

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Faculdade de Ciências Econômicas**

**Centro de Pós Graduação e Pesquisas em Administração**

**Curso de Especialização em Gestão Estratégica de Negócios**

Utilização de Sistemas de Captação de Energia Solar como Forma  
de Diminuição do Consumo de Energia Elétrica nas Escolas da  
Rede Municipal de Ensino de Belo Horizonte

Autor: Salomão Henrique de Andrade Brasil e Silva

Orientador: Prof. Dr. Francisco Vidal Barbosa

Julho de 2009.

Salomão Henrique de Andrade Brasil e Silva

Utilização da Energia Solar como Forma de Diminuição do  
Consumo de Energia Elétrica nas Escolas da Rede Municipal de  
Ensino de Belo Horizonte

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão Estratégica  
de Negócios da Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG, como pré-  
requisito para obtenção de título.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Vidal Barbosa

Belo Horizonte

Julho de 2009.

Salomão Henrique de Andrade Brasil e Silva

Utilização da Energia Solar como Forma de Diminuição do  
Consumo de Energia Elétrica nas Escolas da Rede Municipal de  
Ensino de Belo Horizonte

Esta monografia foi julgada e aprovada para obtenção do diploma, no Curso de Pós Graduação em Gestão de Negócios, da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 20 de julho de 2009.

**Prof. Maria Luiza Lamounier**

Coordenadora do Curso de Pós Graduação

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha esposa, amiga e companheira fiel em todos os momentos, e minha principal motivadora, durante o tempo dedicado aos estudos. Dedico também ao meu querido filho Davi, que esta por chegar para iluminar nossas vidas.

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Professor Francisco Vidal Barbosa pela orientação segura e competente, e principalmente pela amizade. Agradeço também ao colega de profissão e amigo Engenheiro William Araújo Oliveira, pela colaboração com as informações relativas ao consumo de energia das escolas da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

À família e aos amigos, pelo incentivo ao estudo e compreensão às conseqüentes ausências.

## RESUMO

Este trabalho é motivado pela percepção da ausência de iniciativas da iniciativa pública, da iniciativa privada, e também da sociedade civil, no que tange à economia de energia elétrica e utilização do potencial de energia solar, abundante em nosso país. O objetivo geral é discutir a viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos em escolas públicas de Belo Horizonte, a conseqüente diminuição de consumo de energia elétrica fornecida pela rede convencional e a proporcional redução dos custos nas contas de energia, além da possibilidade de geração de oportunidades de negócios tanto na implementação do sistema quanto na manutenção e conservação.

A grande maioria das instituições de ensino públicas do Brasil, através de subsídios dos governos nos âmbitos federal, estadual e municipal, poderiam instalar e utilizar os painéis fotovoltaicos em suas instalações. Todas as escolas tem espaço físico suficiente para a utilização dos painéis, e a insolação é disponível, praticamente o ano inteiro, em todas as regiões do país. Assim, a capacidade de geração de energia elétrica, através de uma fonte limpa, renovável e abundante torna-se um fato de relevância, que precisa ser considerado, na medida em que haverá diminuição significativa das despesas com energia elétrica em médio prazo. A utilização dos sistemas solares em instalações públicas, em especial em escolas, ainda não é uma realidade. Entretanto, é uma forma potencial de economia de energia, e conseqüentemente, diminuição dos gastos públicos com energia elétrica. Este trabalho preocupa-se unicamente com a viabilização da utilização em escolas, mas a mesma idéia pode ser aplicada a prédios administrativos, hospitais, presídios, postos de saúde, dentre outras edificações públicas.

Pretende-se com este trabalho fazer uma abordagem dos aspectos tecnológicos, econômicos e sociais, de forma a consolidar a visão desta possibilidade como uma realidade a ser viabilizada.

**Palavras chave:** Energia Solar, Energia Elétrica, Escolas Públicas, Geração de Energia Alternativa, Iniciativas Privada, Oportunidades de Negócios.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	vii
Lista de Gráficos .....	vii
1 Introdução .....	1
2 Utilização de energia solar .....	4
2.1 Energia e Sociedade .....	4
2.2 Definições de Energia .....	5
2.3 Definição de Energia Solar .....	6
2.4 O Potencial Solar Brasileiro .....	8
3 Utilização de Energia Solar em Escolas Públicas .....	10
3.1 Consumo de Energia pelas Escolas Públicas .....	11
3.2 Estimativa de Redução de Custos .....	12
3.3 Impactos após a efetiva Implementação do Sistema .....	13
4 O Mercado Brasileiro de Energia Solar .....	14
5 A profissionalização do Mercado .. ..	15
6 Normas Técnicas e Certificação .....	16
7 A Energia Solar como Recurso Social .....	18
8 Considerações Finais .....	19
Referências Bibliográficas .....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidades de Trabalho, Energia e Potência	5
Figura 2 - Irradiação média anual típica – 1995 a 1998	9

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo e despesas com energia elétrica na Escola Municipal Prefeito Amintas de Barros (Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2008)	11
--	----



## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade brasileira ainda não se conscientizou da necessidade de ampliar as fontes de energia, utilizando principalmente fontes de energia renováveis. Isso se deve ao fato de termos à disposição um grande potencial hídrico, largamente utilizado para geração de energia elétrica e ao fato de as descobertas de novos campos petrolíferos que levam o Brasil a patamares cada vez mais altos como país produtor de petróleo. Além disso, o desenvolvimento do etanol de cana-e-açúcar tem promovido uma mudança de conceito quanto a combustível veicular e merece destaque como fonte renovável, limpa e de grande relevância em âmbito nacional.

Entretanto, o fato de o país ter grande extensão territorial e insolação abundante praticamente durante todo o ano, credenciaria o país como grande produtor e consumidor de energia elétrica gerada a partir de painéis solares. Mas o que se observa na prática é diferente, e a pergunta é: Por que, no Brasil, habitualmente não se usa a energia do sol para a geração de energia de uso nos bens públicos e até mesmo em residências? Este trabalho busca aclarar essa questão e propor a maior utilização desta fonte, que não causa impacto ambiental e tem uma relação custo-benefício interessante no médio prazo.

Para tal, assume-se que essa resposta passa pela compreensão das relações existentes entre desenvolvimento sustentável, modernidade, mercado, cidadania, e principalmente da relação entre a falta de acesso à energia e à vontade política. Dada abrangência de todos estes aspectos, concentra-se a atenção nos marcos regulatórios da indústria de energia brasileira e na utilização da energia solar como ferramenta para diminuição de custos com energia elétrica da rede convencional nas escolas públicas. O núcleo avaliado são as escolas da região oeste da rede municipal de Belo Horizonte.

O objetivo geral é discutir a viabilidade da instalação de painéis solares nas escolas da rede pública municipal de Belo Horizonte, que atenderia à demanda de iluminação durante as aulas, e demandas de chuveiros nas escolas integrais, além dos serviços administrativos e cantinas. Finalmente,

deseja-se fazer um paralelo entre demanda de energia e custo de energia, para a verificação da viabilidade da implementação em escolas.

As escolas, por se tratarem de edificações com grande área de insolação, e pelo grande número de instituições, tornam-se um alvo para implementação, uma vez que existe a possibilidade de geração em escala para atendimento à demanda diária. O poder público, neste caso a prefeitura municipal, pode instituir um projeto piloto, e através de processos de controle de demanda e consumo, conseguir rapidamente respostas quanto à quantidade de economia gerada e conseqüentemente, realizar o cálculo do “payback”. Estima-se que através da utilização de painéis fotovoltaicos, a redução do consumo de energia esteja em torno de 25 a 30 % em instalações do porte de uma escola, onde a função principal seria a alimentação de lâmpadas para iluminação. Alie-se a esta iniciativa a utilização de lâmpadas econômicas e sistemas inteligentes e como sensores de presença, além de manutenção adequada, este percentual pode alcançar cerca de 30 % de redução de consumo.

A economia estimada pode variar entre 10% e 30%. Essa variação depende de cada unidade. Deve-se avaliar o investimento necessário para implementação do sistema de captação de luz solar e principalmente o pay-back.. Existem exemplos de unidades escolares que estão sendo reformadas completamente e em fase de conclusão, entretanto, não foram previstos parâmetros de eficiência energética se considerarmos a ampliação da matriz. A eficiência ocorre apenas na substituição de poucos equipamentos internos com iluminação. Falta a implantação de um programa de eficiência energética com abrangência em toda a PBH. Nesse caso poderá se falar mais seguramente sobre estas estimativas. Existe ainda uma questão relevante acerca de escolas: o impacto da iluminação pode ultrapassar 80% do consumo da unidade. A nova implantação de escola integrada em toda a rede municipal poderá modificar essa dinâmica pois exigirá a implantação de novos chuveiros e o aproveitamento de energia solar para aquecimento passará a ser mais relevante.

Para se atingir os objetivos propostos, realizou-se pesquisa bibliográfica descritiva. Obteve-se os dados que sustentam a discussão junto aos

agentes econômicos do mercado de aquecedores termo-solares, e pesquisa junto às escolas públicas da regional oeste de Belo Horizonte. A análise das informações foi categórica-dedutiva. O estudo limita-se ao mercado brasileiro de fornecimento de painéis fotovoltaicos, e as escolas da rede pública da prefeitura de Belo Horizonte.

Cada objetivo específico foi atingido através da busca de respostas a questões norteadoras que originaram cada um dos capítulos apresentados. O conjunto desses capítulos discute o potencial de redução de consumo de energia elétrica da rede convencional através da utilização de painéis solares, e as oportunidades de negócios que iniciativas como esta podem gerar para empreendedores que estejam dispostos a fornecer painéis, a fornecer serviços de manutenção e a prestar serviços de consultoria. Além disso, existem oportunidades na área de eficiência energética e de qualidade de energia, não abordadas neste trabalho.

O último capítulo consiste na apresentação das conclusões e do resultado das discussões, e aponta as possibilidades de redução de despesas com energia na rede pública municipal, os benefícios para a sociedade e as possibilidades de geração de oportunidades de negócios, haja vista que na rede pública escolar e também em âmbito público geral, a preocupação com a utilização de energias renováveis e limpas, e com a redução nas despesas através da utilização de fontes renováveis no médio prazo, ainda é pequena.

## 2. UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

O objetivo deste capítulo é discutir o uso e a viabilidade da utilização da energia solar em escolas da rede pública municipal de Belo Horizonte. A discussão está embasada em três questões: i) A tecnologia pode ser aplicada? ii) Recursos naturais necessários; iii) Quais os impactos que esta nova configuração de uso de energia acarretariam?

### 2.1 ENERGIA E SOCIEDADE

O uso de energia em uma economia está fortemente associado a uma série de questões sociais, incluindo a redução da pobreza, o crescimento populacional, o grau de urbanização, etc. Ainda que estas questões estejam ligadas a demanda de energia, a relação se dá nos dois sentidos: a qualidade e a quantidade dos serviços de energia e a maneira pelas quais os mesmos são atingidos, têm também efeito nas questões sociais (GOLDEMBERG, 2000 apud, SCHAEFFER et. al, 2003).

Para a sociedade como um todo, energia é iluminação, conservação de alimentos, força motriz e lazer. O uso da energia é determinante para a qualidade de vida. A energia tratada como mercadoria, aumenta as desigualdades na distribuição da renda, e pode afetar significativamente a qualidade de ensino em uma instituição, se o consumo for restrito. A forma e quantidade de energia que os indivíduos e as instituições têm acesso influenciam na sua qualidade de vida, produtividade, aprendizado, dentre outros.

## 2.2. DEFINIÇÕES DE ENERGIA

A energia é de uma maneira geral definida pela física como: “a capacidade de gerar trabalho”. É medida em unidades de trabalho com equivalência em potência, como apresentada no Quadro 2.1. As fontes de energia hoje conhecidas, podem ser classificadas em dois tipos: fontes primárias, originadas de processos fundamentais da natureza, como a energia dos núcleos dos átomos, energia gravitacional e a energia liberada pelo sol; e secundárias, derivadas das primeiras, representando apenas transformações e ou diferentes formas daquelas, tais como a energia da biomassa (energia solar) e a das marés (energia gravitacional) (SILVA, 2004).

A energia é consumida pela sociedade basicamente sob a forma de eletricidade e combustível (lenha, querosene, gás natural, gás liquefeito de petróleo)

	1 joule(J) = $10^7$ ergs
	1 watt (W) = 1 J/s
	1 HP = 746 W
	1 cal = 4,18 J
1 kilowatt-hora (kWh)	$\left\{ \begin{array}{l} 860kcal = 8,6 \times 10^{-5} \\ = 3,6 \times 10^{13} kcal TEP \\ = 11630 kWh \end{array} \right.$
1 TEP(tonelada equivalente de petróleo)	$\left\{ \begin{array}{l} = 10000 \times 10^3 kCal \\ = 1,28 tonelada de carvão \end{array} \right.$
1 BTU (Britânica-British Thermal Unit)	= 252 cal
1 kW-ano/ano	= 0,753 TEP/ano

Fonte: Goldemberg (2001, p.28)

Figura 1 – Unidades de Trabalho, Energia e Potência

No Brasil, o Balaço Energético Nacional (BEN, 2005), trata do binômio “Oferta - Consumo” de fontes de energia nas formas primárias e secundárias. Os dados são obtidos junto aos diversos agentes produtores e consumidores de energia no país.

Para o BEN (2005), as energias primárias são “produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, lenha, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica, etc.”, embora na contabilização da energia pelo balanço (2005) não

apareçam dados de energia solar, nem eólica. Provavelmente pela dificuldade de se registrar a utilização desses energéticos fora do contexto das energias comerciais.

No uso residencial, a energia tem uma característica de essencialidade, uma vez que existe uma conexão intrínseca entre a necessidade da população requerer energia para satisfazer necessidades básicas e bem-estar na forma de conservação de alimentos, iluminação, calor para cozinhar, funcionamento de aparelhos elétricos e eletrônicos.

A energia é indispensável para a qualidade de vida, estando ligada às condições de saúde, gênero, trabalho, habitação, educação e hábitos de consumo, e para a qualidade da atividade humana. No caso da educação, a sistemática de ensino e o aprendizado estão vinculados aos recursos disponíveis para este fim.

### 2.3 – DEFINIÇÃO DE ENERGIA SOLAR

A energia solar é uma fonte de energia limpa e inesgotável, com um enorme potencial energético. Além disso, a descentralização de sua geração torna seu uso acessível a qualquer comunidade em qualquer local. A energia solar também apresenta facilidade e baixo custo da instalação, transmissão e manutenção, juntamente com a longa duração e estabilidade de um sistema adequadamente projetado, proporcionando grande satisfação e retorno do investimento ao usuário.

A conversão de energia solar em energia elétrica foi verificado pela primeira vez por Edmond Becquerel, em 1839. Através de diversos estudos, houve um avanço significativo na tecnologia fotovoltaica onde se aprimorou o processo de fabricação, a eficiência das células e seu peso, com um uso mais voltado a área espacial. Com a crise mundial de energia de 1973/74, a preocupação em estudar novas formas de produção de energia fez com a utilização de células fotovoltaicas não se restringisse somente para programas espaciais, mas que também pudesse atender a uma demanda de uso coletivo.

Um dos fatores que impossibilitava a utilização da energia solar fotovoltaica em larga escala era o alto custo das células fotovoltaicas. As primeiras células foram produzidas com o custo de US\$600/W para o programa espacial. Com a ampliação dos mercados e várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço foi reduzindo, até chegar a uma média de US\$ 8,00/W, na atualidade.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas, atendendo a projetos sociais, agropastoris, irrigação e comunicações. As facilidades de um sistema fotovoltaico tais como modularidade, baixo custo de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam de grande importância para instalações em lugares desprovidos da rede elétrica. Há também a inserção da energia solar, em locais onde há oferta de energia elétrica, contribuindo desta forma para o uso racional de fontes tradicionais de energia, como a energia elétrica proveniente de hidroelétricas.

Vale ressaltar também, a redução do risco de defeitos por descargas atmosféricas que é um diferencial dos sistemas fotovoltaicos em relação as linhas elétricas. Um sistema solar é composto de células fotovoltaicas, que alimentam um banco de baterias, através de um controlador de carga e descarga, que por sua vez é responsável pela alimentação dos equipamentos eletro eletrônico numa unidade consumidora. O uso de fios bem dimensionados e controladores de carga e descargas, são fatores essenciais para a minimização de perdas elétricas durante todo o processo e aumento da vida útil das baterias.

## 2.4 – O POTENCIAL SOLAR BRASILEIRO

Segundo Cometta (1998, p.7), “A quantidade de energia solar que atinge a Terra em dez dias é equivalente a todas as reservas de combustível conhecidas”. O Brasil recebe elevados níveis de incidência da radiação solar praticamente durante todos os meses do ano, inclusive no mês de junho, correspondente ao solstício de inverno para o Hemisfério Sul.

As avaliações das disponibilidades solares no Brasil foram efetivadas pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

O Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) foi uma iniciativa da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e da Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF, em parceria com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB. Já o Atlas de Irradiação Solar no Brasil (1998) foi elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e pelo Laboratório de Energia Solar – LABSOLAR, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Segundo Colle (2000, p.97), a distribuição média diária da radiação global por região do país é: Norte 5.462 Wh/m<sup>2</sup>; Nordeste 5.688 Wh/m<sup>2</sup>; Centroeste 5.630 Wh/m<sup>2</sup>; Sudeste 5.478 Wh/m<sup>2</sup>; Sul 5.015 Wh/m<sup>2</sup>. O índice médio anual de radiação solar no País, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) e o Atlas de Irradiação Solar no Brasil (1998), é maior na região Nordeste, com destaque para o Vale do São Francisco. É importante ressaltar que mesmo regiões com menores índices de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético como pode ser visto na Figura 2.2, e na Figura 2.3, que identificam as variações da radiação durante os meses do ano.



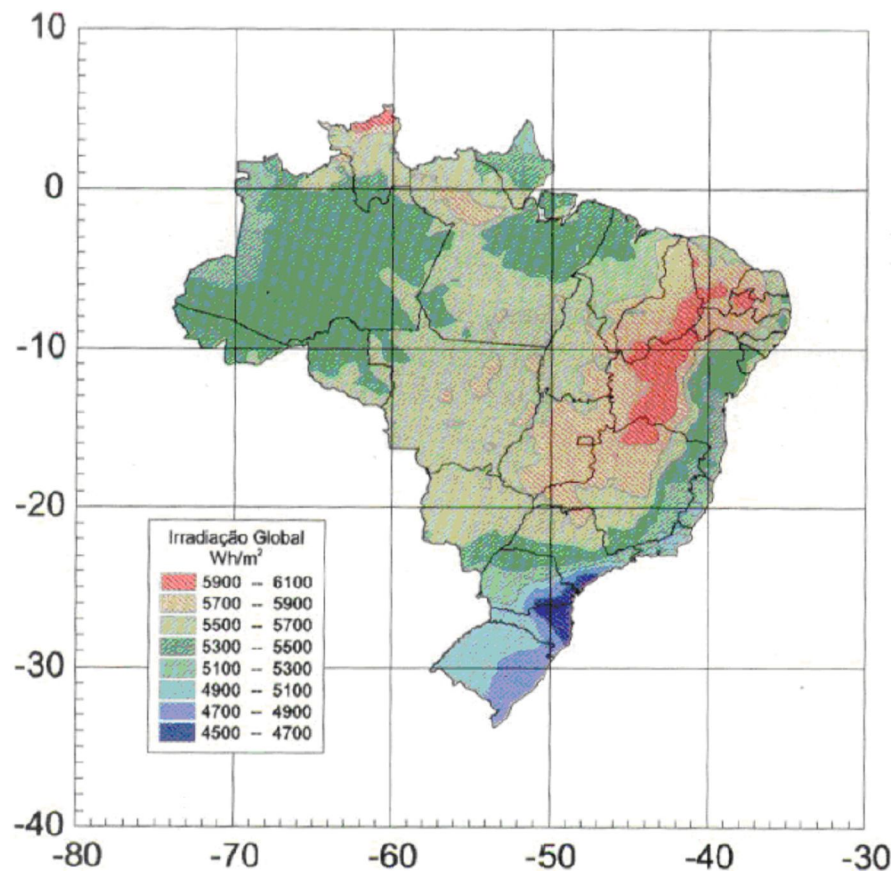


Figura 2 – Irradiação média anual típica – 1995 a 1998.  
 Fonte: Carta do Altas de Irradiação Solar do Brasil - [www.labsolar.ufsc.br](http://www.labsolar.ufsc.br).

A utilização do sol como fonte de energia da tecnologia a que a população tem acesso, do custo da tecnologia, da renda da população, e das políticas públicas e regulação que incentivem ou não o uso dessas tecnologias.

### 3. UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM ESCOLAS PÚBLICAS

Os orçamentos das escolas públicas dependem em larga escala das suas despesas. Assim, se uma escola reduz os seus custos de energia, tal fato acarreta a ocorrência de cortes no seu orçamento anual. Por esse motivo, é muito baixa a motivação do pessoal docente e discente de uma escola no que concerne à redução dos custos associados ao consumo de energia.

Entretanto, a configuração atual do país que não dispõe de energia elétrica suficiente para o atendimento às demandas da indústria, do comércio e da sociedade civil, leva à imediata necessidade de se pensar e implementar novas fontes de energia. Além disso, a questão ambiental também tem um peso significativo quando se trata de consumo de energia.

O uso de fontes renováveis em escolas, neste caso em específico, o uso de painéis fotovoltaicos, que geram energia elétrica a partir da captação de energia solar é uma importante ferramenta para redução do consumo e para o incentivo de utilização pela sociedade. Através da escola, a divulgação do tema enquanto meio de diminuição do consumo e de preservação ambiental alcança um número muito grande de famílias, e desperta nos alunos a consciência de preservação e de consumo consciente e responsável.

É importante ressaltar que enquanto edificações de grande porte e freqüentemente construídas com telhados que ocupam uma grande área, as escolas são o tipo de construção ideal para a implementação de sistemas de painéis fotovoltaicos para geração de grande quantidade de energia elétrica. O sistema de armazenamento por baterias se encarregaria de acumular a energia gerada e não utilizada durante o dia para utilização no turno da noite, que é o período de maior consumo, devido à necessidade de iluminação para as aulas.

A tecnologia das células fotovoltaicas, apesar de ainda não ter larga utilização no Brasil, já é amplamente desenvolvida, o que torna o custo acessível. Além disso, o fato de o sistema reduzir consideravelmente o consumo torna o investimento atrativo, pois o payback é relativamente curto.

O maior diferencial dos sistemas de painéis fotovoltaicos é que no Brasil, o principal recurso que estes painéis demandam é extremamente abundante: a insolação. O Brasil tem sol em praticamente todos os meses do ano, inclusive os meses de inverno, o que torna o sistema efetivo o ano inteiro. A aplicabilidade de sistemas solares para geração de energia no Brasil, tanto para escolas públicas quanto para qualquer outra edificação é grande e vantajosa.

### 3.1. CONSUMO DE ENERGIA PELAS ESCOLAS PÚBLICAS

Como já descrito, o consumo de energia elétrica em escolas públicas é demandado basicamente por iluminação. Entretanto, os novos projetos de escolas integrais, onde os alunos passariam o dia inteiro na escola, irá diversificar este consumo entre iluminação, aparelhos eletro-eletrônicos, chuveiros e eletrodomésticos. A tabela 2.1 mostra o consumo em unidades de KWh e os valores gastos com aquisição de energia elétrica da concessionária, pelo período de Julho de 2007 à Setembro de 2008.

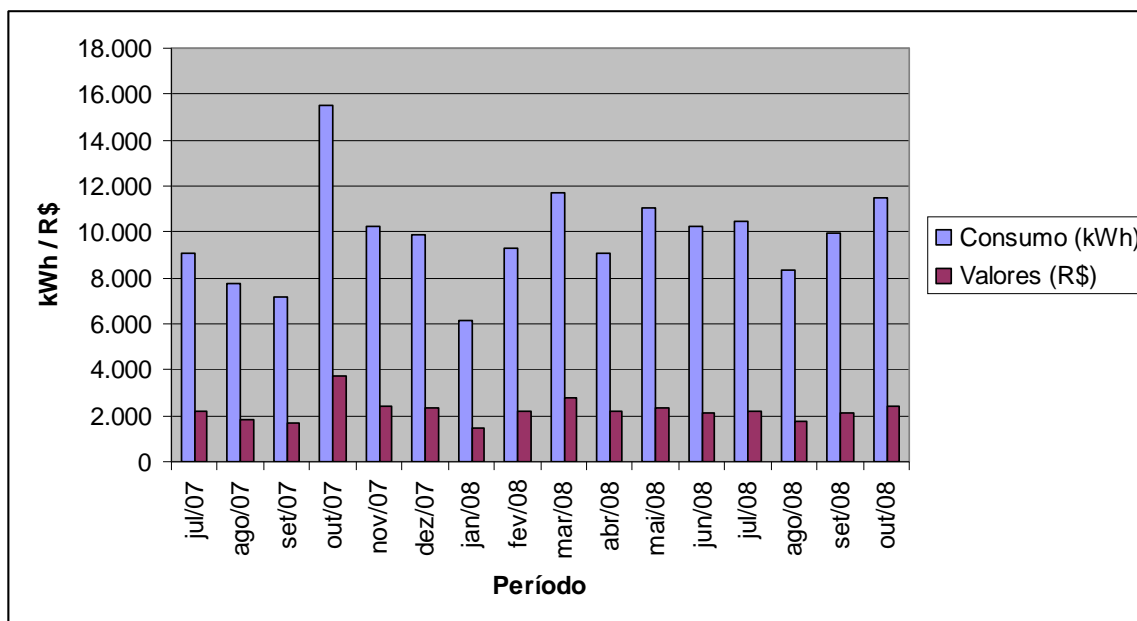


Gráfico 1 – Consumo e despesas com energia elétrica na Escola Municipal Prefeito Amintas de Barros (Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2008)

### 3.2. ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTOS

Em um período de um ano, o custo com energia elétrica ultrapassou o valor de R\$ 25.000,00. Se considerarmos uma redução mínima de consumo, apenas 10 %, obtida com a instalação de painéis fotovoltaicos, a redução anual de custos passaria a ser da ordem de R\$ 2.500,00 para uma escola de mesmo porte.

Na regional oeste de Belo Horizonte existem dezoito escolas da rede pública municipal. Se considerarmos que todas as escolas municipais tem o mesmo porte, redução de custos chegaria, anualmente a um patamar estimativo de R\$ 45.000,00.

Tendo em vista que estamos tratando de valores estimativos, e que em sistemas bem dimensionados esta redução pode chegar a 30%, poderia-se chegar ao valor de R\$ 135.000,00 de redução de despesas somente na regional oeste.

Se considerarmos um universo de aproximadamente 220 escolas na rede municipal de ensino de Belo Horizonte, considerando um cenário de redução de 10% no consumo de energia após a implementação dos painéis fotovoltaicos, a redução de custo com energia elétrica se aproximaria de 10 milhões de Reais por ano.

É importante salientar que tratam-se de estimativas baseadas no consumo de uma única escola tomada como padrão. Mas se levarmos em conta que as unidades de ensino, salvo algumas exceções tem tamanhos similares e número de alunos próximas umas das outras, podemos admitir que este é um valor razoável.

Deve-se observar também que o cálculo foi feito com base no percentual mínimo de redução de custos. Ou seja, o valor pode triplicar para o caso de uma instalação bem dimensionada e que conte com equipamentos elétricos e eletrônicos de baixo consumo e de elevada eficiência energética.

### 3.3. IMPACTOS APÓS EFETIVA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

A implementação efetiva dos sistemas fotovoltaicos em escolas públicas traria uma desoneração considerável nos custos de cada uma das unidades. Este impacto pode refletir diretamente na qualidade do ensino.

Parte dos recursos não gastos com pagamento de energia convencional fornecida pela concessionária pode ser direcionada para melhoria na infraestrutura, aquisição de equipamentos que dinamizam as aulas e facilitam o aprendizado, além de estimular os alunos aos estudos, montagem e aparelhagem de laboratórios, promoção de feiras e integração entre as escolas.

Outra questão que merece destaque é que a implementação de um sistema de geração de energia através de uma fonte renovável, por si só é uma quebra de paradigma. Estudantes da rede pública podem ser sensibilizados através de palestras e de informações durante as aulas da importância de fontes de energias limpas e sustentáveis, uma vez que o planeta não dispõe de recursos infinitos para geração de energia. Ou seja, a conscientização dos jovens a respeito da necessidade urgente de preservação dos recursos naturais pode começar a se tornar uma realidade próxima e palpável através de uma iniciativa como esta.

#### 4. O MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR

O mercado brasileiro de sistemas de painéis solares tem se formado em torno da substituição do chuveiro elétrico. É justamente nas regiões onde existe a maior concentração do uso de chuveiros elétricos que o sistema painéis de captação de energia solar tem sido mais usado. Segundo a ANEEL (2005), o aquecimento de água com energia solar é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste devido a características climáticas. Estima-se que os sistemas de painéis solares no Brasil beneficiam mais de 500 mil residências, economizando energia elétrica equivalente ao consumo de uma cidade de 1,1 milhões de famílias.

A tecnologia é aplicada em residências, hotéis, motéis, hospitais, vestiários e restaurantes industriais. São aquecidos cerca de 200 milhões de litros de água para banho diariamente, beneficiando mais de dois milhões de pessoas com a tecnologia do aquecedor solar. A utilização dos sistemas de painéis solares, em Belo Horizonte, já está presente em mais de 950 edifícios; em Porto Seguro é aplicada em 130 hotéis e pousadas, além de conjuntos habitacionais e casas populares.

Em 2002, foram produzidos no país 310.000 m<sup>2</sup> de coletores solares. No Brasil, a oferta de sistemas de painéis solares, é composta basicamente de micros e pequenas empresas que tiveram uma evolução acentuada a partir de 1999. Tal evolução se consolidou com a crise do setor elétrico brasileiro de 2001 (FRANCO, 2002). As empresas que produzem, comercializam e instalam sistemas de aquecimento de água com energia solar, são de micro e pequeno porte. A tecnologia é simples e os equipamentos podem ser fabricados em pequenas oficinas, com pequeno capital.

Segundo Porter (1999), referindo-se ao mercado da Califórnia nos Estados Unidos da América: “fracas barreiras à entrada no setor reduzem a rentabilidade das firmas já estabelecidas e dificultam a formulação de estratégias de liderança para firmar os sistemas de painéis solares como um substitutivo de qualidade aos sistemas convencionais. Esta situação aplica-se também ao Brasil.

## 5. A PROFISSIONALIZAÇÃO DO MERCADO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO SOLAR NO BRASIL

A profissionalização do mercado brasileiro de aquecedores solares se deu influenciado por três aspectos: i) desfazer a imagem ruim que a tecnologia havia deixado no início dos anos de 1980 por falta de conhecimento técnico sobre os rendimentos dos sistemas; ii) para atender a necessidade das concessionárias de distribuição de eletricidade no sentido de redução de consumo de energia; iii) para criar diferencial entre as empresas estabelecidas e os novos entrantes, gerando barreiras à entrada e a produtos substitutivos.

Com a profissionalização, ficaram no mercado as empresas que buscaram a implantação de processos de qualidade e se organizaram em associações. O foco da atuação dessas empresas se desloca da tecnologia para o consumidor, possibilitando assim, que as soluções prevejam a utilização de outras energias diferente da solar. As empresas conquistam os clientes com competência e preço. “Essas empresas, estruturadas e atentas, beneficiam-se agora com a demanda de mercado, que cresceu bastante, e, é importante dizer, oferecem produtos de qualidade” (FRANCO, 2002).

O processo de profissionalização, como é denominado pelos próprios agentes do setor, pode ser separado em duas ações: a primeira foi a criação de normas técnicas para a produção e instalação de sistemas de captação de energia solar, compatíveis com os paradigmas da indústria de energia elétrica e gás. A segunda foi a especialização das empresas do setor, na maioria de pequeno porte, e a segmentação de linhas de produtos para públicos específicos. A ABRAVA tem papel importante no processo de profissionalização, inclusive na formulação de especificações e definições técnicas para a segmentação do mercado.

## 6. NORMAS TÉCNICAS E CERTIFICAÇÃO

O Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE / INMETRO, segue as normas de ensaios para estimar a eficiência energética dos coletores planos para banho, para piscina, reservatórios térmicos e coletores acoplados. Cada tipo de equipamento tem uma série de normas técnicas de ensaios para aferir a sua resistência, segurança, durabilidade e eficiência energética. Os ensaios experimentais de coletores solares, finalidade banho e piscina, foram divididos em dois grupos: grupo 1 - Ensaio de Exposição Não-Operacional (ASTM 823-81) e grupo 2 - Constante de Tempo (ANSI/ASHRAE 96-1986 RA9I), ambos detalhados no regulamento específico para uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE / Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água.

A definição do elenco de ensaios de coletores solares foi elaborada com referência nas normas brasileiras (NBR – 2342/88, e NBR10184/88), americana (ASHRAE 93-86), incluindo-se os procedimentos especificados pelo Florida Solar Energy Center (FSEC) e o Solar Rating & Certification Corporation (SRCC), além da norma ISO 9459, visando à avaliação da durabilidade e eficiência térmica dos coletores solares planos.

Quanto aos parâmetros climáticos, o mais importante no dimensionamento de um sistema térmico solar é, sem dúvida, a intensidade de radiação solar. O conhecimento do quanto se pode dispor de irradiação é que irá determinar quais dimensões deverá ter o sistema e qual será o desempenho esperado para ele.

Como a medição da irradiação no local onde será instalado o sistema é inviável, o projeto deve procurar alguma maneira de estimar a radiação solar. A incerteza nos valores estimados da radiação solar determinará, em parte, as incertezas no desempenho térmico e econômico do sistema (COLLE E RÜTHER, 1999 Apud. ABREU, 2000).

A regulamentação técnica dos sistemas termo-solares no Brasil tem sido definida pelo Grupo de Trabalho em Energia Solar, GT-SOL, coordenado pelo INMETRO. Esses ensaios fornecem ao consumidor final, engenheiros,



projetistas e arquitetos, garantias sobre a durabilidade e o desempenho térmico dos produtos ensaiados.

Os ensaios para a obtenção do ENCE para sistemas e equipamentos de aquecimento solar de água, assim como a instalação dos sistemas nas habitações unifamiliares e condomínios, são orientados por normas técnicas específicas da ABNT: NBR12269 de 04/1992 - Execução de instalações de sistemas de energia solar que utilizem coletores solares planos para aquecimento de água; NBR10185 de 01/1988 - Reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar - Determinação de desempenho térmico; NBR10184 de 01/1988 - Coletores solares planos líquidos - Determinação do rendimento térmico.

A certificação da eficiência dos equipamentos para aquecimento de água com energia solar ainda é nova no Brasil e foi capturada pelos paradigmas do Programa de Eficiência de Energia Elétrica.

## 7. A ENERGIA SOLAR COMO RECURSO SOCIAL

O sol como fonte de energia primária, da onde se derivam várias formas de energia entre elas a hidráulica, eólica e biomassa é um elemento natural, não é recurso. Mas, quando percebido como fonte de energia da qual a sociedade pode se apropriar, torna-se um recurso social.

A energia do sol é abundante, não-exclusiva e não-disputável, uma vez que um indivíduo ao dispor dela, não pode restringir o seu uso por outros. Do mesmo modo, o consumo desse bem, por um indivíduo qualquer, não diminui as possibilidades de outros o consumirem.

O sol é uma fonte de energia gratuita e não comercial. Apesar da necessidade de tecnologias específicas para usos específicos da energia solar como no caso da iluminação, do aquecimento de água para o banho, refrigeração, dentre outros usos., não é possível que uma firma, indivíduo ou governo se aproprie do sol com exclusividade.

A energia solar térmica utilizada pela população diretamente para fins específicos, como geração de energia elétrica, é bem público por ser não-exclusivo e não disputável. Isso faz com que a energia solar, ao mesmo tempo moderna e renovável nas suas possibilidades tecnológicas de utilização, seja também, não comercial, aparentemente impossível de ser transformada em mercadoria.

A característica de bem público da energia solar transforma o seu uso pela sociedade em uma falha de mercado. O uso da energia solar pela sociedade, incluindo a de baixa renda para o aquecimento de água para o banho, desloca energéticos comerciais (gás e principalmente a eletricidade), os quais poderiam passar a ser usados como energia complementar.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi motivado pela percepção da ausência da sociedade como um todo, no que tange à economia de energia elétrica e utilização do potencial de energia solar, abundante em nosso país.

Pode-se verificar através de uma análise simples a real viabilidade da instalação de painéis fotovoltaicos em escolas públicas da região oeste de Belo Horizonte. Com isso, poderá se conseguir uma conseqüente diminuição de consumo com fortes reflexos nos custos com energia.

Viu-se que energia solar, nos aspectos da física, é energia primária, dela derivam outras formas de energia inclusive a biomassa, a eólica e a hídrica. Porém, ela ainda é comumente referenciada como “energia alternativa”, provavelmente pelo paradigma da energia no mundo ter se desenvolvido em torno da eletricidade e dos combustíveis fósseis.

As possibilidades de geração de negócios nesta área, a partir de uma iniciativa desta grandeza podem ser consideráveis. Tanto no que tange a venda de painéis e sistemas solares, quanto prestação de serviços de manutenção e consultoria, ou na prestação de serviços especializados na área de qualidade de energia e eficiência energética.

A instalação de sistemas solares levará conseqüentemente à substituição de equipamentos antigos, cujo consumo de energia é elevado, por novos, com alta taxa de eficiência e baixo consumo. Podemos chamar a atenção para o caso das lâmpadas eficientes, comercializadas em alta escala, e que propiciam ótimos níveis de iluminação com um consumo muito baixo de energia elétrica. Além disso, equipamentos como refrigeradores novos também têm níveis de consumo muito mais baixos que os equipamentos fabricados a mais de cinco anos.

A grande maioria das instituições de ensino públicas do Brasil, através de subsídios dos governos nos âmbitos federal, estadual e municipal, poderiam instalar e utilizar os painéis fotovoltaicos em suas instalações. Todas as escolas tem espaço físico suficiente para a utilização dos painéis, e existe insolação é disponível, praticamente o ano inteiro, em todas as regiões do país.

Assim, a capacidade de geração de energia elétrica, através de uma fonte limpa, renovável e abundante torna-se um fato de relevância, que precisa ser considerado, na medida em que haverá diminuição significativa das despesas com energia elétrica em médio prazo.

Com as reformas dos anos de 1990, no Brasil, a energia deixou de ser entendida como serviço público passando a ser caracterizada, ideologicamente, como mercadoria. Porém, a energia mesmo quando caracterizada como mercadoria tem nas necessidades de eficiência energética, nas questões ambientais e na universalização, aspectos de bem público de interesse público.

A eficiência energética é um bem público, pois beneficia indistintamente a toda a população, cabendo ao Estado a promoção de esforços para a conservação da energia. Entre os programas de conservação de energia promovidos pela ANEEL em cumprimento à Lei 9.991 de 2000, está a utilização dos recursos para eficiência energética composto por 0,5% da receita operacional das concessionárias de distribuição de energia elétrica, incluindo a substituição de chuveiros elétricos.

A regulamentação de normas técnicas para a avaliação da eficiência de equipamentos e sistemas de aquecimento de água com energia solar no Brasil foi uma conquista dos fabricantes organizados em associação como mecanismo de profissionalização do mercado e criação de barreiras à entrada de novas marcas e modelos.

A profissionalização e a normalização têm o aspecto positivo de se contrapor à imagem negativa que havia sido criada sobre a tecnologia nos anos de 1970 até meados de 1980. Mas também, blindou a entrada de novas soluções para a disseminação do uso da energia solar.

A adoção de um padrão tecnológico para o uso da energia é uma forma de regulação que garante mercado para a tecnologia estabelecida, mas também impede o desenvolvimento do mercado para outras formas de utilização do potencial energético.

A energia solar no Brasil representa um grande potencial energético, estudado e caracterizado por duas instituições reconhecidamente qualificadas: Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (2000) e Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (1998). A ANEEL publica, no Atlas de Energia, os quantitativos em kWh da energia solar que incide em cada região brasileira, sendo a radiação solar global diária - média anual típica entre 4.500Wh/m<sup>2</sup>.dia a 6.100Wh/m<sup>2</sup>.dia.

A utilização de energia elétrica e aquecimento de água através do uso da energia solar em escolas da rede pública é uma questão de cidadania e não de mercado.

O estudo realizado permitiu a ampliação da compreensão da sistemática de consumo de energia em escolas públicas, e da relação existente entre energia, economia, sociedade, educação, qualidade de vida e meio ambiente. Porém, é importante reforçar a percepção da energia do sol como energia primária utilizável diretamente pela população para fins específicos, e que esta utilização não necessariamente depende de uma relação de mercado regulado.

Assim, é recomendada a realização de estudos sobre os aspectos da energia solar como bem público e de políticas para apropriar a população da energia solar fora das relações do mercado.

É recomendado também estudos sobre o papel da eficiência energética enquanto ferramentas para melhorar ainda mais os níveis de consumo.

Uma outra vertente para estudos é a verificação da implantação de sistemas de painéis solares a edificações públicas como um todo. Desde hospitais e centros de saúde, que são grandes consumidores de energias até prédios administrativos .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília, ANEEL: 2005. 243p. 2005. a.
2. B. L.Reis, Geração de Energia Elétrica, São Paulo: Zapt, 2000. 203 p.
3. COLLE, Sérgio; PEREIRA, Enio Bueno. Atlas de radiação solar do Brasil: In fontes não convencionais de energia: as tecnologias solar, eólica e de biomassa/ organização e edição: Organização Alexandre Albuquerque Montenegro.-3.ed.rev.modificada e ampliada- Florianópolis: 2000. 208p.
4. GELLER, H. S. Revolução Energética: Políticas para um futuro Sustentável. Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid, 2003. 299p.
5. PEREIRA, Elizabeth Marques et.al. Energia solar térmica In: TOMASQUI, Mauricio Tiomno et.al. Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência – Cenergia, 2003. 239-280pp.
6. PORTER, M. E. Competição On Competition: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Campos. 1999. 515p.
7. PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. [http://www.eletrobras.com.br/EM\\_Programas\\_Procel](http://www.eletrobras.com.br/EM_Programas_Procel)
8. REIS, L.B., et al. Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Edusp. 2000.284p.
9. RIANE, F. Economia do Setor Público: uma abordagem introdutória. São Paulo: Atlas.2002.
10. PALZ, Wolfgang. Energia Solar e Fontes Alternativas. Curitiba:2002.