



## Proposta de um sistema alternativo para captação da luz solar de baixo custo para inserção no mercado Brasileiro

### *Proposal for introduction of an alternative low-cost sunlight collecting system to Brazilian market*

O. H. Ando Junior<sup>a,b,\*</sup>, H. B. Rosa<sup>a</sup>, A. D. Spacek<sup>a,b</sup>, C. F. Malfatti<sup>b</sup>, L. Schaeffer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>GPCEEL, Faculdade, SATC. Rua Pascoal Meller, 73. Universitário, Criciúma/SC, Brasil

<sup>b</sup>LdTM/PPGE3M, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre/RS, Brasil

---

#### Resumo

Este trabalho apresenta um estudo sobre a potencialidade da utilização de coletores fixos composto por lentes prismáticas que captam a luz solar, para a iluminação de ambientes internos. A pesquisa proposta consiste no desenvolvimento de um sistema alternativo de captação de luz solar, visando à iluminação de ambientes com luz natural de forma direta, mantendo-se o conforto térmico sem custo funcional, utilizando uma fonte de energia limpa e inesgotável. Atualmente a tecnologia para captação de luz natural não é desenvolvida no Brasil, porém já é explorada em outros países de modo bastante eficiente, chegando a apresentar rendimento maior que 90% de transmissão da luz natural devido ao seu acabamento de alta qualidade. A nível nacional a aplicação desta tecnologia é bastante pequena haja vista, o alto custo de implementação por ponto de luz que adicionado aos impostos de importação podem chegar a R\$3.000,00. Com o foco na popularização da tecnologia, apresentando-se este como uma solução de baixo custo, o trabalho visa desenvolver uma alternativa para captação de luz natural, utilizando materiais reciclados e reutilizados, tornando-se assim um produto ecológico e de boa eficiência.

© 2014 Sociedade Portuguesa de Materiais (SPM). Publicado por Elsevier España, S.L. Todos os direitos reservados.

*Palavras chave:* captação da luz solar; sistema alternativo; materiais reciclados e reutilizados.

#### Abstract

This paper presents a study on the potential use of fixed collectors consist of prismatic lenses that capture sunlight for indoor lighting. The proposed research is to develop an alternative system to capture sunlight, aimed at lighting environments with natural light directly, maintaining thermal comfort without cost functional, using a source of clean and inexhaustible energy. Currently the technology to capture the natural light is not developed in Brazil, but is already exploited in other countries so quite efficiently reaching present yield greater than 90% transmission of natural light due to its high quality finish. Nationally the application of this technology is in quite small considering the high cost of implementation for point light added to the import taxes can reach US\$ 1,500.00. With the focus in the popularization of technology, presenting this as a low cost solution, the work aims to develop an alternative to natural light harvest, using recycled and reused materials, making it an environmentally friendly product and good efficiency.

© 2014 Sociedade Portuguesa de Materiais (SPM). Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

*Keywords:* solar light harvesting; alternative system; recycled and reused materials.

---

\* Corresponding author.

E-mail address: [oswaldo.junior@satc.edu.br](mailto:oswaldo.junior@satc.edu.br) (O. H. Ando Junior)

## 1. Introdução

Hoje, a energia elétrica é um bem básico para o desenvolvimento da população, que melhora a qualidade de vida proporcionando crescimento socioeconômico. Atualmente vive-se uma crise energética, que se tem evidenciado pelos limites da oferta de energia, necessária para a demanda do desenvolvimento, que é baseada principalmente em fontes não renováveis [1].

Juntamente com o problema da grande dependência por esses tipos de fontes, tem-se a crise ambiental, decorrente principalmente da poluição, que é uma das consequências das atividades produtivas que utilizam recursos não renováveis. Em vista disso, a questão energética tem-se tornado vital para todos os países do mundo, sendo extremamente importante diminuir a dependência sobre os combustíveis fósseis, encontrando soluções ambientalmente sustentáveis para diversificar a matriz energética e minimizar os impactos ambientais globais, priorizando a substituição por fontes renováveis [2].

Para o Brasil, os desafios são grandes, sendo que um desses desafios está relacionado ao aproveitamento energético dos recursos naturais, que são espalhados de maneira heterogênea nas mais variadas regiões do país. Observa-se ainda que o Brasil se encontra em uma posição geográfica favorável, apresentando incidência solar em torno de 4,5 kWh/m<sup>2</sup> a 5,5 kWh/m<sup>2</sup>, sendo esta radiação solar superior à maioria da Europa aonde já se utiliza o sistema tubular de iluminação natural [3-4].

Logo, enfatiza-se a viabilidade e necessidade de pesquisas para captura e aproveitamento da luz solar, visto que se trata de uma energia limpa, gratuita e inesgotável, passível de ser utilizada de forma direta para iluminação de ambientes. Associado a concepção tecnológica do sistema serão empregados materiais naturais e reciclados para sua construção, resultando em um produto ecológico, autossustentável e social (Green Energy).

## 2. Estado da arte

Algumas empresas investem no desenvolvimento de projetos para captura e condução da luz do sol para o ambiente interno. Colaborando para este desenvolvimento, tem-se a utilização de materiais ópticos altamente eficientes, tornando possível a “tecnologia do guia de luz natural”, que consegue

direcionar os raios solares captados até o local desejado com rendimentos superiores a 90% [8].

Esta tecnologia é oriunda de empresas especializadas nos Estados Unidos (Solatube) e na Espanha (Tubysol e Espacio Solar), fabricando produtos de alta qualidade. Estes produtos estão difundidos por diversos países, incluindo o Brasil [8]. Porém, no Brasil encontram-se poucos lugares com esta tecnologia instalada, por este ser um produto de custo elevado para a realidade econômica Brasileira.

O funcionamento deste tipo de sistema de iluminação é constituído de três elementos fundamentais, como pode ser visto na figura 1, o domo é locado na parte externa, tem a função de receber a luz do sol e direcioná-la para dentro do tubo. Este é o condutor, o mesmo possui revestimento interno altamente reflexivo (podendo chegar até 99.7%), ele é o responsável por transportar a luz natural captada pelo domo e encaminhar a mesma por reflexão até a lente difusora (ambiente interno), a lente por sua vez faz a dispersão dos raios recebidos, melhorando sua distribuição e iluminando o ambiente [9].

Seguindo a linha de estudo do “guia de luz natural”, há atualmente pesquisas que utilizam fibras ópticas como condutor de luminosidade, o sistema consiste de três componentes indispensáveis: um coletor externo que concentra os raios luminosos, a fibra óptica que é utilizada como caminho, ou condutor de luz, e finalmente uma luminária que fará a dispersão dos raios luminosos recebidos, este sistema tem sua eficácia comprovada, porém seu elevado custo dificulta sua utilização [5].

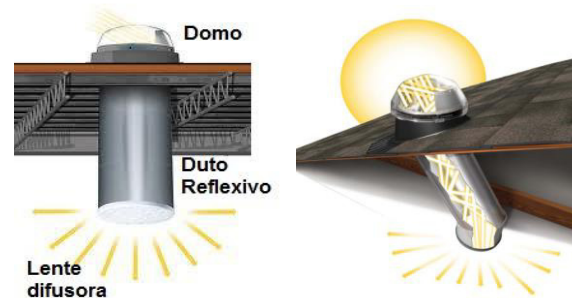


Fig. 1. Sistema de iluminação tubular.

## 3. Sistema proposto de captação

O sistema de captação e utilização de luz direta a partir do sol apresenta-se como uma solução comercial já disponível no mercado exterior, em

países como Espanha, Estados Unidos e Portugal [8-9-10]. Nestes descritores locais, o grande foco da aplicação é o desenvolvimento de tecnologia para atingir um rendimento elevado. A preocupação com a eficiência, e um melhor acabamento no produto, remete a utilização de materiais nobres, que por sua vez tem um custo maior, elevando o preço do conjunto a valores pouco praticáveis a pequenos consumidores, como em residências, comércios e indústrias de pequeno porte. Esta relação de custo de implantação do conjunto agrava-se ainda mais se tratando do território Brasileiro, tendo em vista que o produto não é produzido no Brasil, portanto, este deve ser importado, sofrendo acréscimos de taxas de importação.

Além da questão relativa ao custo, outro aspecto importante a ser observado refere-se ao impacto ambiental gerado pelo produto, impacto este que durante a vida útil do equipamento pode ser considerado desprezível, mas que pode ser bastante grande quanto ao futuro descarte dependendo do material utilizado.

Dessa forma, o custo final do produto e o possível impacto ambiental no descarte, tornam-se motivadores para o estudo de substituição de alguns materiais utilizados atualmente, por alternativas, tornando o produto comercialmente viável e ambientalmente correto.

### 3.1. Domo ou Cúpula

As atuais lentes de captação também conhecida como domos, são desenvolvidas em vidro no caso do fabricante Espacio Solar e em poliéster com tratamento ultravioleta pelo fabricante Tubysol.

No primeiro caso a utilização do vidro apresenta-se como uma solução bastante robusta, uma vez que a camada de vidro externa recebe um tratamento térmico para ganhar resistência mecânica, conforme dados do fabricante, esta pode receber cargas pontuais de até 1000 kg.

Já a TUBYSOL aposta em um material com menos robustez, mas com um apelo ambiental, uma vez que o mesmo é desenvolvido em plástico reciclado Copoliéster (PETE) [8-10].

O projeto propõe a utilização do vidro revenido na confecção do Domo, pois é um material de custo reduzido e abundante no mercado. Há também o fato do vidro ter alto índice de refração, além disto, suas características mecânicas e térmicas foram decisivas para a escolha do material, estas características podem ser analisadas na tabela 1 [16-17].

Tabela 1. Dados do vidro revenido [15-16-17]

Propriedades	Unidade	Valor
Índice de refração (Vidro de cal de solda)		1,51
Condutividade Térmica	W/m.K	1,7
Valor Médio		
(Vidro temperado 2mm)	R\$/ m <sup>2</sup>	37,00
(Vidro temperado 6mm)		58,60
Transmissão de radiação solar (vidro temperado 6mm)	%	85
(vidro temperado 10mm)	%	81,7
Peso específico	Kg/m <sup>2</sup> /mm	2,5
Resistência à flexão (vidro temperado 6mm)	Kg	170
Resistência ao impacto (vidro temperado 6mm)		Esfera de 500g para uma queda de 2m
Resistência a flambagem	Kg	1000
Resistência ao choque térmico (variação de temperatura)	°C	>250

Um feixe luminoso ao migrar do ar passando pelo vidro percebe-se que a luz é refratada, ou seja, o feixe de luz penetra no vidro e apresenta um desvio de acordo com a Figura 2.

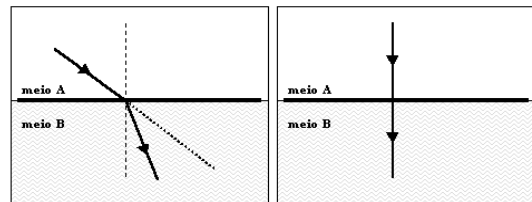


Fig. 2. Refração da luz ao passar pelo vidro [6].

Logo, ao analisar a figura 2, percebe-se que a luz refrata se o raio incidente não coincidir com a normal à superfície de separação, conseqüentemente, o raio transmitido muda de direção ao atravessar a superfície. Na figura 3 apresenta-se o demonstrativo da posição solar em função da hora e estação do ano.

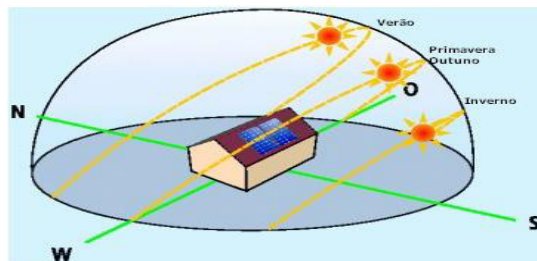


Fig. 3. Demonstrativo da posição solar [7].

Ao analisar a figura 3 percebe-se que a posição do sol varia em 180°, desde o amanhecer até ao anoitecer, sofrendo uma variação de inclinação ao longo das

estações do ano. Consequentemente, ao utilizar-se o vidro revenido consegue-se aperfeiçoar o desempenho do sistema em horários de baixa intensidade luminosa (amanhecer e anoitecer), devido à refração da luz sobre a superfície do domo, que por sua vez será responsável pelo aumento da luz captada pelo sistema.

### 3.2. Tubo óptico

Em ambos os casos, ou seja, Espacio Solar e Tubysol, o material utilizado para os tubos reflexivos responsáveis pelo transporte da luz solar de fora para dentro do ambiente a ser iluminado é o alumínio, sob a justificativa de este garantir a resistência mecânica. Para proporcionar alto poder de reflexibilidade, o tubo recebe ainda internamente um tratamento superficial de prata, o que eleva os níveis de rendimento para 98%, suas características e materiais são apresentados na tabela 2 [8-10].

Tabela 2. Especificações do duto refletivo [8-10]

Propriedades	Unidade	Valor
Espessura	Mm	0.5
Largura máxima	Mm	1250
Composição		Al 99.85
Tensão Dúctil	Mpa	160-200
Resistência a tração	Mpa	140-180
Camada PVD		PVD Ag 99.95
Incidência de cores		Livre de cor
Reflexão total de luz	%	≥ 98

Visando principalmente a redução dos custos globais, sugere-se então a substituição do material do tubo, atualmente de alumínio, por cloreto de polivinilo mais conhecido como PVC. Um fato bastante importante, é que no caso dessa substituição, fez-se necessário avaliar uma alternativa para o material reflexivo que ficará no interior do tubo, sendo escolhido para este caso à película de PVC monomérico (adesivo de serigrafia prateado) e a película automotiva espelhada (insufilm).

As figuras 4 e 5 apresentam o protótipo desenvolvido em escala reduzida, já com suas respectivas películas aplicadas em seu interior, a partir de então pode-se verificar as funcionalidade e eficiências dos dutos ópticos elaborados.

Com ambos os protótipos montados, foi realizado um teste simples de reflexão, objetivando verificar e comparar as capacidades de condução de luz solar da película de PVC monomérico e da película espelhada automotiva. Sem utilizar nenhum método de medição,

foi possível identificar visualmente a funcionalidade do protótipo, bem como as diferença entre os dois tipos de materiais utilizados no revestimento, como pode ser visualizado na figura 6.

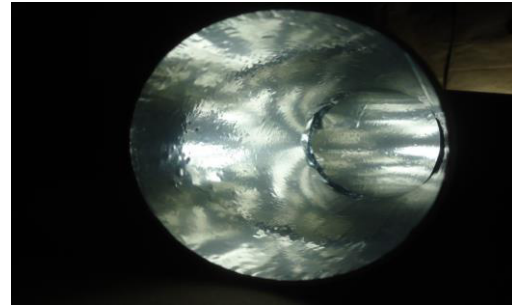


Fig. 4. Tubo com película automotiva refletiva.

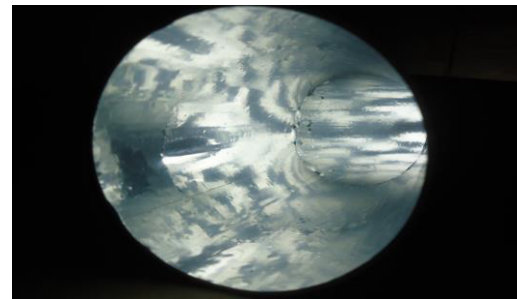


Fig. 5. Tubo com película adesiva PVC monomérico.

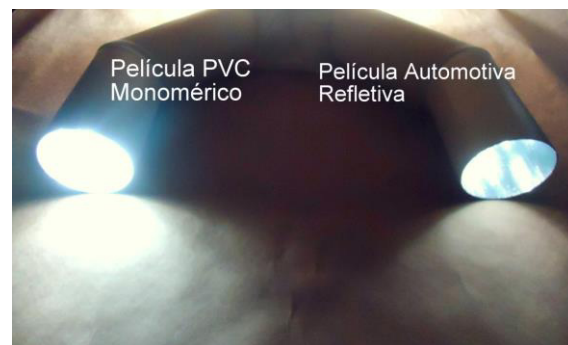


Fig. 6. Testes realizados com os protótipos dos tubos reflexivos.

De modo apenas visual, já é possível identificar que a luminosidade do tubo com a película de PVC monomérico, é consideravelmente maior que a luminosidade que chega através do tubo com a película reflexiva automotiva, isso aponta que o rendimento da película prateada é muito maior quando comparada ao insufilm. Obviamente que para poder garantir a veracidade desta informação, é preciso realizar medições baseadas em normas de verificação

da iluminação de ambientes. Entretanto, é possível através de uma avaliação das características técnicas da película reflexiva apresentadas na figura 7, ter uma ideia real da capacidade de reflexão da mesma.



Fig. 7. Características do insulfilm [11].

Quanto à película de PVC monomérico não existem informações disponíveis sobre sua capacidade de reflexão, mas em diversas bibliografias cita-se que este tipo de material possui alta capacidade reflexiva, supondo serem consideravelmente maiores que a da película automotiva reflexiva.

### 3.3. Tubo óptico

Com a definição do material reflexivo que irá ser aplicado dentro do tubo, é possível então trabalhar com a hipótese da substituição do alumínio que compõe a estrutura do duto pelo PVC. Como já mencionado anteriormente, os produtos comerciais existentes utilizam o alumínio sobre a principal justificativa de resistência mecânica.

Tabela 3. Propriedades do alumínio 99.99% [8-10-12].

Propriedades	Unidade	Valor
Espessura	Mm	0,5
Largura máxima	Mm	1250
Composição		Al 99,85
Resistência a tração	MPa	140-180
Ponto de Fusão	°C	660

O PVC escolhido para substituição em pauta será o tubo de PVC comum de 100 mm, sendo o mesmo facilmente encontrado em lojas de materiais de construção, tendo algumas características mencionadas abaixo.

- Classe de Rigidez: 2500 Pa até DN 200; 3200Pa de DN 250 a 400;
- Conduitos livres dimensionados para trabalhar enterrados sob pressão atmosférica (gravidade), suportando até 0,2 MPa por 24h contínuas;

- Processo de produção eficiente quanto ao consumo de energia;
- Matéria-prima principal: sal marinho (57%), recurso abundante na natureza;
- 100% reciclável [21].

A seguir seguem as propriedades mecânicas e construtivas do duto para avaliação comparativa com o alumínio.

Tabela 4. Propriedades do PVC [21]

Propriedades	Unidade	Valor
Espessura	Mm	2
Diâmetro interno máximo	Mm	100
Composição		PVC-U
Resistência à tração	Mpa	20 a 50
Ponto de Fusão	°C	180

Observa-se que as informações coletadas, mesmo com uma diferença nas propriedades construtivas do tubo de PVC sugerido, em relação ao tubo de alumínio comercializado, é possível verificar que os tubos de PVC oferecem menor resistência mecânica. Porém entende-se, que esta questão não inviabiliza a substituição, pois a aplicação proposta não será a mesma do tubo comercial, que pode ser colocado em locais sujeitos a cargas de até 1 tonelada. As cargas a serem aplicadas pelo duto proposto serão pequenas, tendo em vista que a instalação se dará em telhados.

### 3.4. Material refletivo

As empresas que detém esta tecnologia de iluminação natural, onde se citam a Espacio Solar e a Tubysol, utilizam em seu sistema um composto de prata altamente refletiva, que aumenta o seu rendimento, tendo assim aproximadamente 98% de reflexão total do raio luminoso no interior do duto [8-10]. Como citado anteriormente, a utilização de metais nobres na confecção dos dutos são importantes, elevam a qualidade do produto, em contra partida o custo do mesmo se torna elevado.

Com o intuito de realizar um projeto de baixo custo, procuraram-se alternativas para sanar esta etapa e optou-se pela película prateada chamada de película de PVC monomérico utilizada em aplicações de serigrafia, ao mesmo tempo para comparar-se com outro material refletivo, foi aplicada no interior do duto uma película reflexiva automotiva (insulfilm), tentando assim chegar a uma reflexão apropriada. Quanto à película automotiva suas características podem ser analisadas na figura 7. Já em relação à

película PVC monomérico o fabricante não dispõe de dados técnicos referentes à refletividade [11-18].

### 3.5. Difusor

Para as lentes difusoras, em substituição ao acrílico utilizado pela Espaço Solar e Tubysol, sugere-se o uso do policarbonato. O policarbonato (PC) é um termoplástico de engenharia com excelentes propriedades mecânicas, tais como: propriedades de impacto, estabilidade dimensional e alta temperatura de transição vítrea. No entanto, este material tem histórico de sensibilidade ao entalhe na propriedade de resistência ao impacto [13].

O Policarbonato (PC) caracteriza-se por possuir excelentes características ópticas, possibilitando a sua utilização nas mais diversas aplicações, dentre elas dispositivos ópticos. Devido aos grupos benzênicos estarem diretamente na cadeia principal, a molécula é muito rígida, fazendo com que o PC tenha uma estrutura com baixa cristalinidade, ou seja, quase totalmente amorfa, o que confere uma excelente transparência ao material, podendo chegar a valores superiores à 90% [13-14].

Logo, o mesmo é um material transparente com excelentes propriedades mecânicas, estando entre os materiais de maior tenacidade. Sua resistência a impactos é dificilmente igualada por outro material. As principais características do policarbonato são: excelente resistência a impactos, excelente estabilidade dimensional, baixa absorção de umidade, resistência a raios ultravioletas, possibilidade de trabalho em temperatura na faixa 40°C a 120°C, facilidade de usinagem, moldável, injetável e usinável, boas características elétricas (resistividade superficial 1015  $\Omega$ ) [13-23].

## 4. Análise experimental

A validação dos resultados através de protótipos e medições utilizando normas específicas de iluminação, é que poderá apontar se o caminho idealizado é viável ou não tecnicamente. Mesmo sem poder afirmar com exatidão a viabilidade do projeto, é possível verificar com este breve estudo apresentado, que o horizonte a curto prazo é totalmente favorável ao desenvolvimento da tecnologia proposta do ponto de vista técnico e científico. Já do ponto de vista comercial, a solução apresenta-se como uma grande oportunidade de nacionalização de um produto adaptado à realidade, popularizando-o e criando a oportunidade de distribuição em larga escala.

Com a finalidade de se obter a eficiência luminosa do sistema alternativo, composto por um tubo de PVC e película metalizada no seu interior, desenvolveu-se um layout de teste composto por uma caixa, para realizar as medições utilizou-se um luxímetro digital da marca Minipa modelo MLM-1010. A figura 8 apresenta o desenho esquemático do croqui de teste.

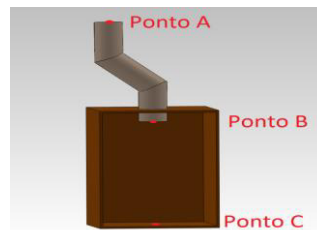


Fig. 8. Layout de ensaio.

Conforme pode-se visualizar na Figura 8, na parte superior da caixa foi feito um encaixe para o tubo (PVC de 100 mm de diâmetro), para que seja possível fixar o mesmo sem deixar a luz penetrar no ambiente interno (caixa).

É válido ressaltar que o tubo desenvolvido, apresenta um ângulo para mostrar que a luz incidente será refletida internamente, esse ângulo faz-se necessário para que não haja incidência direta do sol na face inferior do duto. Ainda referindo-se a figura 8, os pontos vermelhos representam os locais em que as medições de luminosidade foram realizadas com o luxímetro.

Primeiramente, visando comprovar que o ambiente interno estava totalmente escuro, realizou-se um teste com o fechamento do orifício de encaixe do tubo, não permitindo a entrada de luz, mediu-se assim a luminosidade no ponto C, tendo como resultado o valor de 0 lux, sendo este valor ideal para início das medições.

Posteriormente, realizaram-se os testes em dois tubos, sendo o primeiro o tubo de PVC com uma película automotiva (figura 4) e o outro com o tubo de PVC com película prateada de PVC (figura 5).

A luminosidade nos pontos foi medida de acordo o layout apresenta na figura 8. Os resultados das medições realizadas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Demonstrativo dos resultados obtidos

Local de medição	Película de PVC monomérico	Película automotiva
Ponto A	54000 lux	54000 lux
Ponto B	22000 lux	14500 lux
Rendimento	40,74%	26,85%

De acordo com os resultados, é possível obter a eficiência dos tubos, sendo que esta será a razão entre o valor da luminosidade de saída do tubo e o valor de entrada. Com a película de PVC monomérico foi possível conseguir uma eficiência de 40,74%, já com a película automotiva a eficiência foi de 26,85% aproximadamente.

## 5. Análise dos custos

Um estudo simplificado de viabilidade econômica tem como principal objetivo, apontar se o investimento no produto é justificável. A tabela 6 apresenta os valores médios praticados atualmente no mercado para um conjunto completo, ou seja, para um único ponto de luz, englobando domos, duto e difusor. Nesta tabela também são apresentados os valores estimados para produção de um conjunto completo, utilizando os materiais alternativos sugeridos no decorrer deste trabalho.

Como podem ser observados na tabela 6, os custos dos materiais a serem utilizados para o desenvolvimento do produto alternativo, não atingem nem 10% do preço de venda que é praticado atualmente. Obviamente que ainda precisam ser acrescentados outros custos de produção, como mão-de-obra, energia elétrica, custos de comercialização e outros.

Tabela 6. Demonstrativo dos custos

Sistema Existente	Unidade	Valor médio
Domos	R\$	3.000,00
Duto		
Difusor		
Total	R\$	3.000,00
Sistema Alternativo	Unidade	Valor médio
Domos (2 unidade)	R\$	40,00
Duto 100mm, mais material refletivo	R\$	65,00
Difusor	R\$	30,00
Diversos	R\$	150,00
Total	R\$	285,00

Porém, mesmo assim é possível vislumbrar um produto de baixo custo, com grande potencial de venda em larga escala, tendo em vista sua ótima relação custo e benefício, uma vez que durante o período do dia deixa-se de consumir energia elétrica para iluminação do ambiente.

## 6. Análise dos custos

O potencial da redução do consumo de energia elétrica pode ser estimada utilizando os dados do EPE 2012, da oferta total de energia elétrica no Brasil que foi de 567,6 TWh, sendo que o consumo total desta energia em 2011 foi de 480,1 TWh, com índice de

perdas (técnicas e não técnicas) de 15,4% [22]. A região Sul consome 16,42% desta energia. Destaca-se que de toda energia elétrica consumida no Brasil 44,46% pela classe industrial, 21,78% pela classe residencial e cerca de 15,13%, pela classe comercial [20].

Conforme dados da CCEE, o preço médio do PLD foi de R\$141,01 por MWh para região sul, no período de 11/2011 a 11/2012. Informações de estudos apontam que 44% do consumo de energia elétrica das classes comercial e pública, referem-se à iluminação. Com a utilização do sistema de iluminação natural proposto, a economia com iluminação poderia chegar a 40% [19].

Extrapolando os dados acima para as demais classes supracitadas e aplicando um fator de aceitação de 1% e considerando apenas a região sul, tem-se um incremento na matriz energética de 113,18 GWh e um retorno de R\$15,95 Milhões na venda do excedente ao PLD médio.

Logo, o desenvolvimento e industrialização deste sistema de baixo custo de captação solar, resultariam em uma tecnologia de cunho social acessível a todos. Consequentemente irá beneficiar as concessionárias, que poderá distribuí-lo as comunidades carentes, melhorando a qualidade de vida destas pessoas e assim reduzir as perdas não técnicas.

## 7. Considerações finais

A proposta de substituição dos materiais do produto, que foi o objeto de estudo deste projeto, apresenta-se como uma alternativa muito atraente do ponto de vista financeiro. É claro que o produto sugerido possui rendimento inferior ao comercializado, porém, como apresentado no decorrer do trabalho, a alternativa apresenta-se como viável do ponto de vista técnico, sendo que ainda podem ser realizados novos estudos buscando elevar o rendimento através de alterações, seja nos materiais reflexivos e de captação ou ainda nas geometrias e ângulos de reflexão do tubo.

Outro ponto de destaque das propostas é a utilização de materiais que reduzam os impactos ambientais causados principalmente no descarte. Portanto, é importante desenvolver produtos que utilizem materiais recicláveis, contribuirá para redução do volume de resíduos sólidos gerados.

Apesar das vantagens apresentadas, uma questão que pode ser apontada como desvantagem neste projeto e que um agravante para esta tecnologia, é referente à temperatura gerada pelos raios solares. Segundo dados apresentados, sabe-se que o ponto de fusão do PVC é mais baixo que o alumínio, consequentemente deve-se dimensionar o captador (domos) para filtrar os raios

UVA e UVB, de modo a evitar que o tubo sofra deformação devido à alta temperatura.

Os resultados obtidos nesse trabalho apontam uma grande oportunidade de desenvolvimento de um produto que ainda pode ser melhorado, garantindo a captação de luz solar que é gratuita e inesgotável, e acima de tudo uma forma de geração limpa e sustentável.

## Referências

- [1] L.S. Paiva, Análise de Desempenho de um Gerador Termoelétrico Baseado no Efeito Seebeck. Dissertação (Mestrado) - Universidade De Taubaté, Taubaté, 2010.
- [2] J.A.A. Araújo. Reaproveitamento de Calor para Geração de Energia Elétrica no Automóvel. Dissertação (Mestrado) - Universidade Do Minho, Braga, 2011, pp.155.
- [3] A.L.P. Ferreira Landim, L.P.O. Azevedo, Aproveitamento Energético do Biogás em Aterros Sanitários: Unindo O Inútil Ao Sustentável. BNDES Setorial, Rio de Janeiro. pp. 59-100 (2008).
- [4] S. Colle, E. B. Pereira. Atlas de irradiação solar do Brasil, Brasília; Inmet/Labsolar, (1998).
- [5] C.A. Purim, Desenvolvimento de um coletor solar para iluminação direta com fibra óptica, Curitiba, 2008.
- [6] Ufrgs, Refração da luz – Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Jorge/index.htm>> Acesso em 11.fev.2013.
- [7] Electronica, Posição Solar – Disponível em <<http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/273/204/>> Acesso em 25.Mar.2013.
- [8] Espacio Solar, Catálogo Espacio Solar iluminação natural – Disponível em < <http://espaciosolar.com/fichas.htm>> Acesso em 6.Jan.2013.
- [9] Solatube Catálogo Solatube iluminação natural-Disponível em <<http://www.solatube.com/es/product-catalog.htm>> Acesso em 5.Jan.2013.
- [10] Tubysol, Catálogo Tubysol iluminação solar – Disponível em<<http://www.tubysol.es/en/daylighting-pipe.html>>Acesso em 6.Jan.2013.
- [11] Insulfilm, Catálogo de insulfilm arquitetônico – Disponível em< <http://www.insulfilmarquitetonico.com.br/>> Acesso em 21.Fev.2013.
- [12] C.A.L. Corradi, Metalurgia das ligas de alumínio e tratamentos no metal líquido, Itaúna, MG: Senai, 2001.
- [13] J.P.F. Inberg, R.J. Gaymans, Polymer, 43, 4197 (2002).
- [14] Encyclopedia of polymer science and engineering, Wiley-Interscience, 2ª Ed., New York, v. 11, p. 648-718, (1968).
- [15] Secretaria da Fazenda do Estado de Goiás, m<sup>2</sup> do vidro – Disponível em <[http://www.sefaz.go.gov.br/lte/lte\\_ver\\_40\\_3\\_hm/Superintendencia/SGAF/IN/PAUTA/VIDRO.htm](http://www.sefaz.go.gov.br/lte/lte_ver_40_3_hm/Superintendencia/SGAF/IN/PAUTA/VIDRO.htm)> Acesso em 01. Mar.2013.
- [16] Garante Vidros, Catálogo técnico – Disponível em < [http://www.garantevidros.com.br/downloads/cat\\_tec\\_garant\\_e.pdf](http://www.garantevidros.com.br/downloads/cat_tec_garant_e.pdf) > Acesso em 01.Mar.2013.
- [17] W.D. Callister Jr, Materials Science and Engineering: an introduction, 8th, Wiley, 2009.
- [18] Alltak, Catálogo Alltak, Película de PVC monomérico – Disponível em <[http://alltak.com.br/alltak\\_color.php](http://alltak.com.br/alltak_color.php) > Acesso em 05. Mar.2013.
- [19] Câmara De Comercialização De Energia Elétrica, Valor do PLD médio, - Disponível em <[http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o-que-fazemos/produtos/precos/precos\\_medios?\\_afLoop=103989688677000&\\_afWindowMode=0&\\_afWindowId=17pln7eov9\\_31#%40%3F\\_afWindowId%3D17pln7eov9\\_31%26\\_afLoop%3D103989688677000%26\\_afWindowMode%3D0%26\\_adf.ctrl-state%3D17pln7eov9\\_51](http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/produtos/precos/precos_medios?_afLoop=103989688677000&_afWindowMode=0&_afWindowId=17pln7eov9_31#%40%3F_afWindowId%3D17pln7eov9_31%26_afLoop%3D103989688677000%26_afWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3D17pln7eov9_51)> Acesso em 06.Abr.2013.
- [20] Agencia Nacional De Energia Elétrica, Atlas da Energia Elétrica no Brasil 3. Ed. Brasília – Disponível em< [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3\\_ed.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3_ed.pdf) > Acesso em 06.Abr.2013.
- [21] Amanco, Manual Técnico Amanco Colefort Tubos – Disponível em < [http://www.amanco.com.br/web/image/texto/Manual\\_Tecnico\\_Colefort-Rev\\_dez.08.pdf](http://www.amanco.com.br/web/image/texto/Manual_Tecnico_Colefort-Rev_dez.08.pdf)> Acesso em 06.Abr.2013
- [22] Balanço Energético Nacional, Síntese do Relatório Final – Disponível em < [https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2012\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2012_Web.pdf) > Acesso em 06.Abr.2013
- [23] Policarbonato Compacto, Vick – Disponível em <[http://www.vick.com.br/vick/no\\_vo/datasheets/datasheet-policarbonato-compacto.pdf](http://www.vick.com.br/vick/no_vo/datasheets/datasheet-policarbonato-compacto.pdf)> Acesso em 06.Jun.2013.