

ANÁLISE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM FONTES RENOVÁVEIS EM ÁREA RURAL

Silvana Zauza

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande
do Sul – UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
silvana.zauza@gmail.com

Alessandro Finkler

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande
do Sul – UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
finkler.alessandro@gmail.com

Nadine Szambelan

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande
do Sul – UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
nadine.sz@hotmail.com

Mauro Fonseca Rodrigues

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande
do Sul – UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
mauro.rodrigues@unijui.edu.br

Taciana Paula Enderle

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias – DCEEng
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande
do Sul – UNIJUÍ
Santa Rosa, Brasil
taciana.enderle@unijui.edu.br

Resumo— Com a inserção da geração distribuída (GD) no Sistema Interligado Nacional, a geração de energia elétrica, antes longe dos centros de carga, passa a contemplar unidades geradoras nas próprias unidades consumidoras. Como método da pesquisa, foi utilizada a Resolução Normativa (RN) 687 da Agência Nacional Energia Elétrica (ANEEL) 2015 e métodos de avaliação econômica dos investimentos: payback e Taxa Interna de Retorno (TIR). Este trabalho objetiva encontrar o ponto de equilíbrio financeiro entre a tarifa de energia elétrica rural e o valor para recuperar o investimento dentro da vida útil das fontes renováveis analisadas: geradores fotovoltaicos, eólicos e biogás. Partindo do histórico de consumo de energia da unidade consumidora, projetaram-se os investimentos para instalação dos sistemas analisados, concluindo-se que além do objetivo alcançado, para possibilitar a inserção da GD na área rural, sugere-se alterar a RN 687, autorizando a venda da energia elétrica gerada através de fontes renováveis, com valores que compensem financeiramente sua implantação na área rural.

Palavras-chaves— *Energias Renováveis, Engenharia Econômica, Geração Distribuída, Distribuição de Energia Elétrica.*

I. INTRODUÇÃO

O estudo e o desenvolvimento deste trabalho são na área de geração de energia elétrica através das fontes renováveis:

eólica, fotovoltaica e biogás, baseando-se no estudo da viabilidade econômica de sua implantação na área rural. Será aplicada uma abordagem no custo da energia elétrica rural, onde serão utilizados métodos da Engenharia Econômica que demonstrem o melhor resultado na avaliação para implantação de fontes renováveis e aplicação de geração distribuída.

O meio rural responde por mais de 20% do Produto Interno Bruto Brasileiro (PIB) [1] e, com isso, necessita de energia para crescer. Uma alternativa para este aproveitamento é utilizar as regras da Resolução Normativa (RN) 687/2015, compensando energia consumida e gerada pelo consumidor [2].

O potencial para energias renováveis do RS é apresentado nas Fig. 1, 2 e 3. Com isso, percebe-se que há energia para ser aproveitada nessa região, mas como viabilizar esse aproveitamento energético a partir da RN 687? Para isso, observaram-se as ferramentas da Engenharia Econômica, como payback e Taxa Interna de Retorno (TIR), de forma a avaliar o investimento e obter respostas quanto à sua viabilidade econômica.

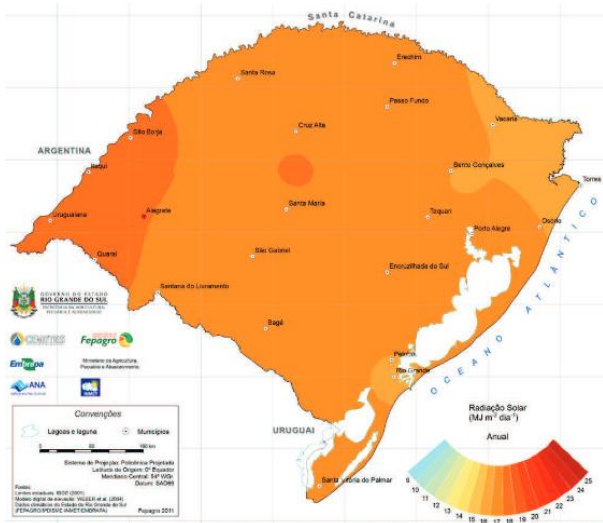


Figura 1 - Mapa do potencial solar no RS [3]

Referência [3], a Região Sul do País apresenta a maior variabilidade entre as estações do ano, isto é, o fluxo de radiação solar média no verão é cerca de 65% maior que o fluxo no inverno. Com tudo, [4] a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica que compara as potências instaladas em cada unidade da federação, informa que o Rio Grande do Sul é o segundo no ranking nacional Solar Fotovoltaico. Ficando atrás apenas de Minas Gerais que lidera o ranking nacional, com 22,9% da potência instalada no país, seguido pelo Rio Grande do Sul (13,9%), São Paulo (13,5%), Ceará (5,9%) e Santa Catarina (5,9%).

Com isso o Brasil alcançou a marca de 250 Mega Watts (MW) de potência instalada em sistemas de microgeração e minigerção distribuída solar fotovoltaica em residências, comércios, indústrias, edifícios públicos e na zona rural [5].

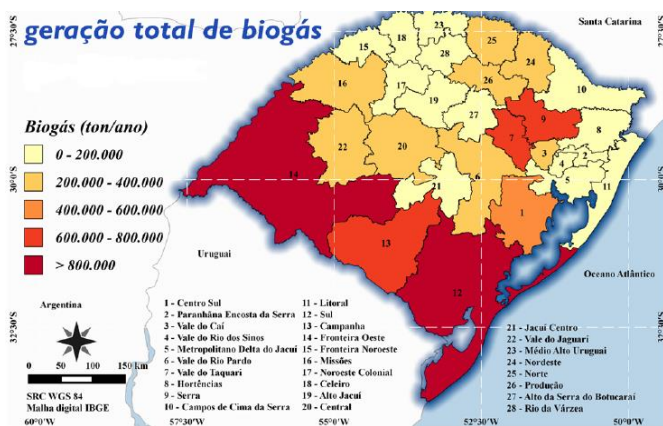


Figura 2 - Mapa do potencial de biogás no RS [6]

Segundo [6], a estimativa do potencial de geração de biogás considerando o montante total das biomassas avaliadas, apresenta o total de 85 milhões de toneladas ao ano. Calcula-se que o potencial de geração de biogás seja em torno de 9 milhões de m³/dia. Assim, estima-se que os dejetos de bovinos representem aproximadamente 52% do total de biogás

disponível no RS dentre as biomassas avaliadas, enquanto o biogás gerado por dejetos de ovinos é de 9,6%, o de suínos é de 6,15%, o de equinos de 3,5% e o de aves, em torno de 15%.

O potencial de biogás gerado em aterros sanitários corresponde a 5,18%, enquanto o biogás de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) representa 0,51% e o biogás proveniente de vinícolas em torno de 0,70%.

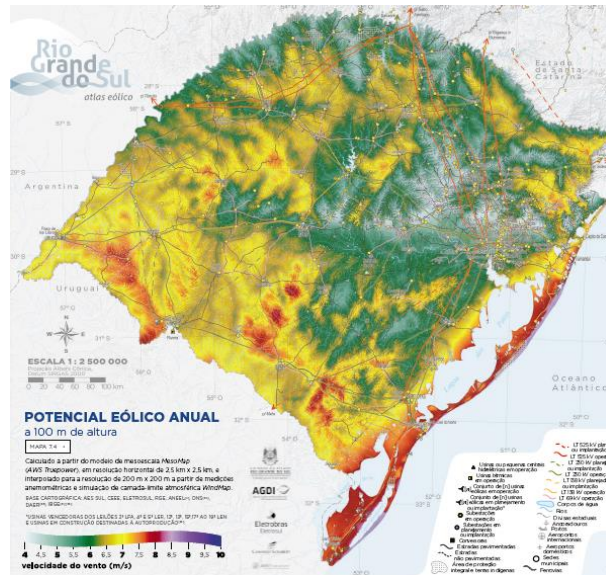


Figura 3 - Mapa do potencial eólico no RS [7]

Conforme [7] o RS possui um potencial eólico de grande magnitude, apresenta capacidade instalável em solo firme de 103 Giga Watts (GW) a 100 metros de altura, em locais com velocidade média superiores a 7 m/s correspondendo a uma produção energética estimada em 382 Tera Watts ano (TWh/ano). O potencial eólico do Estado está dividido por mesorregiões. Apresentando como potencial de capacidade instalável na Mesorregião Noroeste Riograndense o total de 2,1 GW e produção anual de energia o total de 7.203 Mega Watts hora (MWh).

Dessa forma, a partir dos dados analisados, o objetivo final será realizar um estudo sobre o ponto de equilíbrio financeiro entre a tarifa de energia elétrica rural e o valor necessário para recuperar o investimento realizado, dentro da vida útil das fontes analisadas, para implantação de Geração Distribuída (GD) a partir de geradores fotovoltaicos, eólicos e biogás.

II. METODOLOGIA APLICADA

Inicialmente, foram observados os valores de plantas de geração para uma propriedade modelo, situada em uma propriedade rural no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul localizada no interior do município de Ijuí, na Linha Seis Leste Vila Floresta. Esse local será avaliado quanto aos três sistemas propostos: fotovoltaico, eólico e biogás. Então, foram aplicadas técnicas de Engenharia Econômica sobre os investimentos efetuados de forma a avaliar sua viabilidade.

O primeiro método de avaliação econômica é o payback, ou seja, retorno bruto do investimento realizado. Se apresentar

viabilidade dentro da vida útil do sistema, será realizada a análise da TIR, que considera um percentual de rendimento mínimo no projeto. Qualquer método que retorne valor negativo para o investimento aponta sua inviabilidade.

Por fim, dentro dos valores obtidos será buscado custo do kilo Watts (kW) de potência instalado para esta propriedade modelo, sinalizando o valor mínimo necessário para viabilizar o investimento nas três fontes de GD para a área rural, comparando-se com a tarifa atual.

Esta metodologia desenvolvida servirá de base para qualquer avaliação posterior nessa área de conhecimento.

III. DIMENSIONAMENTO DAS FONTES UTILIZADAS

O estudo aproveita os dimensionamentos realizados por [8] para energia fotovoltaica e biodigestores. A energia eólica foi desenvolvida por [9].

Para o projeto fotovoltaico os dados são apresentados na Tab.1.

Tabela 1- Investimento para sistema fotovoltaico

| Componentes | Unidades | Custo unitário (R\$) | Custo sistema(R\$) |
|-------------------|----------|----------------------|----------------------|
| Módulos Solares | 48 | 700,00 | 33.600,00 |
| Inversor | 1 | 15.000,00 | 15.000,00 |
| Bos | 1 | 14.580,00 | 14.580,00 |
| Custos do Projeto | 1 | 12.636,00 | 12.636,00 |
| Total | | | R\$ 75.816,00 |

Para o projeto de biodigestor com geração de energia elétrica os dados estão apresentados na Tab. 2.

Tabela 2 - Investimento para sistema biogás

| Produto | Custo Unitário (R\$) |
|--|-----------------------|
| Biodigestor | 58.650,00 |
| Sistema separador de sólidos | 68.800,00 |
| Sistema homogeneizador | 17.200,00 |
| Triturador de resíduos sólidos | 59.000,00 |
| Lagoa secundária com fundo de concreto | 5.420,00 |
| Sistema automatizado de recirculação dos dejetos. | 19.840,00 |
| Sistema externo de drenagem de águas pluviais, cercamento e cintas para controle da ação do vento. | 15.890,00 |
| Sistema de flare (queimador) de aço inox com funcionamento com falcador. | 6.630,00 |
| Total | R\$ 251.430,00 |

Para o projeto do sistema eólico os dados estão na Tab. 3.

Tabela 3 - Investimento para sistema eólico

| Categoria de custos iniciais do projeto | Fazenda eólica de pequeno porte (%) | Porcentagem considerada | Valor (R\$) |
|---|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Estudo de viabilidade. | 1 - 7 % | 5% | 72.500,00 |
| Negociações de desenvolvimento. | 4 - 10 % | 10% | 145.000,00 |
| Projetos de Engenharia. | 1 - 5 % | 5% | 72.500,00 |
| Custos de equipamentos. | 47 - 71 % | 55% | 797.500,00 |
| Instalações e infraestrutura. | 13 - 22 % | 20% | 290.000,00 |
| Diversos. | 2 - 15 % | 5% | 72.500,00 |
| Custo total 100% | | | R\$ 1.450.000,00 |

Através da fatura, do consumo médio de energia da propriedade analisada foi definida a capacidade de geração de energia durante um período de um ano para os sistemas.

O sistema solar fotovoltaico com potência nominal de 16,08 kW terá capacidade de produzir anualmente uma potência de 28.103,85 kWh. Já o sistema biogás, irá produzir anualmente uma potência de 21.900 kWh, isso devido ao fato de que foram consideradas 3 horas diárias de operação do motor-gerador já existente na propriedade (25 kVA) [9]. E o sistema eólico, capacidade de geração de 200 MW/ano [10].

Com os resultados das potências geradas por cada sistema e os investimentos previstos, obteve-se a economia anual gerada por cada sistema. Conforme Tab. 4 pode-se observar a economia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Tabela 4 - Economia do sistema fotovoltaico

| Mês | Consumo (kWh) | Injetado (kWh) | Crédito acum (kWh) | Fatura sem sistema (R\$) | Fatura com o sistema (R\$) | Economia (R\$) |
|--------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| Jan | 1.910 | 2.579 | 669,33 | 555,83 | 37,83 | 518,00 |
| Fev | 1.683 | 2.457 | 774,68 | 489,77 | 37,83 | 451,94 |
| Mar | 1.628 | 2.672 | 1.044,15 | 473,76 | 37,83 | 435,93 |
| Abr | 1.823 | 2.359 | 536,03 | 530,51 | 37,83 | 492,68 |
| Mai | 1.676 | 2.193 | 517,41 | 487,73 | 37,83 | 449,90 |
| Jun | 1.821 | 1.730 | -90,73 | 529,93 | 37,83 | 492,10 |
| Jul | 1.716 | 1.870 | 154,99 | 499,37 | 37,83 | 461,54 |
| Ago | 1.520 | 2.012 | 492,66 | 442,34 | 37,83 | 404,50 |
| Set | 1.933 | 2.240 | 307,84 | 562,52 | 37,83 | 524,69 |
| Out | 1.793 | 2.642 | 849,84 | 521,78 | 37,83 | 483,95 |
| Nov | 1.814 | 2.628 | 814,50 | 527,89 | 37,83 | 490,06 |
| Dez | 1.434 | 2.716 | 1.282,12 | 417,31 | 37,83 | 379,48 |
| TOTAL | 20.751 | 28.104 | 7.353 | | | 5.584,77 |

A economia gerada pelo sistema biogás será apresentada na Tab. 5.

Tabela 5 - Economia do sistema biogás

| Mês | Consumo (kWh) | Injetado (kWh) | Crédito acum (kWh) | Fatura sem sistema (R\$) | Fatura com o sistema (R\$) | Economia (R\$) |
|--------------|---------------|----------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| Jan | 1910 | 1860 | -50 | 555,83 | 37,83 | 518,00 |
| Fev | 1683 | 1680 | -3 | 489,77 | 37,83 | 451,94 |
| Mar | 1628 | 1860 | 232 | 473,76 | 37,83 | 435,93 |
| Abr | 1823 | 1800 | -23 | 530,51 | 37,83 | 492,68 |
| Mai | 1676 | 1860 | 184 | 487,73 | 37,83 | 449,90 |
| Jun | 1821 | 1800 | -21 | 529,93 | 37,83 | 492,10 |
| Jul | 1716 | 1860 | 144 | 499,37 | 37,83 | 461,54 |
| Ago | 1520 | 1860 | 340 | 442,34 | 37,83 | 404,50 |
| Set | 1933 | 1800 | -133 | 562,52 | 37,83 | 524,69 |
| Out | 1793 | 1860 | 67 | 521,78 | 37,83 | 483,95 |
| Nov | 1814 | 1800 | -14 | 527,89 | 37,83 | 490,06 |
| Dez | 1434 | 1860 | 426 | 417,31 | 37,83 | 379,48 |
| TOTAL | 20.751 | 21.900 | 1.149 | | | 5.584,77 |

A economia gerada pelo sistema eólico será apresentada na Tab. 6.

Tabela 6 - Economia do sistema eólico

| Mês | Consumo ((kWh) | Injetado (kWh) | Crédito acum (kWh) | Fatura sem sistema (R\$) | Fatura com o sistema (R\$) | Economia (R\$) |
|--------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| Jan | 1.910 | 16.666 | 14.756,66 | 555,83 | 37,83 | 518,00 |
| Fev | 1.683 | 16.666 | 14.983,66 | 489,77 | 37,83 | 451,94 |
| Mar | 1.628 | 16.666 | 15.038,66 | 473,76 | 37,83 | 435,93 |
| Abr | 1.823 | 16.666 | 14.843,66 | 530,51 | 37,83 | 492,68 |
| Mai | 1.676 | 16.666 | 14.990,66 | 487,73 | 37,83 | 449,90 |
| Jun | 1.821 | 16.666 | 14.845,66 | 529,93 | 37,83 | 492,10 |
| Jul | 1.716 | 16.666 | 14.950,66 | 499,37 | 37,83 | 461,54 |
| Ago | 1.520 | 16.666 | 15.146,66 | 442,34 | 37,83 | 404,50 |
| Set | 1.933 | 16.666 | 14.733,66 | 562,52 | 37,83 | 524,69 |
| Out | 1.793 | 16.666 | 14.873,66 | 521,78 | 37,83 | 483,95 |
| Nov | 1.814 | 16.666 | 14.852,66 | 527,89 | 37,83 | 490,06 |
| Dez | 1.434 | 16.666 | 15.232,66 | 417,31 | 37,83 | 379,48 |
| TOTAL | 20.751 | 200.000 | 179.249 | | | 5.584,77 |

Os resultados das economias geradas apresentaram os mesmos valores, isso se deve ao fato de que, ambos os sistemas apresentaram capacidade de gerar mais energia do que é consumido na propriedade e o consumo analisado nos três casos avaliados são referentes à mesma unidade consumidora.

IV. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DOS SISTEMAS

Apresentam-se aqui os métodos utilizados para avaliação dos sistemas propostos para geração de energia elétrica no meio rural e os resultados financeiros obtidos com cada um.

A. MÉTODO DE ANÁLISE PAYBACK SIMPLES

O método *Payback* ou tempo de recuperação de capital é considerado o mais simples dos métodos e por esse motivo é um dos mais utilizados. Este método calcula o investimento total e a economia que o investimento proporcionará por ano. É utilizado para analisar o tempo que o benefício se iguala ao investimento [10].

Pelo método *Payback* considera-se o retorno obtido através da economia que a instalação do sistema de geração irá proporcionar na fatura de energia do consumidor.

- I. Na análise realizada o investimento no sistema fotovoltaico de R\$ 75.816,00 se paga em 13,6 anos. Levando em consideração uma economia anual de R\$ 5.584,77 e a vida útil do sistema que é de aproximadamente 20 anos.
- II. Na análise realizada pode-se observar que o investimento de R\$ 251.430,00 do sistema biodigestores se paga em 45,02 anos, com uma economia anual de R\$ 5.584,77, e uma vida útil do sistema é de aproximadamente 5 anos.
- III. Na análise realizada pode-se observar que o investimento de R\$ 1.450.000,00 no sistema eólico leva 260 anos para se pagar e a vida útil do sistema é de aproximadamente 20 anos e que gera uma economia anual de R\$ 5.584,77 na propriedade analisada.

B. MÉTODO DE ANÁLISE TAXA INTERNA DE RETORNO

Taxa Interna de Retorno (TIR) é a rentabilidade, ou percentual de recurso ganho sobre a aplicação de um investimento. Ou seja, ela mede a rentabilidade pela qual o capital está sendo remunerado em um determinado período de tempo, ou ainda, quanto maior a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto. Para essa análise de investimento é necessário definir uma Taxa Mínima Atrativa (TMA) a ser atingida, visando obter uma TIR superior, sendo o sinal de viabilidade do projeto [10].

Para estabelecer a TMA, optou-se pela média da taxa básica de poupança no último ano, levando em consideração as variações que esta apresentou, será utilizado o valor de 5 % a.a. como meta a ser atingida e superada.

Conforme metodologia aplicada neste estudo de caso, será aplicado o método de análise financeira TIR para o sistema que viabilizou pelo método *payback*. Entre os sistemas analisados apenas o fotovoltaico, sendo que o tempo necessário para o sistema se pagar é de 13,6 anos.

A análise da TIR ficou em (-9,99%), muito abaixo da TMA de 5% do projeto, para um período de tempo de vida útil do sistema de 20 anos. Com isso, pode-se afirmar que pelo critério de avaliação TIR o sistema é inviável, financeiramente. Ou seja, se esse valor fosse investido na poupança traria um retorno maior ao investidor.

V. VIABILIZANDO OS INVESTIMENTOS EM GD NA ÁREA RURAL

Como os investimentos nos sistemas mencionados são inviáveis, quando analisados pelos métodos de Avaliação e Engenharia Econômica, se faz necessário encontrar um valor de tarifa que viabilize a venda da energia excedente gerada, criando assim a possibilidade de retorno financeiro aos investimentos em geração distribuída, na área rural, a partir do potencial identificado na propriedade modelo para as fontes analisadas em seu tempo de vida útil.

O primeiro a ser analisado foi o sistema fotovoltaico, depois os biodigestores e, por fim, o eólico. Na Fig. 4 pode-se observar os resultados.

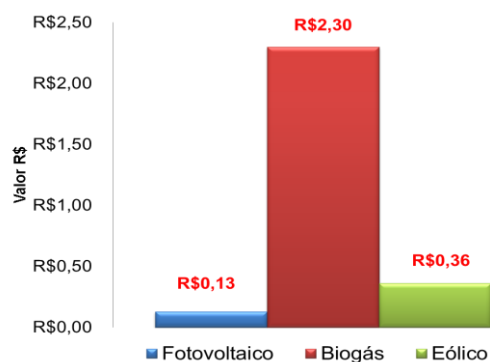


Figura 4 – Gráfico das tarifas que viabilizam os sistemas em sua vida útil

Embora os valores possam ser recuperados durante a vida útil, foi demonstrado anteriormente que esses valores não

retornam ganho financeiro. Assim, será realizada uma simulação com a intenção de encontrar o valor que viabilize a TIR para esse ponto de equilíbrio com o investimento em poupança.

Durante as simulações das viabilidades dos sistemas: fotovoltaico, biogás e eólico necessitou-se alterar o valor da tarifa em cada um dos sistemas, objetivando a viabilidade dos mesmos pelo método da TIR, conforme Tab. 7, 8 e 9.

Tabela 7 - Análise da viabilidade fotovoltaica

| Ano | Economia anual + venda créditos | Fluxo de Caixa R\$ |
|------------------|---------------------------------|--------------------|
| 0 | 0 | -75.816,00 |
| 1 | 9.210,77 | -66.605,23 |
| 8 | 9.210,77 | -2.129,86 |
| 9 | 9.210,77 | 7.080,91 |
| 10 | 9.210,77 | 16.291,68 |
| 19 | 9.210,77 | 99.188,59 |
| 20 | 9.210,77 | 108.399,36 |
| RESULTADO | | 5,03% |

A Tabela 7 apresenta o resultado de 5,03%, acima da TMA de 5%, tornando viável a implantação.

Tabela 8 - Análise da viabilidade biogás

| Ano | Economia anual + venda créditos | Fluxo de Caixa R\$ |
|------------------|---------------------------------|--------------------|
| 0 | 0 | -251.430,00 |
| 1 | 106.642,62 | -144.787,38 |
| 2 | 106.642,62 | -38.144,76 |
| 3 | 106.642,62 | 68.497,86 |
| 4 | 106.642,62 | 175.140,48 |
| 5 | 106.642,62 | 281.783,10 |
| RESULTADO | | 5,01% |

A Tabela 8 apresenta o resultado de 5,01%, acima da TMA de 5%, tornando viável a implantação do sistema de biodigestores na área rural.

Tabela 9 - Análise da viabilidade eólica

| Ano | Economia anual + venda créditos | Fluxo de Caixa R\$ |
|------------------|---------------------------------|--------------------|
| 0 | 175.976,59 | -1.450.000,00 |
| 1 | 175.976,59 | -1.274.023,41 |
| 7 | 175.976,59 | -218.163,86 |
| 8 | 175.976,59 | -42.187,26 |
| 9 | 175.976,59 | 133.789,33 |
| 10 | 175.976,59 | 309.765,92 |
| 11 | 175.976,59 | 485.742,51 |
| 12 | 175.976,59 | 661.719,10 |
| 19 | 175.976,59 | 1.893.555,25 |
| 20 | 175.976,59 | 2.069.531,84 |
| RESULTADO | | 5,01% |

A Tabela 9 apresenta o resultado 5,01%, acima da TMA de 5%, tornando viável a implantação do sistema eólico na área rural.

Resumindo as Tabelas 7, 8 e 9, obtém-se uma TMA superior a 5% a.a., com tarifa de: fotovoltaico a R\$ 0,35; biodigestores a R\$ 5,24; e eólico a R\$ 0,89.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para realizar o dimensionamento dos sistemas, fotovoltaico, biogás e eólico foi utilizada uma fatura de energia elétrica de uma propriedade rural de pequeno porte adotada como modelo por atender aos requisitos das fontes analisadas com uma média de consumo do último ano, totalizando em 1.729,25 kilo Watts hora mês (kWh/mês).

As três fontes renováveis avaliadas apresentaram capacidade de suprir a demanda de energia que a propriedade apresenta e gerar créditos junto à concessionária. Porém, seus custos de instalação e o potencial energético gerado reduzem o retorno financeiro do investimento. Para avaliar esse ponto, foram aplicadas técnicas de Engenharia Econômica.

Após definida a economia com a implantação dos sistemas e o investimento final de cada um deles, o estudo seguiu para as análises financeiras que definem a viabilidade ou inviabilidade. Conforme definido pela metodologia aplicada neste estudo, foram analisados os três investimentos.

Inicialmente foi aplicado o método *payback*, sendo que o sistema fotovoltaico foi o único que apresentou viabilidade, pois se pagou em 13,6 anos e o tempo de vida útil do sistema é de 20 anos, conforme Tab. 10.

Tabela 10 - Método *payback* simples para sistema fotovoltaico

| Ano | Retorno | Investimento R\$ |
|-----------|-----------------|------------------|
| 0 | 0 | -75.816,00 |
| 1 | 5.584,77 | -70.231,23 |
| 2 | 5.584,77 | -64.646,46 |
| 13 | 5.584,77 | -3.213,99 |
| 14 | 5.584,77 | 2.370,78 |
| 15 | 5.584,77 | 7.955,55 |
| 20 | 5.584,77 | 35.879,40 |

Para os demais, biodigestor e eólico conforme Tab. 11 e 12, pode ser afirmado que não viabilizam pelo *payback*, pois o tempo de retorno do investimento é bem maior que o tempo de vida útil do sistema em ambos os casos.

Tabela 11 - Método *payback* simples para sistema biogás

| Ano | Retorno | Investimento R\$ |
|-----------|-----------------|------------------|
| 0 | 0 | -251.430,00 |
| 1 | 5.584,77 | -245.845,23 |
| 21 | 5.584,77 | -134.149,83 |
| 28 | 5.584,77 | -95.056,44 |
| 44 | 5.584,77 | -5.700,12 |
| 45 | 5.584,77 | -115,35 |
| 46 | 5.584,77 | 5.469,42 |
| 47 | 5.584,77 | 11.054,19 |
| 48 | 5.584,77 | 16.638,96 |

Tabela 12 - Método *payback* simples para o sistema eólico

| Ano | Retorno | Investimento R\$ |
|------------|-----------------|------------------|
| 0 | 0 | -1.450.000,00 |
| 1 | 5.584,77 | -1.444.415,23 |
| 46 | 5.584,77 | -1.193.100,58 |
| 104 | 5.584,77 | -869.183,92 |
| 258 | 5.584,77 | -9.129,34 |
| 259 | 5.584,77 | -3.544,57 |
| 260 | 5.584,77 | 2.040,20 |
| 261 | 5.584,77 | 7.624,97 |

Para o sistema fotovoltaico, que apresentou viabilidade por *payback*, foi aplicado o método da TIR, sendo que apresentou

como resultado (- 9,99%), com isso, o sistema apresenta uma taxa de retorno muito inferior à TMA estipulada de 5%, tornando o mesmo inviável, conforme Tab.13.

Tabela 13 - Método TIR para os sistema Fotovoltaico

| Ano | Economia anual | Fluxo de Caixa R\$ |
|------------------|----------------|--------------------|
| 0 | 0 | -75.816,00 |
| 1 | 5.584,77 | -70.231,23 |
| 2 | 5.584,77 | -64.646,46 |
| 11 | 5.584,77 | -14.383,53 |
| 12 | 5.584,77 | -8.798,76 |
| 13 | 5.584,77 | -3.213,99 |
| 14 | 5.584,77 | 2.370,78 |
| 15 | 5.584,77 | 7.955,55 |
| 16 | 5.584,77 | 13.540,32 |
| 19 | 5.584,77 | 30.294,63 |
| 20 | 5.584,77 | 35.879,40 |
| RESULTADO | | -9,99% |

Para definir um método de integração entre as fontes de energias renováveis do meio rural com as regras da RN Aneel 687/2015 e para tornar possível a inserção da GD, realizou-se uma simulação que definiu valores para a tarifa de energia elétrica de cada um dos sistemas analisados, conforme demonstrado nas Tab. 7, 8 e 9.

Nas simulações realizadas buscou-se encontrar um valor de tarifa que retornasse um ganho superior à TMA estipulada de 5% a.a. Com isso, espera-se viabilizar financeiramente os investimentos em GD na área rural.

A Fig. 5 apresenta o resumo dos valores alcançados para as simulações realizadas.

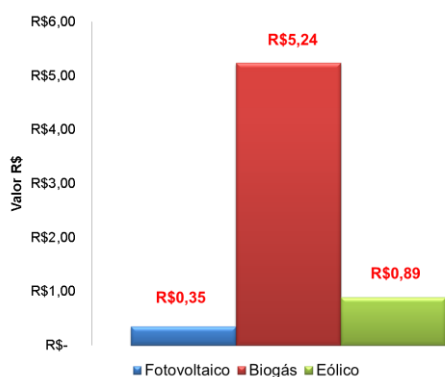


Figura 5 – Gráfico das Tarifas que viabilizam os sistemas de geração

Com esses resultados se obtém o ponto de equilíbrio para os investimentos na área de GD aplicado na área rural, recuperando os investimentos durante a vida útil dos sistemas e obtendo rendimento igual ou superior à taxa de rendimento anual da poupança.

VII. CONCLUSÃO

Com os valores dos resultados apresentados conclui-se o objetivo deste estudo: encontrar uma tarifa que viabilize a inserção da GD na área rural para os sistemas analisados.

Para tornar possível a inserção da GD na área rural, sugere-se uma alteração na RN 687 de 2015: autorizar a venda

da energia elétrica gerada nas propriedades rurais através de fontes renováveis por GD com valores superiores à tarifa atualmente praticadas.

Atualmente a geração de energia elétrica através de fontes alternativas só é permitida para o próprio consumo e o excedente acumula créditos junto à concessionária de distribuição para posterior utilização com prazo de 60 meses, pela própria unidade geradora. A sugestão da alteração permitirá realizar a venda dessa energia elétrica incentivando e viabilizando assim a produção de energia elétrica rural através das fontes renováveis que existem em abundância nestes locais e atualmente estão sendo desperdiçadas.

REFERÊNCIAS

- [1] CEPEA. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Nota técnica sobre os ajustes metodológicos do PIB do Agronegócio do Brasil. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasilero.aspx>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- [2] BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa n. 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2017.
- [3] FEPAGRO. **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Radiação Solar Global. Porto Alegre. Disponível em: <http://www.cemet.rs.gov.br/upload/201308161447268_radiacaosolar.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- [4] ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Mapeamento Nacional Aponta Minas como Líder na Geração Solar Fotovoltaica no País**. Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/mapeamento-nacional-aponta-minas-como-lider-na-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-no-pais.html>> Acesso em 27 jul. 18.
- [5] ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Brasil Atinge 250 MW em Geração Solar Distribuída**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/brasil-atinge-250-mw-em-geracao-solar-distribuida.html>> Acesso em 25 jul. 18.
- [6] RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Minas e Energia. **Atlas das Biomassas do Rio Grande do Sul para Produção de Biogás e Metano**. Lajeado: ed. Univates. Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/upload/arquivos/201608/31073746-atlas-das-biomassas.pdf>>. Disponível em: Acesso em: 05 jul. 2018.
- [7] AGDI. **Atlas Eólico do Rio Grande do Sul**. Atlas Eólico. Porto Alegre: Optográfica. Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/atlas-eolico-2016-03>>. Acesso em: 05 nov. 2017.
- [8] SZAMBERLAN, N. L. **Avaliação da Implantação de Energia Solar e Biogás como Fontes Alternativas de Energia Elétrica para uma Pequena Propriedade Rural**. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS. 2017.
- [9] ZAUZA, S. **Estudo para Encontrar Ponto de Equilíbrio Econômico na Implantação de Geração de Energia Elétrica com Fontes Renováveis na Área Rural**. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS. 2018.
- [10] OLIVEIRA, J. A. N. **Engenharia Econômica: uma abordagem às decisões de investimento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.