



# LEVANTAMENTO DE CUSTOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RECURSOS RENOVÁVEIS NO ESTADO DE GOIÁS

Ronaldo Pereira de Almeida<sup>1</sup>

Edson da Costa Bortoni<sup>2</sup>

Jamil Haddad<sup>3</sup>

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo para obter valores de custos índice de investimentos para a utilização de recursos renováveis como matéria-prima em empreendimentos de geração distribuída de energia elétrica no estado de Goiás. Foi selecionado um conjunto de recursos renováveis, obtendo-se dados de disponibilidade dos mesmos em todos os municípios do estado. Tais informações permitiram estabelecer uma ordenação por prioridade de investimento.

Palavras-Chave: Geração distribuída, Recursos renováveis, Planejamento de sistemas regionais.

## ABSTRACT

This work presents a study to obtain an investment index costs for renewable energy sources based on distributed generation in Goiás state. A set of renewable sources was selected, along with their availability in each city of the state. The analysis allowed ranking investments by priority.

Keywords: Distributed Generation, Renewable Resources, Regional Systems Planning.

---

1 Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 1.303 – 37.500-903 – Itajubá/MG. Email: ronaldopa@gmail.com

2 Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 1.303 – 37.500-903 – Itajubá/MG. Email: bortoni@unifei.edu.br

3 Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Av. BPS, 1.303 – 37.500-903 – Itajubá/MG. Email: jamil@unifei.edu.br



## 1. INTRODUÇÃO

A energia sempre foi um fator de fundamental importância na vida das pessoas ao longo do desenvolvimento da humanidade. Ela é um ingrediente essencial para o desenvolvimento dos países, estando no centro das atenções dos governos, os quais buscam garantir a expansão da oferta para promover o crescimento econômico frente ao mercado globalizado. Para isso os governos devem simultaneamente enfrentar problemas ambientais como o aquecimento global e promover o crescimento de forma sustentável, o que acaba favorecendo as fontes renováveis para geração de energia.

A busca por fontes renováveis de energia vem se intensificando cada vez mais no mundo inteiro, como decorrência das preocupações relacionadas às formas atuais predominantes de geração de energia. Tais formas trazem diversos impactos negativos para o meio ambiente e para as populações envolvidas e tem apresentado custos crescentes de geração.

O fornecimento de energia elétrica, considerando o uso de novas tecnologias, exige planejamento e racionalidade, devendo-se pensar não somente em quantidade de energia e disponibilidade de grandes potenciais, mas também na dispersão dos locais onde estão situadas as demandas, os tipos de aplicações demandantes, as implicações ambientais e sociais, a disponibilidade de recursos locais e o intervalo de tempo a ser suprido com as novas tecnologias.

A geração distribuída é uma alternativa que deve ser considerada para o atendimento da demanda, devido à possibilidade de utilizar recursos e mão-de-obra locais. Segundo Bajay et al (2006), a geração distribuída de eletricidade consiste na produção deste energético no local de seu consumo, ou próximo a ele.

As principais tecnologias de geração distribuída, atualmente em uso no País, são as pequenas centrais hidrelétricas (PCH's), pequenas centrais termelétricas, em geral utilizando motores de combustão interna e consumindo óleo diesel, unidades de co-geração consumindo gás natural, óleo combustível, resíduos da biomassa, ou resíduos urbanos, geradores eólicos e painéis fotovoltaicos. Das tecnologias ainda em estágio de desenvolvimento, ou ocupando nichos de mercado, pode-se mencionar as células de combustíveis e as microturbinas a gás como as mais promissoras a longo prazo (Bajay et al, 2006).



No presente trabalho realizou-se um estudo para obter uma estimativa de custos da utilização de um conjunto de recursos renováveis para geração de energia elétrica em empreendimentos de geração distribuída. Calculou-se os custos utilizando biomassa de resíduos agrícolas e florestais e valendo-se de informações de estudos da utilização de biogás de resíduos sólidos urbanos, biodiesel, geradores eólicos, sistemas fotovoltaicos e centrais geradoras hidráulicas, estabeleceu-se uma ordenação econômica entre estas alternativas.

Desenvolveu-se um estudo de caso aplicado ao estado de Goiás, identificando e quantificando a disponibilidade do conjunto de recursos renováveis previamente selecionados, os quais apresentam potencial de serem utilizados para geração de energia elétrica para o atendimento da demanda via empreendimentos de geração distribuída.

## **2. PESQUISAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS DOS RECURSOS**

O Estado de Goiás, 7º Estado do Brasil em extensão territorial e a 10ª economia do país, localiza-se na Região Centro-Oeste, ocupando uma área de 340.087 km<sup>2</sup>. Possui 246 municípios e limita-se ao norte com o Estado do Tocantins, ao sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste com a Bahia e Minas Gerais e a oeste com Mato Grosso.

O conjunto de recursos renováveis selecionado foi escolhido considerando-se a disponibilidade dos mesmos e existências de alternativas tecnológicas para o seu aproveitamento energético. Os recursos selecionados são os seguintes: biomassa de resíduos agrícolas e florestais, resíduos sólidos urbanos, recurso eólico, recurso solar fotovoltaico, biodiesel e centrais geradoras mini-hidráulicas.

Selecionados os recursos procedeu-se ao levantamento de dados acerca da disponibilidade dos mesmos no estado de Goiás e sua distribuição.



## 2.1. Biomassa de resíduos agrícolas

Os resíduos agrícolas são constituídos por todo aquele material que é deixado no campo quando do processo de colheita das culturas, sendo formados por palhas, caules e folhas em geral, existindo também os resíduos agroindustriais, resultantes do processo de beneficiamento de algumas culturas, tendo-se como exemplos a casca de arroz e o caroço do algodão.

A viabilidade do aproveitamento de resíduos agrícolas está diretamente relacionada à implementação de um sistema logístico que seja capaz de integrar de forma racional as operações de colheita, transporte e armazenagem destes subprodutos. Cada tipo de biomassa apresenta características próprias como tamanho, forma e densidade e é com base nestas características que serão definidas as opções tecnológicas a serem utilizadas na estrutura da cadeia logística. (Júnior e Vieira, 2002).

Através de pesquisas realizadas junto à Secretaria de Planejamento (SEPLAN) e Superintendência de Estatística (SEPIN) do estado de Goiás, analisou-se as séries históricas de dados de produção para identificar aquelas culturas que apresentam maiores volumes de produção.

Selecionou-se um conjunto de culturas para analisar a possibilidade de se utilizar parte dos resíduos resultantes quando do processo de colheita das mesmas para geração de energia elétrica; dentre as diversas culturas analisadas, selecionou-se as seguintes: milho, soja, sorgo, arroz, feijão, algodão e trigo, identificando-se os volumes de produção de cada uma destas culturas para cada município do Estado. Os dados utilizados referem-se à safra de 2008.

A cultura da cana-de-açúcar não foi considerada por normalmente já ser utilizada para geração de energia elétrica, especialmente em sistemas de cogeração.

Quanto à disponibilidade de resíduos agrícolas ao longo do ano, estes variam conforme o período de safra de cada uma das culturas estudadas, conforme se observa no calendário agrícola da região Centro-Oeste elaborado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2009), apresentado na tabela a seguir, onde se tem indicado o período de safra de cada uma das culturas estudadas.



Considerou-se, no desenvolvimento do presente estudo, a coleta, transporte e armazenamento da biomassa de resíduos agrícolas para sua utilização ao longo do ano todo para geração de energia elétrica.

Tabela 1 - Período de safra das culturas estudadas no estado de Goiás

Cultura	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Milho				■	■	■						
Algodão				■	■	■						
Arroz			■	■	■							
Feijão	■	■		■	■	■	■	■	■			
Sorgo				■	■	■	■					
Soja		■	■	■	■			■	■			
Trigo								■	■	■		

## 2.2. Biomassa de resíduos florestais

Os resíduos florestais são constituídos por todo aquele material que é deixado para trás na coleta da madeira, tanto em florestas e bosques naturais como em reflorestamento, e pela serragem e aparas produzidas no processamento da madeira. Esses resíduos deixados no local de coleta são as folhas, os galhos e o material resultante da destoca (Cortez et al, 2008).

Segundo Lima e Bajay (1998), a biomassa florestal deve ser incluída no rol de fontes energéticas consideradas quando da definição de políticas e diretrizes para o planejamento energético regional e, principalmente, não ser esquecida ou colocada entre as últimas prioridades quando da execução dos planejamentos elaborados.

No estado de Goiás, segundo dados do IBGE e SEPLAN, a maior parte da produção de silvicultura encontra-se concentrada nos municípios apresentados na tabela a seguir, portanto, estes foram considerados no desenvolvimento do presente estudo quanto à utilização destes resíduos para geração de energia elétrica.



Tabela 2 - Principais produtores de silvicultura no estado de Goiás

Município	Produção silvicultura (t)
Niquelândia	199.100
Ipameri	184.950
Rio Verde	150.000
Catalão	110.750

O aproveitamento energético da biomassa tanto de resíduos agrícolas quanto de florestais requer que se conheça a quantidade de resíduos produzida quando processo de colheita e se determine quanto desse material poderá efetivamente ser utilizado como matéria-prima para geração de energia elétrica.

Para obter uma estimativa da quantidade de resíduos produzida por determinada cultura quando da sua colheita, pode-se empregar o Coeficiente de Produção de Resíduos.

O Coeficiente de Produção de Resíduos ( $C_R$ ) relaciona a quantidade de resíduos, em base seca, e a massa total colhida do produto. Desta forma, conhecendo-se o volume de produção de determinada cultura calcula-se o volume de resíduos produzidos. Na tabela a seguir apresenta-se valores de Coeficiente de Produção de Resíduos para algumas culturas.

Tabela 3 - Coeficiente de produção de resíduos

Cultura	Produto Principal	Resíduo	$C_R$
Milho	Grão	Palha	1,00
Soja	Grão	Palha	1,40
Sorgo	Grão	Palha	1,70
Feijão	Grão	Palha	2,10
Trigo	Grão	Palha	1,30
Algodão	Pluma	Parte aérea	2,45
	Pluma	Cascas	0,18
Arroz	Grão	Palha	1,43 – 1,60
	Grão	Cascas	0,18
Madeira	Madeira	Galhos e Folhas	0,3



Segundo Haq (2002), os resíduos deixados no campo não podem ser completamente aproveitados para a geração de energia. Isso se deve à necessidade de manter parte deles no local de cultivo com a finalidade de manutenção da qualidade do solo, isto é, evitar problemas de erosão, redução do teor de carbono e perda de produtividade. Geralmente, apenas 30% a 40% dos resíduos podem ser aproveitados em outro tipo de atividade.

### **2.3. Resíduos sólidos urbanos**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR – 10.004 define resíduos sólidos como resíduos nos estados sólidos ou semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

O aproveitamento energético dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) pode acontecer através da utilização do seu poder calorífico por meio da incineração, da gaseificação, do aproveitamento calorífico do biogás produzido a partir do lixo ou da produção de combustível sólido a partir de restos de alimentos.

Segundo Amaeing e Ferreira (2008), a geração de resíduos sólidos tem sido crescente, principalmente nos centros urbanos, que contam com empresas, lojas, comércios e residências que geram, diariamente, uma grande quantidade de lixo. A cidade de Goiânia não foge dessa realidade, com 1.244.645 habitantes (IBGE - CENSO 2007); a cidade gera, em média, 1.200 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos (Amaeing e Ferreira, 2008).

Considerou-se no desenvolvimento do presente estudo apenas as cidades com mais de 300.000 habitantes, as quais geram diariamente um volume significativo de resíduos, havendo a possibilidade de se implantar sistemas de geração distribuída utilizando o biogás produzido nos respectivos aterros sanitários.

Tomando-se como referência dos dados de produção per capita de resíduos da cidade de Goiânia inferiu-se os dados de produção das demais cidades com população igual ou superior ao valor citado anteriormente, os valores encontram-se apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4 - Produção de resíduos sólidos urbanos das principais cidades goianas

Município	População (hab.) (Censo, 2007)	Produção diária de lixo (t/dia)
Goiânia	1.244.645	1.200
Aparecida de Goiânia	475.303	458
Anápolis	325.544	313

## 2.4. Recurso eólico

No Atlas Eólico do Brasil, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) através do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), estimou-se para o Brasil um potencial eólico de 143,7 GW para ventos com velocidade média anual de 7 m/s. Para a região Centro-Oeste, estimou-se um potencial de 3,1 GW, concentrado principalmente no estado do Mato Grosso do Sul. No estado de Goiás, o maior potencial encontra-se concentrado na região de planejamento Nordeste Goiano, conforme se observa na figura a seguir.

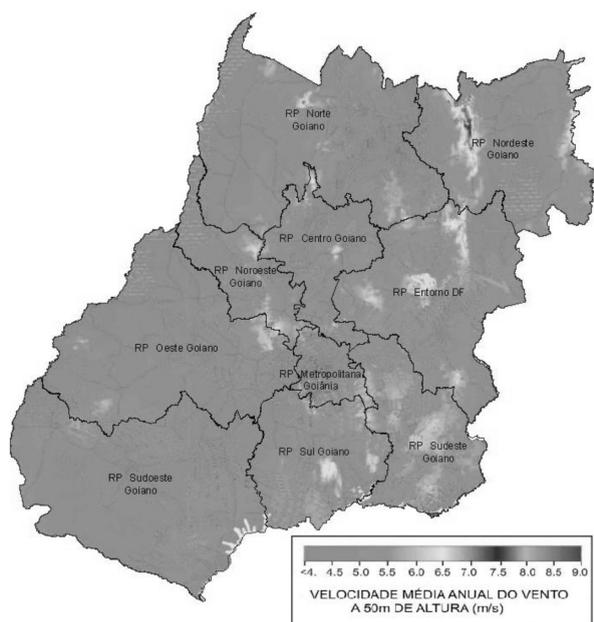


Figura 1 - Mapa de velocidades dos ventos no estado de Goiás



A região de planejamento Nordeste Goiano apresenta algumas localidades com condições adequadas de velocidade dos ventos para implantação de empreendimentos de geração eólica. O município de Cavalcante é o que apresenta ventos com velocidades mais favoráveis à implantação de empreendimentos de geração eólica, seguido pelo município de Alto Paraíso de Goiás.

Na região Norte Goiano, entre os municípios de Bonópolis e Porangatu existe uma região que também apresenta ventos com velocidades favoráveis à implantação de empreendimentos de geração eólica.

## 2.5. Recurso solar fotovoltaico

Segundo o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB, 2009), o estado de Goiás recebe uma intensidade de radiação solar significativa ao longo do ano, estando a mesma entre  $16 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}$  e  $18 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}$ , conforme apresentado na figura a seguir, onde se observa que a maior parte do estado apresenta uma média de radiações solares, na faixa de  $18 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}$ , que equivale a  $5 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$ , valor considerado uma boa média de radiação, justificando a importância da opção fotovoltaica como alternativa para a eletrificação, especialmente nas áreas rurais isoladas ou afastadas das redes convencionais de fornecimento de energia elétrica.



Figura 2 - Radiação solar global diária média anual no estado de Goiás



## 2.6. Recurso biodiesel

No estado de Goiás existem 4 usinas autorizadas para produzir biodiesel, conforme apresentado na tabela a seguir, segundo informações da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2010).

Tabela 5 - Usinas de biodiesel no estado de Goiás

Usina	Município	Capacidade anual estimada (m <sup>3</sup> /ano)
BINATURAL Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda.	Formosa	30.240
BIONORTE Indústria e Comércio de Biodiesel Ltda	São Miguel do Araguaia	29.411,8
CARAMURU Alimentos S.A	São Simão	187.500
GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A	Anápolis	220.680

## 2.6. Recurso hídrico

O estado de Goiás apresenta extensa malha hidrográfica, sendo banhado por três bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Paraná, a Bacia Araguaia-Tocantins e a Bacia do São Francisco.

No desenvolvimento do presente estudo, quanto ao aproveitamento de recursos hídricos para geração de energia elétrica, considerou-se aproveitamentos com potência entre 100 kW e 1.000 kW, pelas facilidades de projetos, menores interferências ambientais, porte de obras civis, fornecimento de equipamentos e disponibilidade de possíveis potenciais nas diversas localidades do estado de Goiás.

Por apresentar extensa malha hidrográfica, naturalmente devem existir diversos locais onde existe potencial de se aproveitar os recursos hídricos para gerar energia elétrica e atender a demanda; entretanto, a quantificação do valor possível de ser gerado requer trabalhos de campo para levantamento de desníveis existentes em cada local, assim como da vazão afluente disponível para ser aproveitada para geração de energia elétrica.



### 3. CUSTOS DE INSTALAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Para determinar os custos de instalação de empreendimentos de geração de energia elétrica utilizando os recursos renováveis selecionados no estado de Goiás procurou-se identificar os custos associados a cada tecnologia de geração que poderia ser empregada a cada um dos recursos com potencial de serem aproveitados para geração de energia elétrica.

#### 3.1. Biomassa de resíduos agrícolas e florestais

Para determinar os custos de um sistema de geração de energia elétrica a partir de biomassa de resíduos agrícolas e florestais faz-se necessário conhecer os custos com: coleta e transporte, armazenamento, instalações para equipamentos, equipamentos de geração e acessórios elétricos.

No presente estudo obteve-se a capacidade de geração a partir de biomassa de resíduos agrícolas para todos os municípios do estado de Goiás e determinou-se, para a faixa de capacidade de 100 kW a 1.000 kW, uma equação de custos unitários de instalação, considerando-se a utilização da tecnologia de gaseificadores para conversão energética da biomassa.

A curva de custos obtida encontra-se apresentada na figura a seguir, onde se observa que empreendimentos de menor capacidade apresentam custos unitários de instalação mais elevados, os quais reduzem à medida que a capacidade instalada aumenta.

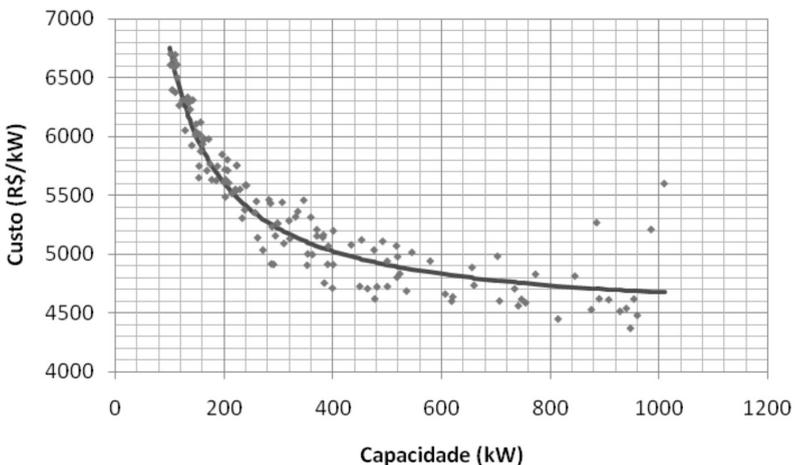


Figura 3 - Custos de instalação de sistemas de geração com biomassa de resíduos agrícolas



Para a biomassa de resíduos florestais, empregou-se a mesma metodologia de cálculo utilizada para a biomassa de resíduos agrícolas, obtendo-se também uma curva de custos, a qual encontra-se na figura a seguir, onde utilizou-se os dados de produção dos municípios maiores produtores de madeira de silvicultura no estado de Goiás.

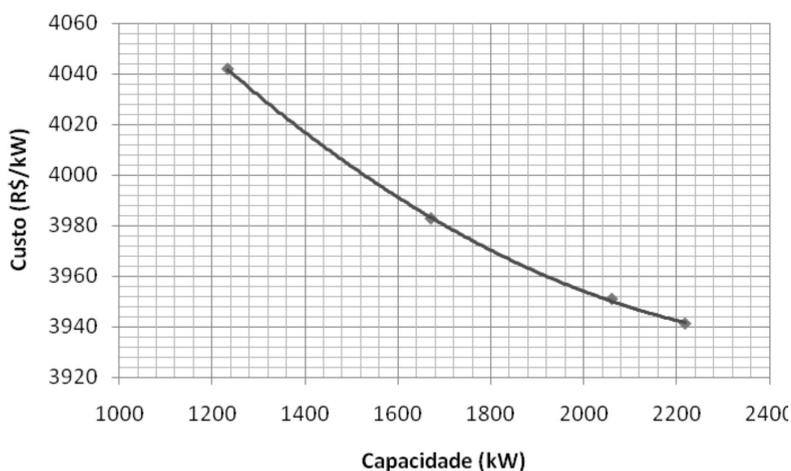


Figura 4 - Custos de instalação de sistemas de geração com biomassa de resíduos florestais

### 3.2. Resíduos sólidos urbanos

Para determinar os custos de implantação de um sistema de geração de energia elétrica utilizando o biogás produzido em aterros sanitários, tomou-se como referência o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no ano de 2008, para realizar o aproveitamento energético do biogás produzido no aterro sanitário de Campo Grande, capital do estado do Mato Grosso do Sul, cujo valor de investimento atualizado é 3.567,20 (R\$/kW).

### 3.3. Eólica

Como referência de custos de empreendimentos de geração eólica utilizou-se os dados do estudo desenvolvido pelo GEDAE/UFPA (2003) para o fornecimento de energia elétrica através de um sistema eólico-fotovoltaico-diesel para a comunidade de São Tomé no interior do estado do Pará, onde obteve-se o valor de 6.300 (R\$/kW) como custo índice de investimen-



to, para capacidades de 10 kW. Utilizou-se também valores de investimento do projeto da usina eólica de Gargaú, região norte do estado do Rio de Janeiro, onde obteve-se o custo índice de 4.642 (R\$/kW), para capacidade instalada de 28,5 MW. A partir destas informações obteve-se uma equação de custos índices em função da potência a ser instalada, onde o custo do kW (R\$/kW) está relacionado à potência que se pretende instalar.

$$C = -1,1128 \cdot P + 6.311,1$$

### 3.4. Solar fotovoltaica

Da mesma forma, como referência de custos de empreendimentos de geração solar fotovoltaica utilizou-se os dados do estudo desenvolvido pelo GEDAE/UFPA (2003) para o fornecimento de energia elétrica através de um sistema eólico-fotovoltaico-diesel para a comunidade de São Tomé no interior do estado do Pará, onde obteve-se o valor de 12.937 (R\$/kW) como custo índice de investimento, o qual corrobora com os estudos desenvolvidos por Bioene et al (2008) para implantação de centrais de geração fotovoltaica para atendimento de comunidades isoladas na região Nordeste do Brasil.

### 3.5. Biodiesel

Para os empreendimentos de geração a partir do biodiesel, também foram utilizados dados do estudo desenvolvido pelo GEDAE/UFPA (2003) para o fornecimento de energia elétrica através de um sistema eólico-fotovoltaico-diesel para a comunidade de São Tomé no interior do estado do Pará, onde obteve-se o valor de 506,25 (R\$/kW) como custo índice de investimento, para capacidade instalada de 16 kW. Outra referência de custos utilizada foram os dados comerciais da empresa Perfectum Serviços de Engenharia de grupos geradores na faixa de potência de 400 a 1.800 kW, onde obteve-se custos índices de instalação da ordem de 672 (R\$/kW).

A partir dos dados obtidos obteve-se uma equação de custos índices em função da potência instalada, apresentada a seguir, onde para o valor da potência em kW, obtém-se o custo do kW instalado (R\$/kW).

$$C = -14316 \cdot P + 499,34$$

Os custos de operação e manutenção do sistema de geração utilizando biodiesel foram estimados em cerca de 0,035 (R\$/kWh). Deve-se



considerar também o custo do combustível. No presente estudo, utilizou-se informações da ANP do 18º leilão de Biodiesel, realizado em 31 de Maio de 2010, onde foram comercializados 600 milhões de litros de biodiesel ao preço médio de 2,10 (R\$/l), sendo este o valor considerado no desenvolvimento do presente estudo.

### **3.6. Centrais geradoras mini-hidráulicas**

Os custos unitários de instalação de empreendimentos de geração mini-hidráulica foram determinados tomando-se como referência custos praticados no mercado atualmente, segundo informações de empresas e profissionais que atuam no setor.

As mini-hidráulicas de baixa queda (1 a 20 metros) com equipamentos de geração baseados na tecnologia Kaplan, tem custo índice de 6.000,00 (R\$/kW). As mini-hidráulicas de média queda (21 a 100 metros) com equipamentos de geração baseados na tecnologia Francis tem custo índice de 5.000,00 (R\$/kW), enquanto que as mini-hidráulicas de alta queda (acima de 100 metros) com equipamentos de geração baseados nas tecnologias Francis Rápida ou Pelton tem custo índice de 4.000,00 (R\$/kW).

## **4. ORDENAÇÃO ECONÔMICA**

Calculados os custos de instalação de empreendimentos de geração a partir de biomassa de resíduos agrícolas e florestais e tomando-se como referência valores de custos de instalação de empreendimentos de energia eólica, solar fotovoltaica, biodiesel, resíduos sólidos urbanos de outros estudos, além dos valores praticados no mercado atualmente para a implantação de empreendimentos hidráulicos, procedeu-se à ordenação econômica entre os mesmos.

As equações de custos obtidas, valores de custos unitários e respectivos valores de operação e manutenção encontram-se apresentados na tabela a seguir, onde se observa que algumas alternativas possuem custos de operação e manutenção determinados pela quantidade de energia gerada enquanto outras possuem o referido valor em função do valor do investimento.



Tabela 6 - Custos de instalação das alternativas estudadas

Alternativa	Custo de Instalação (R\$/kW)	Custo O&M (R\$/kWh)
Biomassa Agrícola	$\text{Custo} = 12.898 \cdot P^{-0,154}$	0,05
Biomassa Florestal	$\text{Custo} = 5.331,4 \cdot P^{-0,039}$	0,05
Resíduos Sólidos	3.567,20	Investimento x 5%a.a.
Eólica	$\text{Custo} = -1,128 \cdot P + 6.311,1$	0,005
Solar Fotovoltaica	12.937,00	0,005 (R\$/kWh)
Biodiesel	$\text{Custo} = 0,4316 \cdot P + 499,34$	$0,035 \cdot E + 2,10$ (R\$/l) de biodiesel
Hidráulica Baixa Queda	6.000,00	0,012
Hidráulica Média Queda	5.000,00	0,012
Hidráulica Alta Queda	4.000,00	0,012

Nesta tabela P é a potência instalada em (kW) e E a energia gerada (kWh).

Considerando, por exemplo, que determinada localidade disponha de todos os recursos estudados e utilizando-se as equações e valores unitários de custos obtidos pode-se estabelecer uma ordenação de custos entre as alternativas.

Para o atendimento de uma carga, por exemplo, de 500 kW durante o período de 10 anos, calculou-se os custos para o aproveitamento dos recursos renováveis, estabelecendo uma ordenação para seleção entre as alternativas, conforme apresentado na a seguir.



Tabela 7 - Ordenação econômica entre as alternativas estudadas

<b>Alternativa</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Grau de Economia</b>
Resíduos Urbanos / Biogás	2.675.250,00	Maior
Mini-Hidráulica Alta Queda	3.858.933,33	
Biomassa de Resíduos Florestais	4.281.950,68	
Biomassa de Resíduos Agrícolas	4.666.572,22	
Mini-Hidráulica Média Queda	4.692.266,67	
Mini-Hidráulica Baixa Queda	5.525.600,00	
Eólica	9.810.166,67	
Biodiesel	24.448.037,93	
Solar Fotovoltaica	26.093.000,00	Menor

Pode-se também, obter uma estimativa do preço mínimo de venda da energia elétrica gerada, considerando-se a taxa de impostos incidentes como sendo de 15%, para Pay-back Simples. Os valores de preço mínimo de venda da energia elétrica encontram-se apresentados na tabela a seguir.

Tabela 8 - Ordenação de preço mínimo da energia das alternativas estudadas

<b>Alternativa</b>	<b>Preço da energia (R\$/kWh)</b>	<b>Grau de Economia</b>
Resíduos Urbanos / Biogás	0,070	Maior
Mini-Hidráulica Alta Queda	0,101	
Biomassa de Resíduos Florestais	0,112	
Mini-Hidráulica Média Queda	0,123	
Biomassa de Resíduos Agrícolas	0,123	
Mini-Hidráulica Baixa Queda	0,145	
Eólica	0,258	
Biodiesel	0,303	
Solar Fotovoltaica	0,685	Menor



## 5. CONCLUSÕES

Os sistemas energéticos convencionais, caracterizados pela centralização da produção e distribuição nem sempre se apresentam como a melhor opção para o fornecimento de energia elétrica, especialmente em localidades carentes e afastadas das redes convencionais de fornecimento de energia elétrica, devido ao nível de dispersão destas áreas e a baixa demanda energética.

O suprimento regional de energia através de recursos renováveis em empreendimentos de geração distribuída é uma alternativa que deve ser devidamente analisada e considerada no planejamento do atendimento da demanda.

A determinação dos custos de instalação de empreendimentos utilizando os recursos renováveis estudados não é uma tarefa fácil, desta forma, utilizaram-se dados de custos de diversos estudos e projetos como referência, à exceção da biomassa de resíduos agrícolas e florestais, cujos custos foram calculados.

Realizou-se um estudo de caso aplicado ao estado de Goiás, onde se identificou a disponibilidade dos recursos estudados, e foi calculada a capacidade possível de ser gerada. A partir dos custos de instalação estabeleceu-se um ranking de custos entre os recursos estudados.

Os resultados obtidos mostram que o biogás de resíduos sólidos urbanos, as centrais geradoras mini-hidráulicas e os sistemas de geração a partir de biomassa de resíduos agrícolas são os que apresentam os menores custos de instalação, enquanto a energia solar fotovoltaica apresenta os custos mais elevados.

Foram analisados os custos para instalação de empreendimentos a partir de um conjunto de recursos previamente selecionados, estabelecendo um ranking, no qual demonstra ser uma ferramenta de planejamento de grande valor. De fato, ao se analisar a possibilidade de fornecer energia para uma determinada localidade ou região, poderão ser utilizados os recursos renováveis existentes na mesma. Nesse momento, naturalmente, surge o questionamento de qual deles apresenta os menores custos de instalação.



O estudo desenvolvido mostrou que o Estado de Goiás apresenta diferentes possibilidades para a implantação de sistemas de geração descentralizada a partir de biomassa de resíduos agrícolas, resíduos florestais, resíduos sólidos urbanos, energia eólica, energia solar, mini-centrais hidrelétricas e de geradores a biodiesel, considerando os óleos vegetais produzidos nas refinarias instaladas no estado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em Setembro de 2009.

AMAECING, M.A.P.; FERREIRA, O.M. Serviços de Coleta do Lixo Urbano na Região Central de Goiânia: Estudo de Caso. Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental – Goiânia – GO (2008).

BAJAY, S.V.; FURTADO, A.A.; CARVALHO, C.B.; DORILEO, I.L. Perspectivas da geração distribuída de eletricidade nos estados de São Paulo, Bahia e Mato Grosso. Anais do 6º Encontro de Energia no Meio Rural. 2006.

BIOENE, J.M.F.; CARVALHO, P.B; FELLOWS R.B. Viabilidade Técnica e Econômica para Instalação de Sistemas de Geração Fotovoltaica Distribuída em Comunidades Isoladas da Rede Elétrica Convencional. XIV Congresso Ibérico e IX Congresso Iberoamericano de Energia Solar. Vigo, Galícia, Espanha. Junho (2008).

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/>. Acessado em Setembro de 2009.

CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S.; GÓMEZ, E.E. (Organizadores). Biomassa para energia. Campinas – SP, Editora da UNICAMP, 2008.

CRESESB. Energia Solar – Princípios e Aplicações. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>, acessado em Julho de 2009.

GEDAE/UFPA – Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas/Universidade Federal do Pará. Sistema Híbrido-Eólico-Fotovoltaico-Diesel para Eletrificação da Comunidade de São Tomé – Município de Maracanã – Pará. Belém. Pará (2003).



HAQ, Z. Biomass for Electricity Generation. (2002). Disponível em: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass/>. Acessado em Julho de 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados do Censo 2007. Disponível: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em Outubro de 2009.

JÚNIOR, A.L.V. e VIEIRA, L.S.R. Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais em Sistemas Termelétricos e de Cogeração. Relatório Técnico DPP/PER 957/02, Projeto 1464, CEPEL, 2002.

LIMA. C.R. e BAJAY, S.V. Políticas e diretrizes para a biomassa florestal no Estado da Paraíba: “Aspectos da reposição florestal obrigatória”. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. São Paulo, 1998. Anais... São Paulo: SBPE, 1998.