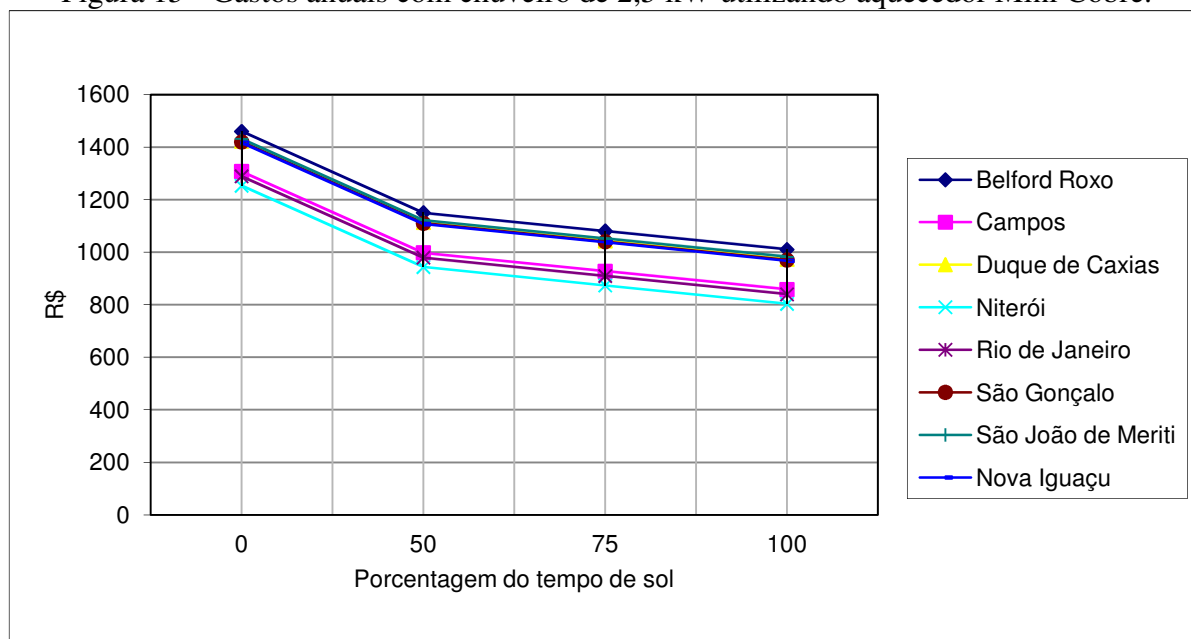


Figura 16 - Gastos anuais com chuveiro de 6,5 kW utilizando aquecedor Mini Cobre.

As mesmas estimativas foram feitas para um aquecedor placa de área e eficiência maiores. Os valores obtidos se encontram nas Tabela 15 e 16.

Tabela 15 - R_g mensal (kWh/mês) obtido para Aquecedor Max Alumínio de área coletora de 2,00 m².

Mês	50% de tempo com Sol	75% de tempo com Sol
Janeiro	178,40	217,45
Fevereiro	162,27	195,82
Março	162,58	192,54

Abril	131,02	160,00
Mai	114,23	141,29
Junho	99,12	119,93
Julho	111,10	134,26
Agosto	120,11	147,50
Setembro	138,43	173,50
Outubro	161,07	205,07
Novembro	169,54	213,10
Dezembro	174,61	210,79

Tabela 16 – R_g anual (kWh/ano) obtido para Aquecedor Max Alumínio 2 de área coletora 2,00 m².

Anual	50% de tempo com Sol	75% de tempo com Sol
	1722,49	2111,27

Nas Tabela 17, 19 e 20 encontram-se os valores da porcentagem de redução. Uma vez que o aquecedor solar apresentava área e eficiência maiores, os valores são maiores frente aos do trocador mini cobre. É válido ressaltar que para os chuveiros de 2.5, 3.0 e 4.0 kW, é possível substituir todo seu consumo.

Tabela 17 – Porcentagem de redução anual utilizando 50% de tempo com sol.

Cidade	Potência					
	2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	127,06%	105,88%	79,41%	63,53%	52,94%	48,87%
Campos	141,87%	118,22%	88,67%	70,93%	59,11%	54,56%
Duque de Caxias	130,37%	108,64%	81,48%	65,18%	54,32%	50,14%
Niterói	148,03%	123,36%	92,52%	74,01%	61,68%	56,93%
Nova Iguaçu	130,92%	109,10%	81,82%	65,46%	54,55%	50,35%
Rio de Janeiro	143,89%	119,91%	89,93%	71,94%	59,95%	55,34%
São Gonçalo	130,64%	108,87%	81,65%	65,32%	54,43%	50,25%
São João de Meriti	129,55%	107,96%	80,97%	64,78%	53,98%	49,83%

Tabela 18 - Porcentagem de redução anual utilizando 75% de tempo com sol.

Cidade	Potência					
	2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	155,74%	129,78%	97,34%	77,87%	64,89%	59,90%
Campos	173,89%	144,91%	108,68%	86,94%	72,45%	66,88%
Duque de Caxias	159,79%	133,16%	99,87%	79,90%	66,58%	61,46%
Niterói	181,44%	151,20%	113,40%	90,72%	75,60%	69,79%
Nova Iguaçu	160,47%	133,72%	100,29%	80,23%	66,86%	61,72%

Rio de Janeiro	176,36%	146,97%	110,23%	88,18%	73,49%	67,83%
São Gonçalo	160,13%	133,44%	100,08%	80,06%	66,72%	61,59%
São João de Meriti	158,79%	132,33%	99,25%	79,40%	66,16%	61,07%

Tabela 19 - Porcentagem de redução anual utilizando 100% de tempo com sol.

Cidade	Potência					
	2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	184,42%	153,68%	115,26%	92,21%	76,84%	70,93%
Campos	205,91%	171,59%	128,69%	102,95%	85,80%	79,20%
Duque de Caxias	189,22%	157,68%	118,26%	94,61%	78,84%	72,78%
Niterói	214,85%	179,04%	134,28%	107,43%	89,52%	82,64%
Nova Iguaçu	190,02%	158,35%	118,76%	95,01%	79,17%	73,08%
Rio de Janeiro	208,84%	174,03%	130,53%	104,42%	87,02%	80,32%
São Gonçalo	189,62%	158,01%	118,51%	94,81%	79,01%	72,93%
São João de Meriti	188,03%	156,70%	117,52%	94,02%	78,35%	72,32%

Os gráficos presentes nas Figura 17 e 18 apresentam as reduções dos custos com chuveiro com a utilização do aquecedor solar Max Alumínio 2. Para todas as cidades é possível substituir integralmente o chuveiro de 2,5 kW pelo sistema de aquecimento solar. Para as residências com chuveiro de 6,5 kW, é possível reduzir em R\$ 1.000,00 o gasto com este dispositivo.

O gasto para as demais potências encontra-se no ANEXO IV.

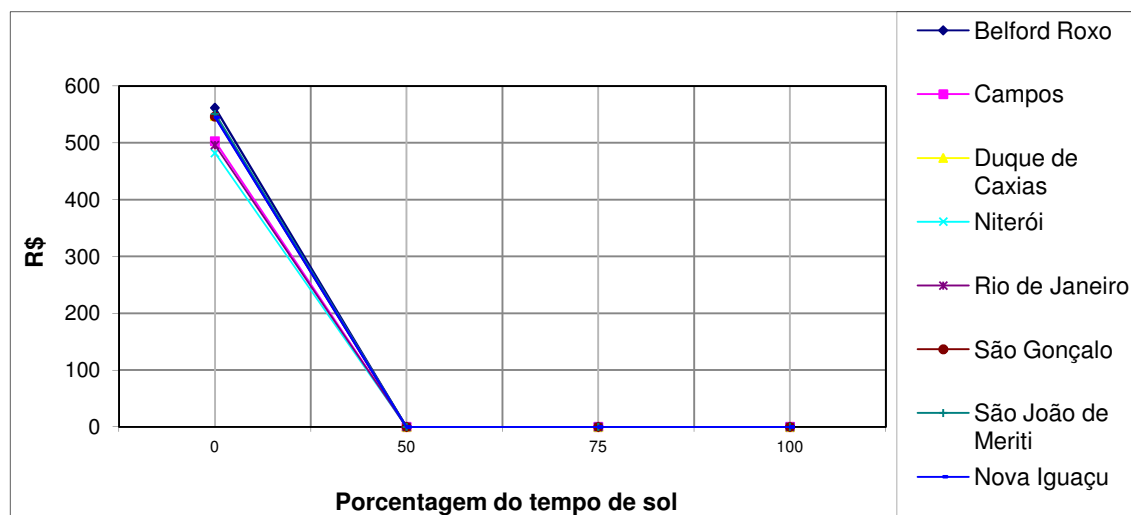


Figura 17 - Redução dos gastos anuais com chuveiro de 2,5 kW utilizando aquecedor Max Alumínio 2.

mm	175,38	94,97	342,43	361,31	63,64	56,09	113,46	28,31	45,68	117,80	82,81	207,11	
Dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	1688,98

Utilizando o valor cobrado pelo m³ pela CEDAE, na Tabela 22, é apresentado o gasto com água para os municípios de interesse, o gasto médio gira em torno de R\$ 900,00.

Tabela 22 - Consumo e gasto com água anual com e sem esgoto

Gasto com água (R\$/ano)	CONSUMO ANUAL (m ³ /ano.dom)	Sem esgoto	Com esgoto
		TOTAL ANUAL	TOTAL ANUAL
Belford Roxo	251,61	910,29	947,34
Campos	225,35	815,28	848,46
Duque de Caxias	245,23	887,20	923,31
Niterói	215,97	781,34	813,14
Nova Iguaçu	244,20	883,47	919,43
Rio de Janeiro	222,18	803,83	836,54
São Gonçalo	244,71	885,33	921,36
São João de Meriti	246,77	892,78	929,11

Este trabalho tem como objetivo captar água da chuva e substituir a utilizada nas residências, deste modo, foram feitas estimações de 25%, 50% e 75% de substituição da água consumida, os valores do consumo com as substituições mencionadas são demonstrados na Tabela 23. O sistema de reuso proposto, conta com um filtro comercial e um tratamento por cloração para garantir que esta água tenha a qualidade necessária para ser consumida.

Tabela 23 - Consumo anual de água potável com reuso.

Consumo de água com reuso			
m ³ /ano	Substituição de 75% da água utilizada	Substituição de 50% da água utilizada	Substituição de 25% da água utilizada
Belford Roxo	62,90	125,80	188,71
Campos	56,34	112,67	169,01
Duque de Caxias	61,31	122,61	183,92
Niterói	53,99	107,98	161,97
Nova Iguaçu	61,05	122,10	183,15
Rio de Janeiro	55,55	111,09	166,64
São Gonçalo	61,18	122,36	183,53
São João de Meriti	61,69	123,38	185,08

Com o gráfico da Figura 20, percebe-se uma redução de R\$ 200,00 por 25% de substituição da água potável consumida. Na

Tabela 244, estão as áreas necessárias para reuso considerando a porcentagem de substituição de água potável pela água da chuva.

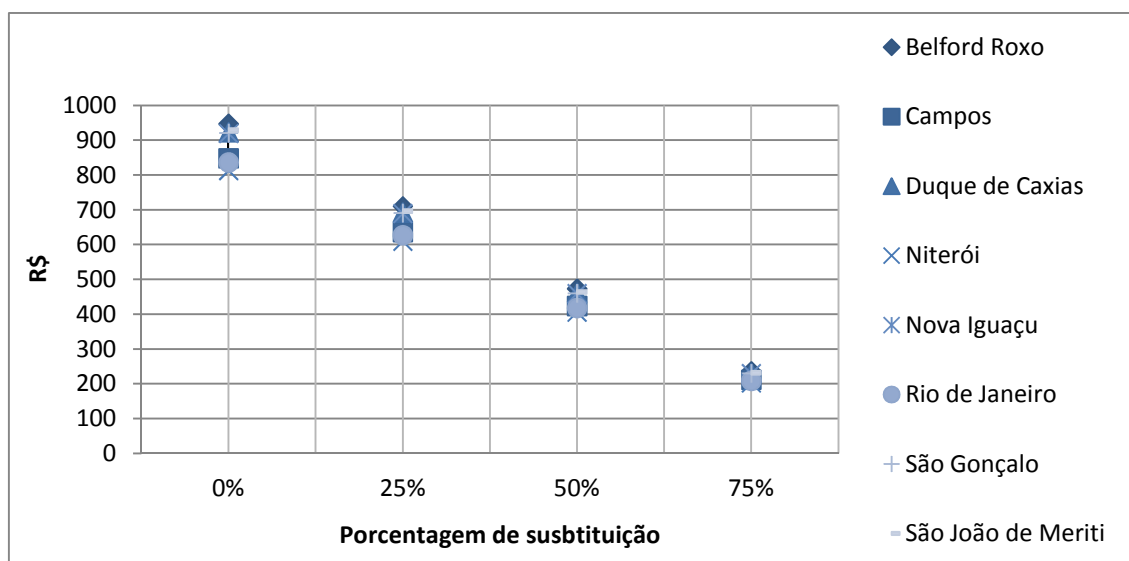


Figura 19 - Custo da água potável com substituição pela água da chuva.

Tabela 24 - Área de captação para substituição da água potável pela chuva.

Área do coletor + 10% de evaporação			
m ²	Substituição de 75% da água	Substituição de 50% da água	Substituição de 25% da água
Belford Roxo	122,9	81,93	40,97
Campos	110,07	73,38	36,69
Duque de Caxias	119,78	79,86	39,93
Niterói	105,49	70,33	35,16
Nova Iguaçu	119,28	79,52	39,76
Rio de Janeiro	108,53	72,35	36,18
São Gonçalo	119,53	79,69	39,84
São João de Meriti	120,54	80,36	40,18

IV.3 - Custo de implantação dos sistemas e estimativa de retorno

Com todos os materiais utilizados e os dados medidos anteriormente, agora faz-se necessário o cálculo do custo de implantação dos sistemas de captação solar e reuso urbano. Como dito na metodologia, os detalhes dos cálculos juntamente com o levantamento de preço

completo para os sistemas de aquecimento solar encontram-se no ANEXO VI, na Tabela 25, estão os valores em R\$ dos sistemas propostos.

Tabela 25 - Custo do coletor em função da quantidade de água a ser substituída.

Custo do coletor de água da chuva	Substituição de 75% da água potável	Substituição de 50% da água potável	Substituição de 25% da água potável
Belford Roxo	R\$ 12.905,26	R\$ 8.808,54	R\$ 4.711,82
Campos	R\$ 11.622,42	R\$ 7.953,31	R\$ 4.284,21
Duque de Caxias	R\$ 12.593,52	R\$ 8.600,71	R\$ 4.607,91
Niterói	R\$ 11.164,22	R\$ 7.647,85	R\$ 4.131,47
Nova Iguaçu	R\$ 12.543,15	R\$ 8.567,13	R\$ 4.591,12
Rio de Janeiro	R\$ 11.467,89	R\$ 7.850,29	R\$ 4.232,70
São Gonçalo	R\$ 12.568,30	R\$ 8.583,90	R\$ 4.599,50
São João de Meriti	R\$ 12.668,80	R\$ 8.650,90	R\$ 4.633,00

Na Tabela 26 estão os valores finais estimados, a partir de pesquisa de preço dos equipamentos.

Tabela 26 - Custo dos sistemas de aquecimento

Custo do sistema Aquecimento	R\$
Coletor Mini Cobre	1.913,00
Coletor Max Alumínio	2.176,00

Uma vez determinados os valores do custo de implantação dos sistemas e a economia gerada pela sua utilização, posteriormente será realizada a análise econômica de montagem dos sistemas.

Os gráficos das figuras seguintes demonstram estes valores para os dois aquecedores estudados, todas as cidades pesquisadas, porcentagem anual de tempo com sol de 50% e 75% e substituição de 50% e 75% da água potável. Também será calculado o tempo de retorno do investimento sem considerar a taxa de juros, os gastos com manutenção e a vida útil dos sistemas, os resultados encontram-se nas tabelas seguintes.

Na Figura 20, estão os valores para 50% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída pela chuva, enquanto que na Tabela 27, tem-se o tempo de retorno para o investimento nestas condições para os dois sistemas de aquecimento.

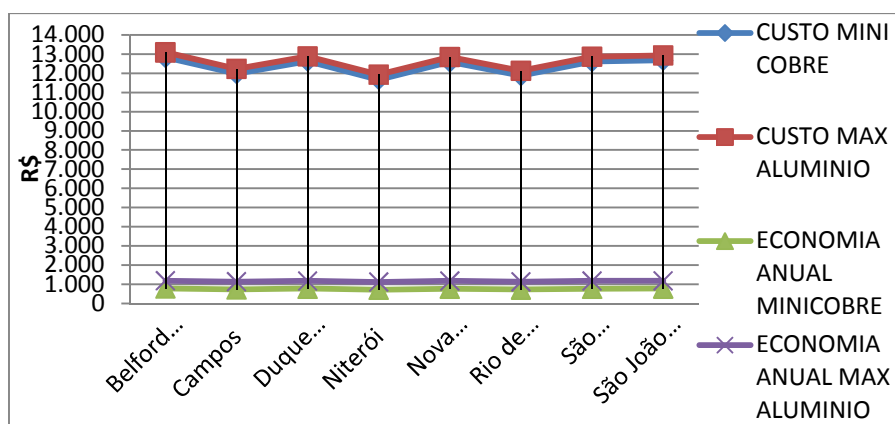


Figura 20 - Custo e economia para estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.

Tabela 27 - Tempo de retorno em anos para os dois sistemas de estudo e estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades.

RETORNO ESPERADO (anos)	Mini Cobre	Max Alumínio
Belford Roxo	16,4	11,0
Campos	16,3	10,8
Duque de Caxias	16,4	11,0
Niterói	16,3	10,7
Nova Iguaçu	16,4	11,0
Rio de Janeiro	16,3	10,7
São Gonçalo	16,4	11,0
São João de Meriti	16,4	11,0

A análise acima nos permite concluir que a implantação dos sistema, em termos econômicos, não é viável, visto que a média de custo de implantação com aquecedor Mini Cobre é R\$ 12.355, a economia anual gerada em média é R\$ 756, sem considerar os riscos.

A montagem, neste caso, torna-se inviável pois a taxa SELIC no momento é 12% ao ano, no caso, o investimento inicial renderia R\$ 1.483 ao ano, ou seja, o dobro da economia proporcionada pela substituição do chuveiro e do substituição da água, contando também que é uma aplicação a risco zero.

Em contrapartida, sabe-se que é um sistemas sustentável, seja na redução da energia elétrica ou no consumo de água e para preservação dos recursos, em termos gerais, serão necessários sacrifícios para manutenção das fontes de energia e água.

Na Figura 21 e na tabela 29, estão valores do custo e economia para 50% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída e tempo de retorno, respectivamente, com as considerações do primeiro caso. Do mesmo modo a implantação não é interessante, ja que a média do custo para Mini Cobre é R\$ 8.496, com economia de R\$ 533 ao ano, a aplicação a risco zero, segundo a taxa SELIC (12% ao ano), renderia anualmente R\$ 1.020.

Para o aquecedor Max Alumínio, o custo é R\$ 8.759 com economia de R\$ 937 anuais, a aplicação renderia R\$ 1.051, neste caso os valores são mais próximos.

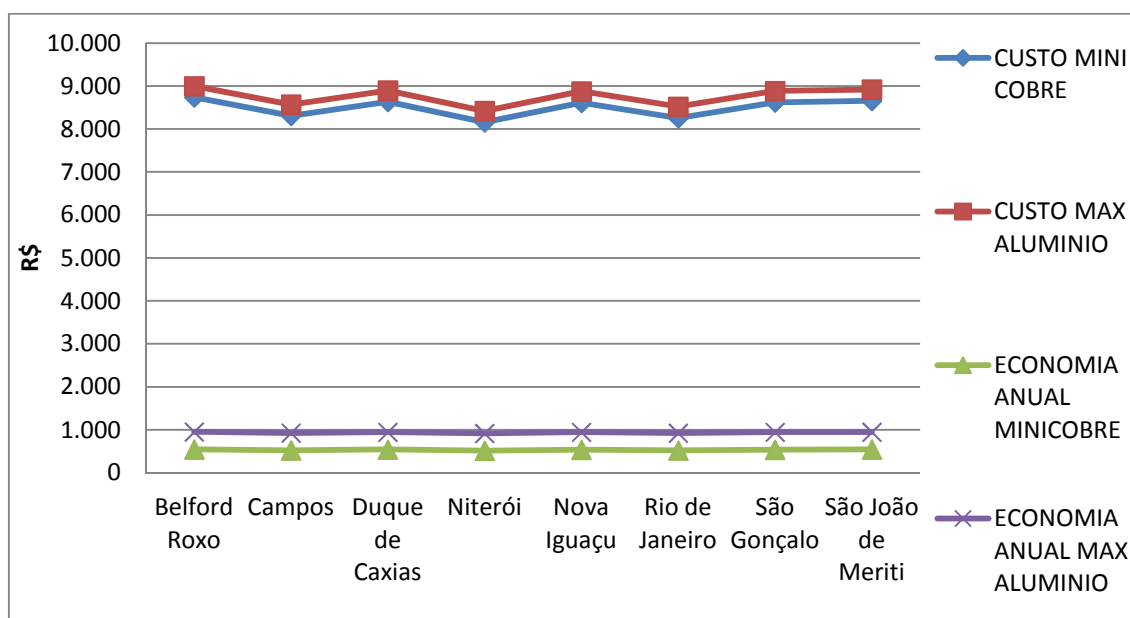


Figura 21 - Custo e economia para estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.

Tabela 28 - Tempo de retorno (em anos) para os dois sistemas de estudo e estimativas de 50% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades.

RETORNO ESPERADO	Mini Cobre	Max Alumínio
Belford Roxo	16,0	9,5
Campos	15,9	9,3
Duque de Caxias	16,0	9,4
Niterói	15,9	9,2
Nova Iguaçu	16,0	9,4
Rio de Janeiro	15,9	9,2
São Gonçalo	16,0	9,4

São João de Meriti	16,0	9,4
--------------------	------	-----

Na Figura 213 e na tabela 30, estão valores do custo e economia para 75% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída e tempo de retorno, respectivamente, com as considerações do primeiro caso. Do mesmo modo a implantação não é interessante, já que a média do custo para Mini Cobre é R\$ 12.355, com economia de R\$ 825 ao ano, a aplicação, renderia anualmente R\$ 1.483.

Para o aquecedor Max Alumínio, o custo é R\$ 12.618 com economia de R\$ 1.321 anuais, a aplicação renderia R\$ 1.514, assim como o caso anterior, os valores são mais próximos, o que torna a aplicação mais interessante, considerando a sustentabilidade do sistemas.

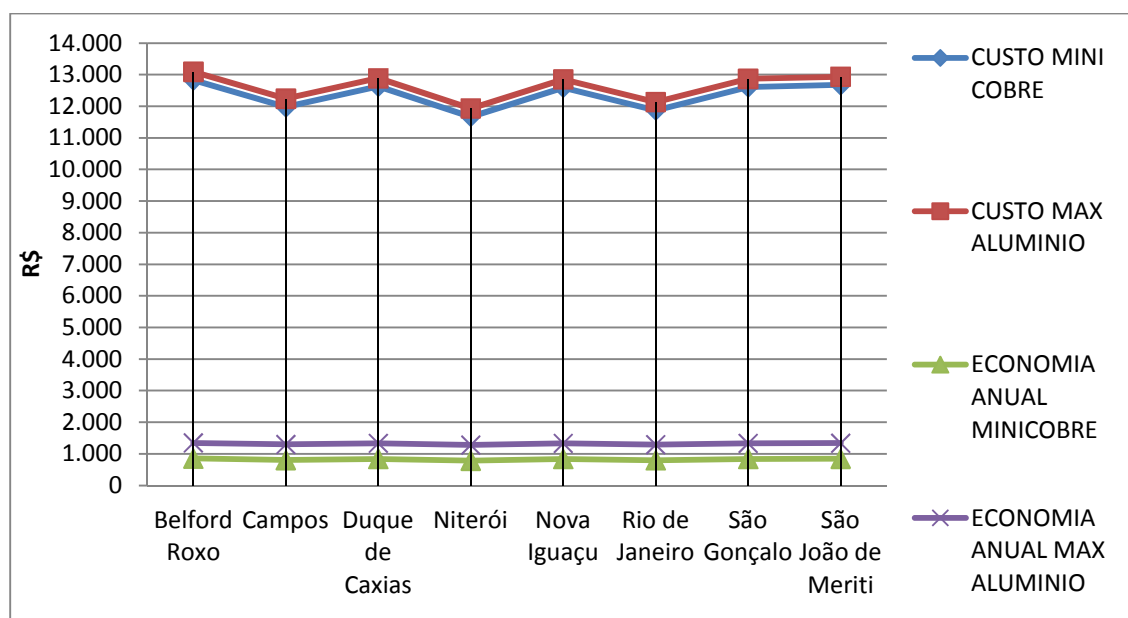


Figura 22 - Custo e economia para estimativas de 75% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.

Tabela 29 - Tempo de retorno (em anos) para os dois sistemas de estudo e estimativas e 75% de tempo de sol por ano e 50% de água substituída para todas as localidades.

RETORNO ESPERADO	Mini Cobre	Max Alumínio
Belford Roxo	15,0	9,7
Campos	14,9	9,4
Duque de Caxias	15,0	9,6
Niterói	14,8	9,3
Nova Iguaçu	15,0	9,6
Rio de Janeiro	14,9	9,4

São Gonçalo	15,0	9,6
São João de Meriti	15,0	9,7

Na Figura 21 e na tabela 31, estão valores do custo e economia para 75% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída e tempo de retorno, respectivamente, com as considerações do primeiro caso. Do mesmo modo a implantação não é interessante, já que a média do custo para Mini Cobre é R\$ 8.496, com economia de R\$ 603 ao ano, a aplicação, renderia anualmente R\$ 1.020.

Para o aquecedor Max Alumínio, o custo é R\$ 8.759 com economia de R\$ 1.098 anuais, a aplicação renderia R\$ 1.051, deste modo, a economia gerada torna-se mais vantajosa, com as considerações feitas, do que a aplicação a risco zero.

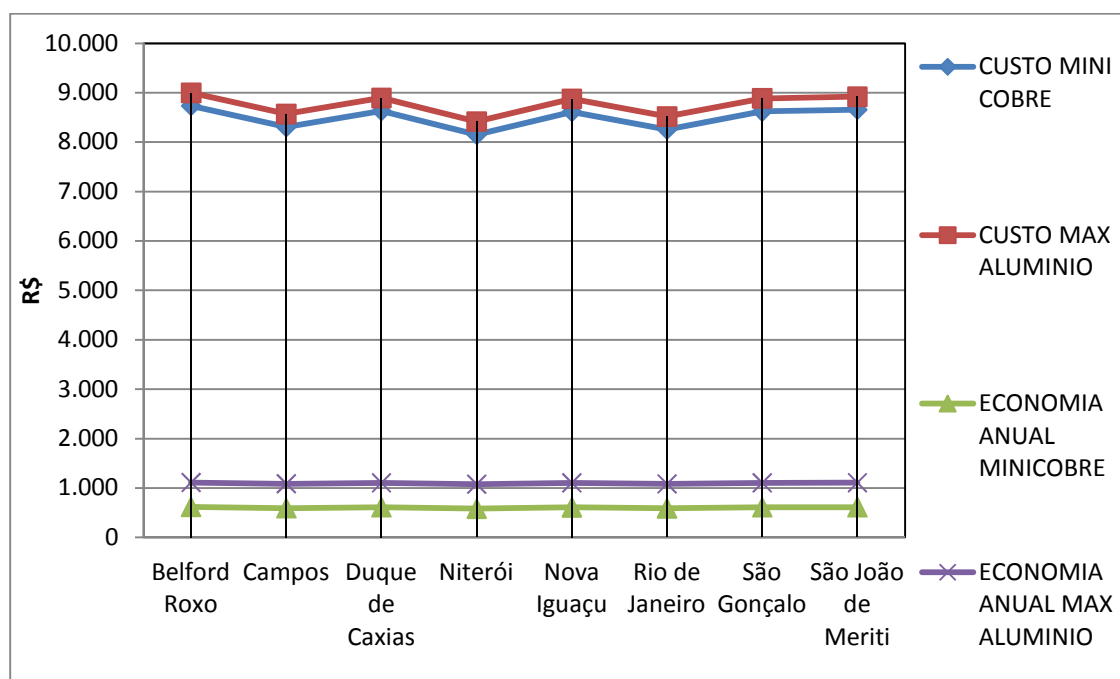


Figura 23 - Custo e economia para estimativas de 75% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades e aquecedores estudados.

Tabela 30 - Tempo de retorno (em anos) para os dois sistemas de estudo e estimativas e 75% de tempo de sol por ano e 25% de água substituída para todas as localidades.

RETORNO ESPERADO	Mini Cobre	Max Alumínio
Belford Roxo	14,2	8,1
Campos	14,0	7,9
Duque de Caxias	14,1	8,0
Niterói	14,0	7,8

Nova Iguaçu	14,1	8,0
Rio de Janeiro	14,0	7,9
São Gonçalo	14,1	8,0
São João de Meriti	14,1	8,1

Para as residências onde já existe telhado ou algum outro dispositivo que permita a captação de água da chuva, o sistema torna-se viável, visto que o encarecimento de implantação ocorre devido a construção da área de captação da chuva.

Para confirmar o que foi dito, com a suposição de 50% de tempo de sol e 25% de substituição da água, o valor de implantação do aquecedor Mini Cobre é R\$ 1.913 e Max Alumínio R\$ 2.176, a economia gerada pelo primeiro aquecedor é R\$ 533, enquanto que o segundo gera R\$ 937, sem contabilizar os juros, inflação, o tempo de via útil e a manutenção, deste modo o tempo de retorno é 3,4 anos para o sistema com Mini Cobre e 2,3 anos para o Max Alumínio. A aplicação a risco zero, iria proporcionar retornos anuais de R\$ 230 e R\$ 261, o que comprova a viabilidade mencionada anteriormente.

V - Conclusões e sugestões

A análise dos resultados permite concluir que a utilização de energia solar e água de chuva pode reduzir significativamente, não somente os gastos com chuveiro, o maior responsável pelo aumento da conta de energia elétrica, como também água potável.

Os dados relativos à energia solar são função direta da irradiância solar, mesmo não sendo uma função exata, as estimações feitas são suficientes para concluir que os aquecedores utilizados são eficientes na captação da energia solar e sua posterior substituição do chuveiro elétrico. Os valores determinados no presente trabalho são suficientes para comprovar a eficácia das técnicas propostas e também para ter-se uma estimativa do custo, da economia gerada e do tempo de retorno do investimento.

Futuramente, se já for possível obter dados de horas de Sol e parâmetros a e b do modelo Angstrom e Prescott para o estado do Rio de Janeiro, os dados podem ter uma precisão maior e também é válida a análise técnico-econômica da utilização de aquecedores solar populares.

O custo estimado também pode ser melhorado, visto que seria ideal uma pesquisa de preço para confrontar valores. A análise de sistemas de aquecimento com mais placas aumenta a área de captação e assim a energia solar captada, aumentando mais a economia com a energia elétrica. Foi possível concluir também que a implantação do boiler, componente que aumentou significativamente o custo do sistemas, é imprescindível, já que o mesmo possibilita a utilização da água à noite, horário de maior utilização do chuveiro.

As taxas de retorno avaliadas estão diretamente dependentes da irradiância solar, logo, quanto mais horas de Sol maior a captação de energia, por consequência, tem-se um aumento da economia com energia elétrica. Já a relação com o sistema de reuso, estas taxas aumentam com o aumento da área de captação, já que se torna muito caro construir uma laje ou telhado grande. As taxas de retorno menores, 8 anos em média, estão relacionadas com a substituição de 25% de água potável, estes valores são realizados sem a consideração de inflação, vida útil do sistema e custo de manutenção.

A comparação frente a aplicação em um fundo a risco zero, ou seja, poupança, torna os sistemas com grandes áreas de captação de chuva inviáveis economicamente, os com áreas menores são viáveis, mas o retorno é próximo da aplicação, levando em conta todas as suposições feitas. Nos locais onde já existem telhados ou lajes, a implantação torna-se interessante economicamente, uma vez que as despesas aumentam significativamente com a

construção dos coletores, nestas residências é necessário apenas à adaptação destes componentes.

O presente trabalho contribuiu para demonstrar uma promissora forma de energia sustentável e também uma maneira de preservar as bacias e mananciais. Para futuros trabalhos é aconselhável uma maior fidelidade a dados e valores referentes ao Rio, o que foi para este trabalho a maior dificuldade. Um estudo de adaptação de aquecedores solares em prédios e resorts também é válido e a substituição das placas de aquecimento por aquecedores populares, seria interessante também a análise para outras regiões, seja do estado ou do país.

Referências

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2002. Brasília, 153 p.

Atlas Brasileiro de Energia Solar, São José dos Campos, 1ª Edição, 2006.

BAPTISTA, A. S.; Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil, 2006.

BERNARDI, C. C., Reúso de água para irrigação, Monografia de conclusão de curso de especialização, ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, DF, 2003.

CASTRO, R. M. G. Energias Renováveis e Produção Descentralizada: Introdução à energia fotovoltaica. Universidade Técnica de Lisboa, 2004. Disponível em: <http://enerp4.ist.utl.pt/fapee/Download/FV_ed1.pdf>. Acessado em Julho de 2011.

CHADE, J. F. Estudo do Sistema Gerenciamento pelo Lado da Demanda para Consumidores e Distribuidores de Energia Elétrica. São Paulo, 2004.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Racionalização e reúso de água intradomiciliar. Produção limpa e ecosaneamento. In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia.

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A.; *Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis*. In: Anais do 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, Belo Horizonte. Rio de Janeiro: ABES 2007.

DASOL. Departamento Nacional de Aquecimento Solar Disponível em: www.dasolabrava.org.br/. Acesso em junho de 2011

DIAZ, I. "Cientista de 13 anos revoluciona a forma de captar energia solar", 2011. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/curiosidades/noticia/2011/08/cientista-de-13-anos-revoluciona-forma-de-captar-energia-solar.html>. Acessado em Agosto de 2011.

DL10438/2002. Decreto Federal nº 10.348, de 26 DE ABRIL DE 2002 Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis n o 9.427, de 26 de dezembro de 1996, n o 9.648: de 27 de maio de 1998, n o 3.890-A, de 25 de abril de 1961, n o 5.655, de 20 de maio de 1971, n o 5.899, de 5 de julho de 1973, n o 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências.

DOE. “Weatherization Programs Explore New Technologies”. Weatherization Works, 2001. Disponível em: <<http://www.waptac.org/si.asp?id=392>>. Acessado em Agosto de 2011.

ENVIRO-FRIENDLY. Disponível em <<http://www.enviro-friendly.com/evacuated-tube-solar-hot-water.shtml>>. Acessado em Agosto de 2011.

FOSTER, R. GHASSEMI, M. COTA, A.; Solar Energy: Renewable Energy and the Environment, 2010, Ed. Boca Raton.

FOGAÇA, A. “Skypump, uma turbina movida a energia solar e eólica para recarregar carros elétricos na estrada”. Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2011/07/skypump-uma-turbina-movida-energia-solar-e-eolica-para-recarregar-carros-eletricos-na-estrada.html>.

Acessado em Agosto de 2011.

FULGÊNCIO, C., Energia Solar Fotovoltaica. Artigo disponível no site da Naturlink. Disponível em <<http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=6556&iCanal=29&iSubCanal=3813&iLingua=1>>. Acessado em Agosto de 2011.

ICAEN. “Widening the Use of European Solar Thermal Technologies in Mediterranean Countries Following the Successful Model of Greece and Cyprus. Part A: Spain, Portugal”. Spanish Solar Thermal Market and Technology Assessment Report, 2003.

GEORIO. Disponível em: <http://www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/dados/acumuladas.asp>. Acessado em Setembro de 2011

HESPANHOL, I., "Um novo paradigma para gestão de recursos hídricos", *Estudos Avançados*, 22 (63), 131-158, 2008.

JUNIOR, FILHO, GADELHA, & NÓBREGA, Dimensionamento e análise de viabilidade econômica de sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais: Estudo de caso do Campus I da UFRB – João Pessoa – PB, *XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS*, 2008.

KALOGIROU, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science* (30), 231-295.

LIGHT. Disponível em:
<http://www.light.com.br/web/institucional/atendimento/informacoes/tarifas/tetarifas.asp?mid=868794297227722772287226>. Acessado em Setembro de 2011.

MACEDO, M., MELLO, J. C., & GONÇALVES, G. E., 2010, Modelo para redistribuição de cotas de emissão de gases do efeito estufa baseado em medidas de eficiência técnica. *Gestão & Produção*, 17 (3), 513-524.

MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F., Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003.

MARINI, J.A.; ROSSI, L.A; Projeto de sistemas fotovoltaicos para oferta de energia elétrica a comunidades rurais, 2002.

MIERZWA, J.C., HESPANHOL, I, Água na Indústria: Uso racional e reuso, São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MESQUITA, L. C. S.; MAZZON, L. A. F.; CAMPOS FILHO, M. M. O Aquecedor Solar de Água para o Setor Elétrico e para o Usuário Final. São Paulo: ENERGIA SOLAR, 1996. 44p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Decenal de Expansão. Sumário Executivo 2003-2012. 2002. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acessado em Julho de 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2002). Plano Decenal de Expansão 2003 - 2012 .

MIRRE, R.C., Recuperação e Reuso de Água na Indústria de Petróleo: Síntese de Redes de Transferência de Massa, Dissertação de M.Sc., TPQBq, EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

MOREIRA, E. "Conceito de carregador combina energia solar e energia cinética". Disponível em: <http://www.techtudo.com.br/curiosidades/noticia/2011/07/conceito-de-carregador-combina-energia-solar-e-energia-cinetica.html>). Acessado em Agosto de 2011.

OLIVEIRA, L. H., Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifício, 1999. Tese de doutorado – Escola Politécnica, USP, São Paulo.

OLIVEIRA, 2008. Engenharia Agrícola Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 406-416, 2008.

POULIKKAS, A. Economic analysis of power generation from parabolic trough solar thermal plants for the Mediterranean region—A case study for the island of Cyprus. *Applied Energy Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 2009, 2474–2484

PROCEL Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e de Hábitos de Consumo, v. 1, 1988.

SOLETROL. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br>>. Acessado em Setembro de 2011. 1533-1539.

SÖZEN, A., MENLIK, T., & UNVAR, S.; "Determination of efficiency of flat-plate solar collectors using neural network approach". *Expert Systems with Applications*, p. 35, 2008.

SHUANG-YING WU, L. X.-R.; A parabolic dish/AMTEC solar thermal power system and its performance evaluation. *Applied Energy*, 2009.

UNEP, 2003 – Annual Report.UNEP, http://www.uneptie.org/scripts/runsearch_en.asp, Understanding Cleaner Production.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa; Imprensa Universitária, 1991. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária, 1991.

WALD, M. L., O charme e o poder das renováveis, Scientific American Brasil, Agosto de 2009.

WANG, Y.P., SMITH, R., "Wastewater minimization", Chemical Engineering Science, 49 (7), 981-1006, 1994a.

ANEXO I - LEI Nº 4393, DE 16 DE SETEMBRO DE 2004.

DISPÕE SOBRE A OBRIGATORIEDADE DAS EMPRESAS PROJETISTAS E DE CONSTRUÇÃO CIVIL A PROVER OS IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE DISPOSITIVO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

A Governadora do Estado do Rio de Janeiro,
Faço saber que a Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º - Ficam as empresas projetistas e de construção civil no Estado do Rio de Janeiro, obrigadas a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais que 50 m2 de área construída, no Estado do Rio de Janeiro.

Art. 2º - A caixa coletora de água da chuva será proporcional ao número de unidades habitacionais nos empreendimentos residenciais ou à área construída nos empreendimentos comerciais.

Parágrafo único - As caixas coletoras de água da chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável, a utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, molhação de jardins, limpeza, banheiros, etc..., não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável.

Art. 3º - As empresas projetistas e de construção civil terão o prazo de 180 (cento e oitenta) dias para adequarem seus projetos ao cumprimento desta Lei, após sua aprovação.

Art. 4º - Esta Lei entra em vigor na data da sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Rio de Janeiro, em 16 de setembro de 2004.

ROSINHA GAROTINHO
Governadora

ANEXO II – CÁLCULO DO CONSUMO MENSAL DE ENERGIA DOS CHUVEIROS ELÉTRICOS

Município	População	Número de Domicílios	Tempo de banho / Domicílio (h.dia ⁻¹)	Consumo de energia elétrica mensal (kWh.mês ⁻¹)					
				2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	469.332	157.955	1,49	115,14	138,17	184,22	230,28	276,33	299,36
Campos	463.731	174.259	1,33	103,12	123,74	164,99	206,24	247,49	268,11
Duque de Caxias	855.048	295.258	1,45	112,22	134,66	179,55	224,43	269,32	291,77
Niterói	487.562	191.172	1,28	98,83	118,59	158,12	197,65	237,19	256,95
Nova Iguaçu	796.257	276.118	1,44	111,75	134,09	178,79	223,49	268,19	290,54
Rio de Janeiro	6.320.446	2.408.891	1,31	101,67	122,01	162,68	203,34	244,01	264,35
São Gonçalo	999.728	345.946	1,44	111,98	134,38	179,17	223,96	268,75	291,15
São João de Meriti	458.673	157.396	1,46	112,92	135,51	180,68	225,85	271,01	293,60

Horas de banho/Pessoa	0,5	Supondo 15 minutos por banho e 2 banhos/Dia.pessoa
-----------------------	-----	--

Dias por mês	31	Janeiro	Março	Maior	Julho	Agosto	Outubro	Dezembro
--------------	----	----------------	--------------	--------------	--------------	---------------	----------------	-----------------

Município	População	Número de Domicílios	Tempo de banho / Domicílio (h.dia ⁻¹)	Consumo de energia elétrica mensal (kWh.mês ⁻¹)					
				2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	469.332	157.955	1,49	111,42	133,71	178,28	222,85	267,42	289,70
Campos	463.731	174.259	1,33	99,79	119,75	159,67	199,59	239,50	259,46
Duque de Caxias	855.048	295.258	1,45	108,60	130,32	173,76	217,20	260,63	282,35
Niterói	487.562	191.172	1,28	95,64	114,77	153,02	191,28	229,53	248,66
Nova Iguaçu	796.257	276.118	1,44	108,14	129,77	173,03	216,28	259,54	281,17
Rio de Janeiro	6.320.446	2.408.891	1,31	98,39	118,07	157,43	196,78	236,14	255,82

São Gonçalo	999.728	345.946	1,44	108,37	130,04	173,39	216,74	260,09	281,76
São João de Meriti	458.673	157.396	1,46	109,28	131,14	174,85	218,56	262,27	284,13

Horas de banho/Pessoa	0,5	Supondo 15 minutos por banho e 2 banhos/Dia.pessoa
-----------------------	-----	--

Dias por mês	30	Abril	Junho	Setembro	Novembro
--------------	----	--------------	--------------	-----------------	-----------------

Município	População	Número de Domicílios	Tempo de banho / Domicílio (h.dia ⁻¹)	Consumo de energia elétrica mensal (kWh.mês ⁻¹)					
				2,5 kW	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	6,5 kW
Belford Roxo	469.332	157.955	1,49	104,00	124,79	166,39	207,99	249,59	270,39
Campos	463.731	174.259	1,33	93,14	111,77	149,02	186,28	223,54	242,17
Duque de Caxias	855.048	295.258	1,45	101,36	121,63	162,17	202,72	243,26	263,53
Niterói	487.562	191.172	1,28	89,26	107,12	142,82	178,53	214,23	232,08
Nova Iguaçu	796.257	276.118	1,44	100,93	121,12	161,49	201,86	242,24	262,42
Rio de Janeiro	6.320.446	2.408.891	1,31	91,83	110,20	146,93	183,67	220,40	238,77
São Gonçalo	999.728	345.946	1,44	101,14	121,37	161,83	202,29	242,75	262,98
São João de Meriti	458.673	157.396	1,46	101,99	122,39	163,19	203,99	244,79	265,19

Horas de banho/Pessoa	0,5	Supondo 15 minutos por banho e 2 banhos/dia.pessoa
-----------------------	-----	--

Dias por mês	28	Fevereiro
--------------	----	------------------

Cálculo do custo mensal com água potável, referente às tarifas cobradas.

	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto
Gasto com água (R\$/mês)	Janeiro	Janeiro	Fevereiro	Fevereiro	Março	Março	Abril	Abril
Belford Roxo	77,31	80,46	69,83	72,67	77,31	80,46	74,82	77,86
Campos	69,24	72,06	62,54	65,09	69,24	72,06	67,01	69,74
Duque de Caxias	75,35	78,42	68,06	70,83	75,35	78,42	72,92	75,89
Niterói	66,36	69,06	59,94	62,38	66,36	69,06	64,22	66,83
Nova Iguaçu	75,03	78,09	67,77	70,53	75,03	78,09	72,61	75,57
Rio de Janeiro	68,27	71,05	61,66	64,17	68,27	71,05	66,07	68,76
São Gonçalo	75,19	78,25	67,92	70,68	75,19	78,25	72,77	75,73
São João de Meriti	75,82	78,91	68,49	71,27	75,82	78,91	73,38	76,37

	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto
Gasto com água (R\$/mês)	Maior	Maior	Junho	Junho	Julho	Julho	Agosto	Agosto
Belford Roxo	77,31	80,46	74,82	77,86	77,31	80,46	77,31	80,46
Campos	69,24	72,06	67,01	69,74	69,24	72,06	69,24	72,06
Duque de Caxias	75,35	78,42	72,92	75,89	75,35	78,42	75,35	78,42
Niterói	66,36	69,06	64,22	66,83	66,36	69,06	66,36	69,06
Nova Iguaçu	75,03	78,09	72,61	75,57	75,03	78,09	75,03	78,09
Rio de Janeiro	68,27	71,05	66,07	68,76	68,27	71,05	68,27	71,05
São Gonçalo	75,19	78,25	72,77	75,73	75,19	78,25	75,19	78,25
São João de Meriti	75,82	78,91	73,38	76,37	75,82	78,91	75,82	78,91

	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto	Sem esgoto	Com esgoto
Gasto com água (R\$/mês)	Setembro	Setembro	Outubro	Outubro	Novembro	Novembro	Dezembro	Dezembro
Belford Roxo	74,82	77,86	77,31	80,46	74,82	77,86	77,31	80,46
Campos	67,01	69,74	69,24	72,06	67,01	69,74	69,24	72,06
Duque de Caxias	72,92	75,89	75,35	78,42	72,92	75,89	75,35	78,42

Niterói	64,22	66,83	66,36	69,06	64,22	66,83	66,36	69,06
Nova Iguaçu	72,61	75,57	75,03	78,09	72,61	75,57	75,03	78,09
Rio de Janeiro	66,07	68,76	68,27	71,05	66,07	68,76	68,27	71,05
São Gonçalo	72,77	75,73	75,19	78,25	72,77	75,73	75,19	78,25
São João de Meriti	73,38	76,37	75,82	78,91	73,38	76,37	75,82	78,91

ANEXO III - CÁLCULO DA ENERGIA SOLAR

Mês	Irradiação solar média diária (MJ/m ² .dia)	Irradiação solar média mensal (MJ/m ² .mês)	Média de horas de Sol/dia	Média de horas de Sol no topo da atmosfera/mês (n)	50%n/N (h/mês)	75%n (h/mês)	100%n (h/mês)
Janeiro	41,86	1297,66	13,08	405,48	0,50	0,75	1,00
Fevereiro	40,03	1120,84	12,63	353,64	0,50	0,75	1,00
Março	36,31	1125,61	12,10	375,10	0,50	0,75	1,00
Abril	31,24	937,2	11,55	346,50	0,50	0,75	1,00
Maio	26,58	823,98	11,05	342,55	0,50	0,75	1,00
Junho	24,18	725,4	10,81	324,30	0,50	0,75	1,00
Julho	25,10	778,1	10,93	338,83	0,50	0,75	1,00
Agosto	28,88	895,28	11,34	351,54	0,50	0,75	1,00
Setembro	33,81	1014,3	11,82	354,60	0,50	0,75	1,00
Outubro	38,21	1184,51	12,49	387,19	0,50	0,75	1,00
Novembro	41,01	1230,3	12,95	388,50	0,50	0,75	1,00
Dezembro	42,14	1306,34	13,19	408,89	0,50	0,75	1,00

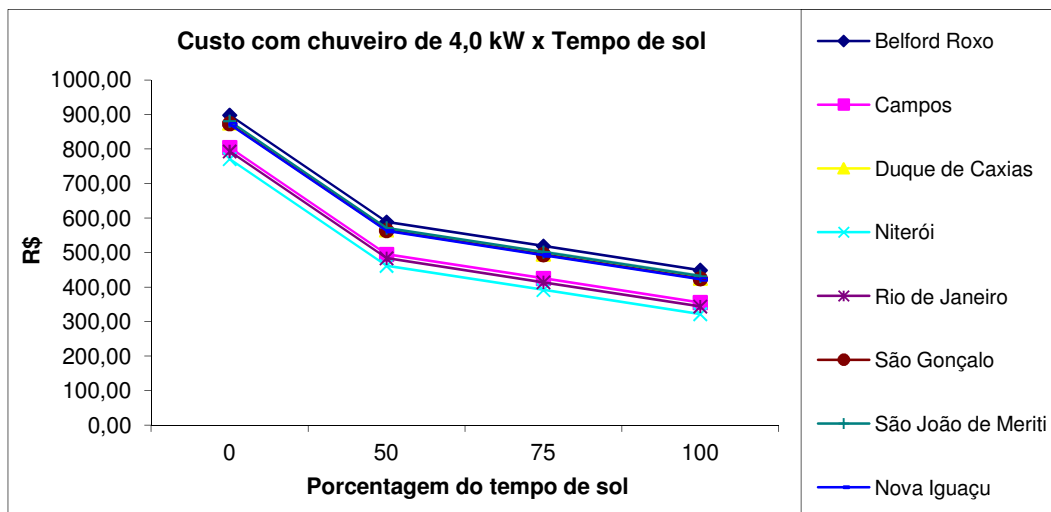
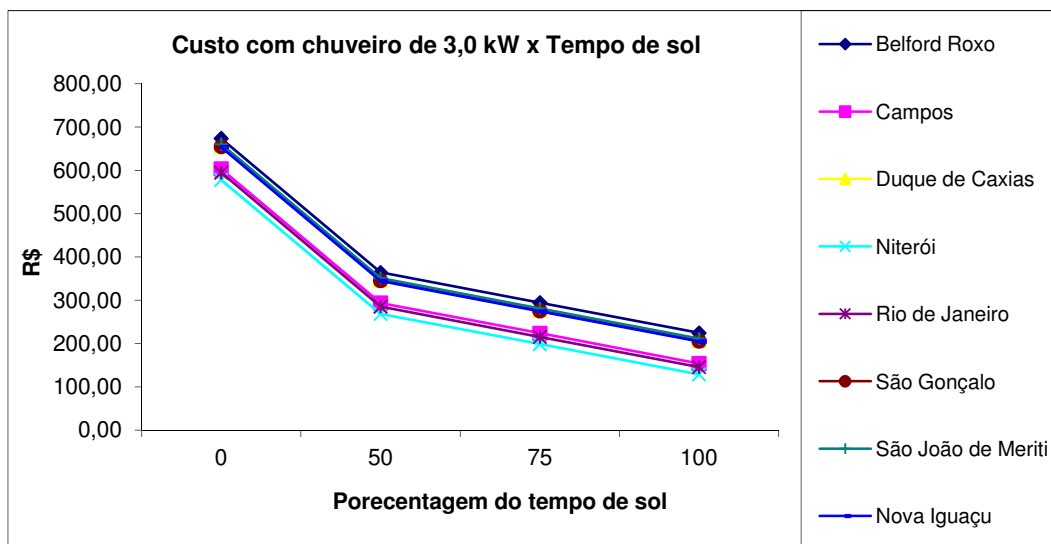
Mês	Rg=R ₀ (a+b.(n/N))		50%	75%	100%	50%	75%	100%
	a	b	Rg (MJ/m ² .mês)	Rg (MJ/m ² .mês)	Rg (MJ/m ² .mês)	Rg (kWh/m ² .mês)	Rg (kWh/m ² .mês)	Rg (kWh/m ² .mês)
Janeiro	0,2330	0,3630	538	656	773	149,41	182,12	214,83
Fevereiro	0,256	0,361	489	590	692	135,90	164,00	192,10
Março	0,275	0,321	490	581	671	136,17	161,26	186,35
Abril	0,235	0,373	395	482	570	109,73	134,01	158,28
Maio	0,220	0,396	344	426	508	95,67	118,33	140,99
Junho	0,239	0,346	299	362	424	83,02	100,45	117,88
Julho	0,251	0,359	335	405	475	93,05	112,45	131,84
Agosto	0,220	0,369	362	445	527	100,59	123,54	146,48

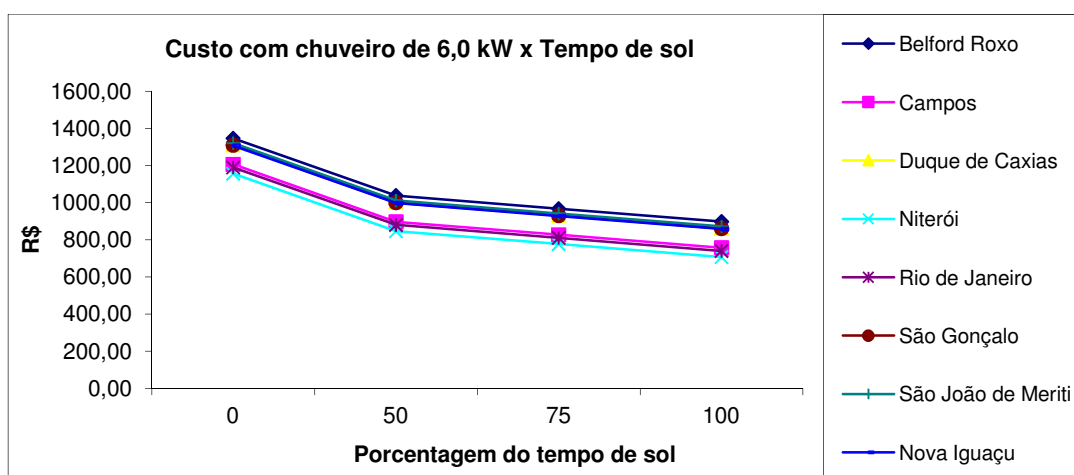
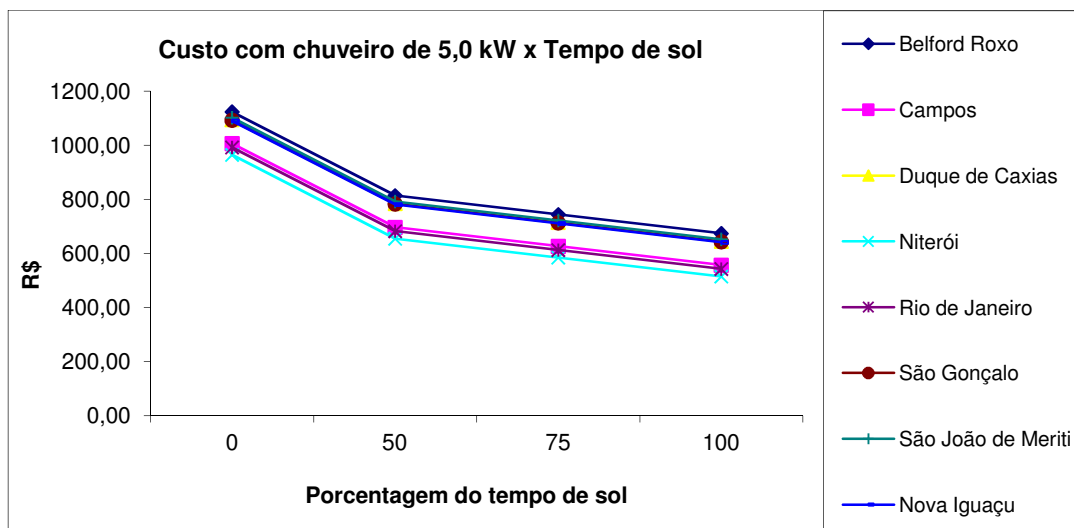
Setembro	0,203	0,417	417	523	629	115,94	145,31	174,69
Outubro	0,186	0,448	486	618	751	134,90	171,75	208,61
Novembro	0,202	0,427	511	643	774	142,00	178,48	214,96
Dezembro	0,236	0,334	526	636	745	146,24	176,54	206,84

ANEXO IV - GRÁFICOS DE CUSTO DO CHUVEIRO

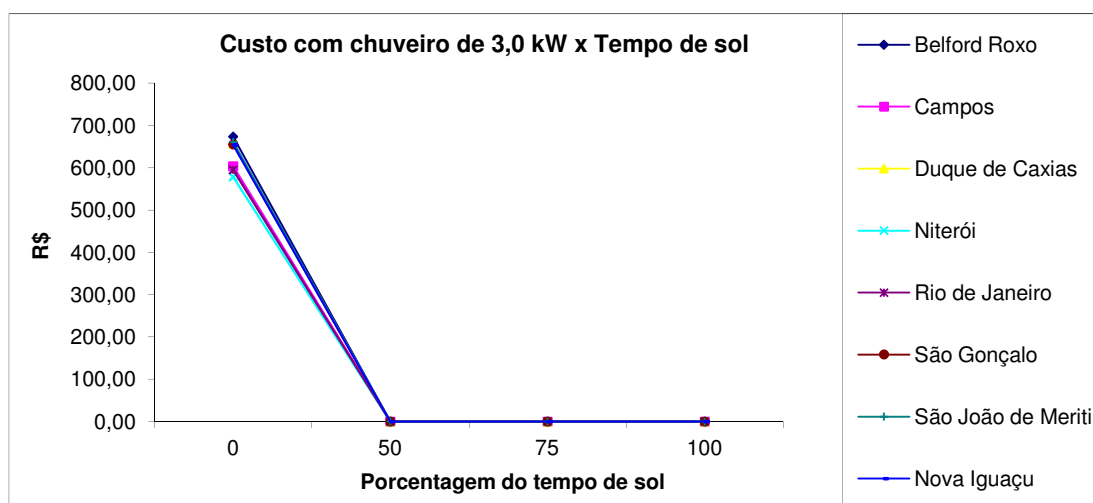
Abaixo seguem os gráficos com os gastos anuais com chuveiro, com ou sem implantação do sistema de aquecimento solar.

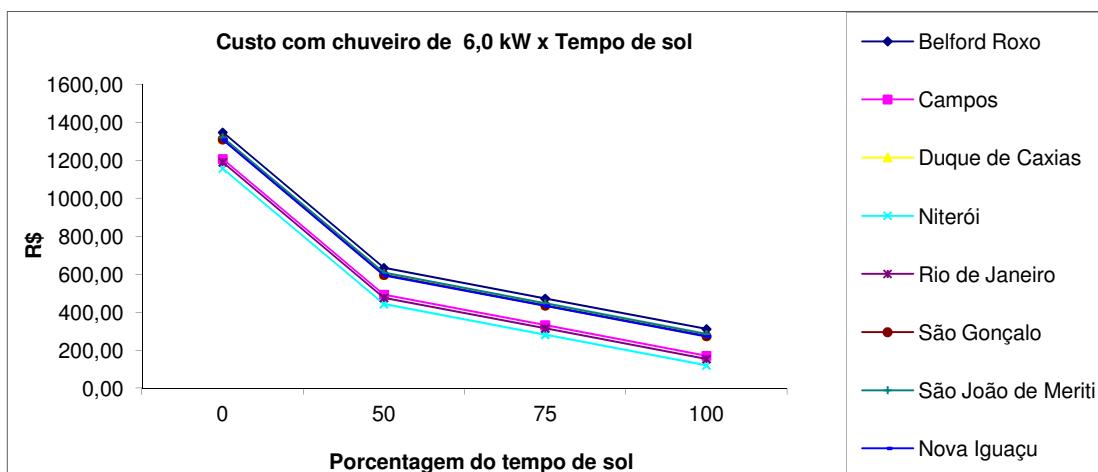
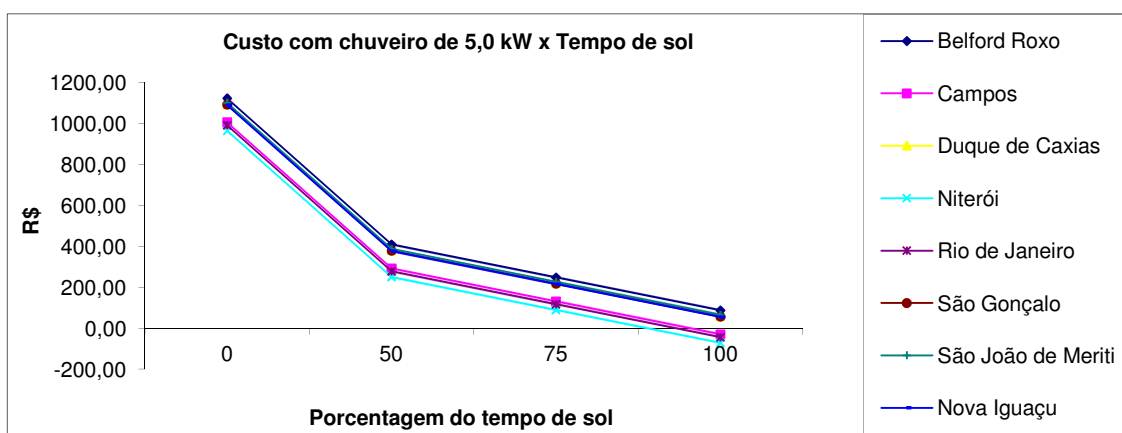
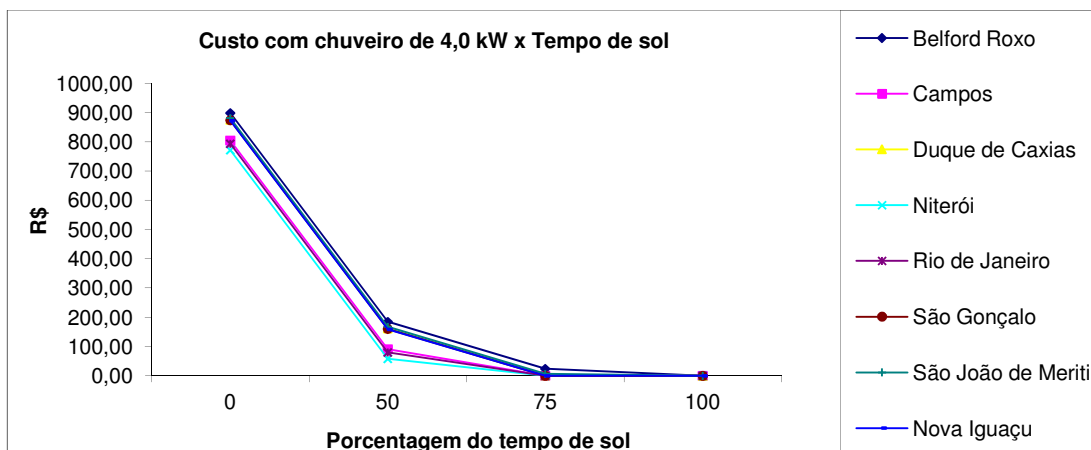
GRÁFICOS DOS GASTOS ANUAIS COM CHUVEIRO DE DETERMINADAS POTÊNCIAS EM FUNÇÃO DA % DE SOL/ANUAL PARA O AQUECEDOR MINI COBRE.





GRÁFICOS DOS GASTOS ANUAIS COM CHUVEIRO DE DETERMINADAS POTÊNCIAS
FUNÇÃO DA % DE SOL/ANUAL PARA O AQUECEDOR MAX ALUMÍNIO





ANEXO V - DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

ESTAÇÕES	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL
1 Vidigal	142,60	89,80	348,80	432,60	65,20	81,20	174,20	39,80	48,00	138,20	78,20	166,80	1805,40
2 Urca	179,20	47,20	302,60	311,80	54,40	45,80	91,00	29,00	36,60	167,80	64,60	233,00	1563,00
3 Rocinha	159,80	131,20	424,00	570,60	94,80	145,20	280,40	77,60	80,80	175,40	111,60	202,20	2453,60
4 Tijuca	220,20	62,40	338,60	472,00	89,60	70,80	127,00	32,80	58,20	175,60	108,20	287,60	2043,00
5 Santa Teresa	159,40	89,60	334,20	434,80	56,20	47,20	116,20	41,40	58,00	152,00	88,20	266,20	1843,40
6 Copacabana	150,40	50,20	431,00	401,00	54,80	67,40	114,40	38,40	44,60	140,40	66,80	194,00	1753,40
7 Grajaú	258,60	73,80	330,20	421,00	87,20	51,20	60,40	19,80	31,80	115,20	61,20	266,80	1777,20
8 I. Governador	181,20	58,20	365,80	320,80	67,80	32,00	51,00	2,40	22,40	108,00	135,60	326,00	1671,20
9 Penha	241,40	70,80	237,20	320,80	54,20	28,20	40,20	4,20	27,20	74,40	41,60	208,00	1348,20
10 Madureira	179,00	68,60	393,80	296,20	53,00	28,80	62,80	4,20	23,80	87,60	65,60	195,60	1459,00
11 Irajá	248,20	73,00	290,20	205,60	40,40	19,40	55,60	11,20	35,40	83,30	72,00	239,80	1374,10
12 Bangu	274,80	66,20	294,20	258,60	63,80	37,40	45,00	5,80	30,40	91,20	49,80	163,60	1380,80
13 Piedade	247,60	79,20	308,60	295,20	37,20	29,00	43,60	7,00	24,00	83,80	45,60	182,20	1383,00
14 Jacarepaguá/Tanque	133,00	70,60	391,20	297,00	63,20	43,60	69,40	16,80	37,40	116,00	63,80	192,60	1494,60
15 Saúde	215,20	82,40	333,00	293,00	52,20	35,20	77,80	25,00	30,40	100,60	62,00	255,20	1562,00
16 Jd. Botânico	186,60	102,00	402,60	519,00	74,80	76,20	199,80	44,60	60,80	175,40	85,60	183,80	2111,20
17 Barra/Itanhangá	93,20	109,80	458,60	453,60	95,60	102,80	474,60	39,20	64,00	106,40	109,00	187,80	2294,60
18 Jacarepaguá/CDD	106,20	78,20	324,80	328,80	58,40	42,80	60,20	22,40	40,20	146,00	82,40	210,60	1501,00
19 Barra/Riocentro	120,60	126,20	388,60	403,40	63,80	68,00	89,20	47,80	68,20	117,00	77,60	179,20	1749,60
20 Guaratiba	91,00	200,00	287,00	244,00	62,60	32,00	127,80	22,60	49,80	46,60	101,20	155,40	1420,00
21 Estr. Grajaú-Jacarepaguá	184,60	90,40	252,60	308,00	30,80	56,80	87,00	41,20	40,00	159,20	82,40	252,20	1585,20
22 Santa Cruz	98,60	171,00	252,20	275,20	51,40	39,20	55,60	15,60	55,40	82,20	94,40	166,00	1356,80
23 Grande Méier	372,80	81,20	341,40	373,40	54,20	37,40	61,60	6,00	29,60	97,60	47,40	189,80	1692,40
24 Anchieta	228,80	57,60	380,80	202,20	48,80	31,00	92,80	4,00	40,00	84,40	60,60	222,60	1453,60
25 Grota Funda	130,20	155,00	322,20	448,00	77,20	96,00	144,60	52,40	61,00	96,80	123,60	144,80	1851,80

26 Campo Grande	106,00	73,80	275,00	368,20	64,00	48,20	54,40	42,00	44,40	93,00	76,60	112,80	1358,40
27 Sepetiba	131,00	179,40	222,40	295,80	56,00	73,20	64,60	17,60	49,00	88,40	131,40	179,40	1488,20
28 Alto da Boa Vista	197,60	167,40	484,60	628,40	111,00	111,80	359,80	66,80	86,20	210,80	165,20	205,80	2795,40
29 Av. Brasil/Mendanha	196,40	142,20	441,60	271,00	61,60	41,20	47,40	22,80	39,00	85,80	75,80	178,40	1603,20
30 Recreio dos Bandeirantes	66,80	76,00	367,20	366,80	63,80	89,80	123,40	39,20	63,00	96,40	87,60	163,80	1603,80
31 Laranjeiras	178,20	83,20	349,80	401,80	68,80	51,40	109,60	43,40	54,60	191,20	76,20	264,80	1873,00
32 São Cristóvão	132,80	32,40	283,00	343,20	59,60	34,60	69,20	23,00	27,40	83,00	58,20	250,80	1397,20
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
MEDIA	175,38	94,97	342,43	361,31	63,64	56,09	113,46	28,31	45,68	117,80	82,81	207,11	1688,98

Fonte: <http://www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/dados/acumuladas.asp?ano=2010>

ANEXO VI - CÁLCULO DO CUSTO DE MONTAGEM DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE AGUA DA CHUVA E ENERGIA SOLAR

Como citado na metodologia, segundo <http://www.sinduscon-rio.com.br/mediana.pdf>, o preço médio da obra para o Estado do Rio de Janeiro é R\$100/m². Deste modo foi determinado o preço da construção do sistema de captação de águas pluviais. Os demais itens seguem na tabela abaixo:

Caixa D'Água 1000 L	Preço unitario (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
	349	1	349

<http://www.cec.com.br/caixas-d-agua/caixa-d-agua/1-500-litros/caixa-d-agua-em-fibra-com-tampa-1-500-litros?produto=1085451>

Volume baseado no fato da média de consumo diário de água ser 230l/hab.dia

Filtro comercial (500L/h)	Preço unitario (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
	207,2	1	207,2

<http://www.cec.com.br/utilidades-domesticas/filtros/filtro-acquatotal?produto=1049837>

Para reter fragmentos captados durante o escoamento

Tratamento (Cloração)	Preço unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
	58,9	12	706,8

<http://www.sosdapiscina.com.br/p-2-3-442/Clorador-Flutuante---Advanced-4-em-1---HTH---1,6-Kilos>

Custo do Coletor Mini Cobre	Preço	Quantidade	Total
Placa de aquecimento (1,00 m²)	R\$ 352,00	1	R\$ 352,00
Boiler (400L)	R\$ 1.435,00	1	R\$ 1.435,00
Tubulação cobre (m)	R\$ 42,00	3	R\$ 126,00
		Total	R\$ 1.913,00

Custo do Coletor Max Alumínio2	Preço	Quantidade	Total
Placa de aquecimento (2,00 m²)	R\$ 615,00	1	R\$ 615,00
Boiler (400L)	R\$ 1.435,00	1	R\$ 1.435,00
Tubulação cobre (m)	R\$ 42,00	3	R\$ 126,00
		Total	R\$ 2.176,00

www.soletrol.com.br