

Avaliação técnico-econômica da conversão da biomassa em eletricidade utilizando tecnologia da gaseificação

Cristina Aparecida Vilas Bôas de Sales

Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS 1303, cep: 37500-903, Pinheirinho. Itajubá- MG
Cristinasales@unifei.edu.br

Rubenildo Vieira Andrade

Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS 1303, cep: 37500-903, Pinheirinho. Itajubá- MG
ruben@unifei.edu.br

Electo Eduardo Silva Lora

Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS 1303, cep: 37500-903, Pinheirinho. Itajubá- MG
esl43@yahoo.com

Resumo: O artigo apresenta uma análise técnico-econômica da utilização da gaseificação de biomassa acoplada a diferentes acionadores primários, como os motores alternativos de combustão interna, microturbinas a gás, Motor Stirling e célula combustível. A faixa de aplicação de geração de eletricidade varia entre 50kW e 3MW. O artigo também apresenta uma análise de sensibilidade com relação ao preço da biomassa, ao custo de investimento, a tarifa média de energia elétrica e ao custo de O&M, sendo os cálculos realizados através de uma planilha Excel. Os resultados são apresentados em gráficos indicando o comportamento dos indicadores econômicos em função da variação dos custos de cada parâmetro reduzindo e aumentando em até 50% do valor calculado.

Palavras- Chaves: Biomassa, Gaseificadores, análise-econômica, análise de sensibilidade, geração de eletricidade

1. Introdução

No decorrer da história a energia foi a base do desenvolvimento das civilizações no que diz respeito a produção de alimento, bens de consumo, lazer e ao desenvolvimento econômico, social e cultural.

A cadeia produtiva de energia é dentre as atividades humanas uma das mais intensivas na degradação ao meio ambiente, principalmente pela emissão de poluentes e exploração de recursos naturais. (CEMIG, 2003). Devido aos problemas ambientais decorrentes da utilização de combustíveis fósseis as fontes alternativas de energia têm ganhado espaço tendo em vista que as tecnologias são menos agressivas ao meio ambiente.

Considera-se biomassa como todo material de origem orgânica tais como madeira, detritos animais e resíduos orgânicos. Atualmente são de grande interesse as florestas energéticas e resíduos agrícolas como cascas de arroz, serragem e bagaço de cana, (Nogueira e Lora, 2003). A fotossíntese é o processo no qual as plantas sintetizam compostos químicos para seu desenvolvimento a partir da energia irradiada pelo sol.

De acordo com LORA (1997) o Brasil é o país que melhor tem desenvolvido o aproveitamento da biomassa de ciclo curto (cana-açúcar) e ciclo longo (florestas). Segundo dados do Balanço Energético Nacional - BEN, (MME, 2005) no Brasil cerca de 43,9% da Oferta Interna de Energia tem origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo essa taxa é de 13,6% e nos países desenvolvidos é de apenas 6%. Os 56,1% restantes no BEN são de origens fóssil e outras fontes não renováveis. Da participação em energia renovável, 14,4% correspondem a geração hidráulica e 29,4% a biomassa.

As pesquisas no Brasil no setor de energia alternativas foram desenvolvidas com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira, diminuir a dependência por combustíveis fósseis e contribuir com a redução das emissões de gases de efeito estufa. O Brasil é um dos países com menor dependência em combustíveis fósseis onde quase toda energia elétrica do país é gerada a partir de usinas hidroelétricas, entretanto a produção hidroelétrica encontra-se em processo de estagnação e com isso aumenta a necessidade em busca de fontes alternativas de energia.

As fontes renováveis de energia não poderiam se desenvolver sem um incentivo governamental e por isso alguns programas foram criados para atender esse objetivo. Dentre estes programas se destacam o Proálcool, Proinfa e Probiodiesel, (Cadernos NAE, 2005).

Os processos de conversão energética de biomassa se classificam em termoquímicos e biológicos. Os termoquímicos se dividem em combustão, gaseificação, pirólise e liquefação, e os processos biológicos se dividem em fermentação e digestão. Dentre as tecnologias de conversão da biomassa em energia destaca-se a gaseificação de biomassa que é objeto de estudo desse trabalho.

2. Processo de Gaseificação de biomassa

Segundo McKendry (2002), a gaseificação é a conversão térmica da biomassa numa mistura gasosa (combustível) na presença de um agente oxidante em condições abaixo da estequiométrica. Os principais

compostos formados nesse processo são monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), metano (CH₄) e nitrogênio (N₂), com traços de C₂H₄, C₂H₆ e C₃H₆, bem como, alcatrão e particulado. A conversão é realizada através da oxidação parcial da biomassa à alta temperatura, geralmente entre 500-1100°C. O agente oxidante utilizado pode ser o ar, oxigênio puro ou vapor. O gás produzido num gaseificador cujo agente de oxidação é o ar tem um poder calorífico entre 4-6 MJ/Nm³, enquanto que se o agente for O₂ puro é possível obter um gás com cerca de 10-20 MJ/ Nm³. Esse gás é conhecido como gás pobre, devido ao seu baixo poder calorífico. (CIFERNO, 2002).

O processo de gaseificação da biomassa ocorre em equipamentos denominados gaseificadores, onde o gás passa por quatro zonas no interior do reator: secagem da biomassa, pirólise, combustão e redução. A umidade admitida da biomassa para o processo de gaseificação é de 5 a 25% que é removida à temperatura de 100°C na zona de secagem. A pirólise é uma zona do reator onde há a degradação térmica da biomassa na ausência de oxigênio. Esta é convertida em alcatrão, voláteis e sólidos (carvão) numa temperatura de cerca de 280-450°C. Num gaseificador de leito fluidizado não é possível definir estas zonas.

Segundo CIFERNO (2002), os gaseificadores podem ser classificados segundo a pressão em atmosféricos ou pressurizados, e segundo o tipo de leito como fixo ou fluidizado. O gaseificador de leito fixo se divide em concorrente, contracorrente e fluxo cruzado, e o de leito fluidizado se divide em borbulhante e circulante.

Tabela 1. Condições operacionais dos gaseificadores (Olofsson, 2005)

Tipo de Gaseificador	contracorrente	concorrente	Fluxo cruzado	Fluidizado borbulhante	Fluidizado circulante
Tipo de combustível	madeira	madeira	madeira	madeira	madeira
Alimentação de biomassa (ton/d) base seca	<10	<15	<1	5-180	10-110
Poder calorífico (MJ/Nm ³)	4 a 5 (ar)	5 (ar)	-	4,5 a 7,9(ar), 4 a 6 (ar e vapor) e 5.5-13 (O ₂ e vapor)	4 a 7 (ar)
Conteúdo de alcatrão (mg/Nm ³)	35000	500-1000	-	13500	baixo
Agente gaseificador	Ar, oxigênio ou vapor	Ar, em alguns casos pode-se usar vapor	ar	ar, oxigênio, vapor	ar, oxigênio, vapor
Pressão (bar)	Atmosférica	Atmosférica	Atmosférica	1 a 35	1 a 19
Temperatura (°C)	300-1000	300-1000	300-1000	650-950	800-1000

Gaseificador de leito fixo: Esse sistema apresenta a vantagem de utilizar uma tecnologia simples, porém há um limite de dimensionamento à planta de 10-15 ton biomassa seca por dia, e normalmente opera numa temperatura de 1000°C. Dependendo da direção do fluxo do ar, os gaseificadores de leito fixo são classificados em: contracorrente (“updraft”), concorrente (“downdraft”) ou fluxo cruzado (“cross-flow”). São sistemas simples e eficientes trabalhando com combustíveis de alta densidade e granulometria (10-100 mm), sendo indicado para gaseificar madeira e carvão, havendo projetos desenvolvidos na China com cascas de arroz.

Gaseificador de leito fluidizado: este sistema tem vantagem de fornecer uma distribuição uniforme da temperatura, possibilita um bom contato entre sólido e gás e uma boa circulação das partículas de biomassa além de alta velocidade de reação. Esse tipo de gaseificador normalmente utiliza um leito de areia com granulometria média de 250µm, que geralmente intensifica a troca de calor entre as partículas aumentando a eficiência do processo. O gaseificador de leito fluidizado permite trabalhar com uma ampla faixa de combustíveis sólidos, além de ser um sistema de maior capacidade produtiva. Esse tipo de gaseificador é classificado em leito fluidizado borbulhante (LFB) e em leito fluidizado circulante (LFC), podendo ser atmosférico ou pressurizado.

A Tabela 1 apresenta as principais condições operacionais dos diferentes tipo de gaseificadores.

3. Composição do gás e sistema de limpeza

Os gases produzidos a partir do processo de gaseificação contêm impurezas como voláteis, alcatrão, amônia, ácido cianídrico dependendo do tipo de tecnologia empregada, que podem causar graves problemas durante a operação dos equipamentos que utilizam este gás. A concentração de contaminantes varia de acordo com o gaseificador utilizado, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Características do gás produzido no gaseificador visando sua aplicação em turbinas a gás.

Tipo de Gaseificador	Agente gaseificador	Composição do gás					PCS (MJ/Nm ³)	Qualidade do gás	
		H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂		Alcatrão	Particulados
Leito Fluidizado	ar	9	14	20	7	50	5.4	médio	pobre
Contracorrente	ar	11	24	9	3	53	5.5	pobre	bom
Concorrente	ar	17	21	13	1	48	5.7	bom	médio
Concorrente	O ₂	32	48	15	2	3	10.4	bom	bom

O gás antes de ser utilizado em sistema de geração de potência deve passar por uma etapa de remoção dos poluentes devendo atender padrões de qualidade ambiental. A escolha do sistema de limpeza dos gases depende de uma série de fatores como a eficiência, o nível de emissão desejado, o custo operacional e de investimento, o espaço disponível, a temperatura, a característica do gás, o tamanho das partículas de biomassa, entre outros.

Tabela 3. Redução do teor de alcatrão e particulados utilizando diferentes sistemas de limpeza (Hasler e Nussbaumer, 1999)

Sistema de Limpeza	T (°C)	Redução do teor de particulados (%)	Redução do teor de alcatrão (%)
Filtro de areia	10 a 20	70 a 99	50 a 97
Torre de lavagem	50 a 60	60 a 98	10 a 25
Lavador Venturi	-	-	50 a 90
Precipitador eletrostático	40 a 60	>99	0 a 60
Filtro de mangas	130	70 95	0 a 50
Absorvente de alcatrão de leito fixo	80	-	50
Craqueamento catalítico	900	-	>95

4. Aplicação do gás

O gás de biomassa gerado em gaseificadores tem diversas aplicações entre as quais podemos citar: a utilização em queimadores de caldeiras para gerar vapor; a queima em secadores para secagem de peças cerâmicas; a queima em câmaras de combustão de motores de combustão interna (Diesel e Otto) e externa (Stirling), turbinas a gás, e células combustíveis.

A utilização do gás de biomassa na geração de energia elétrica pode ser feita através de diferentes tecnologias, entretanto algumas alternativas são mais viáveis que outras devido a fatores econômicos e também pela qualidade do gás requerida por cada equipamento, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Qualidade do gás requerida para diferentes aplicações tecnológicas

Teor de compostos	Unidade	Motor de combustão interna	Turbina a gás	Células a combustível
Particulados	mg/Nm ³	<50	<30	-
Alcatrão	mg/Nm ³	<100	-	<1
Metais alcalinos	mg/Nm ³	-	<0,25	-
NH ₃	mg/Nm ³	<55	<0,25	-

5. Acionadores primários

O sistema de geração de eletricidade engloba diferentes tipos de tecnologias, cuja análise incluirá de um motor de combustão interna, combustão externa (Motor Stirling), microturbinas e célula combustível. As características das diversas tecnologias são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5.Comparação entre os acionadores primários (LENSUS & ALAKANGAS, 2004)

Dados Técnicos	Microturbina	Motor Stirling	Motor de combustão interna	Célula Combustível
Potência (kW)	15-10000	25-250	10-150	50 a 3000
Eficiência elétrica (%)	30-38	15-35	15-35	33-50
Eficiência térmica (%)	45-50	50-60	60-80	-
Eficiência total (%)	75-85	75-85	80-90	-
Produção de calor (°C)	85-100	85-100, vapor	60-80	-
Tempo de operação (h)	25000-60000	50000-75000	50000-60000	-
Custo específico do equipamento (US\$/kW)	300-1000 (micro) 400-650 (turbina)	3000	500-1000	1000-4000

5.1 Motor de combustão Interna

De acordo com VIANNA JÚNIOR (2001), uma tecnologia muito difundida em escala comercial são os motores alternativos de combustão interna devido ao seu reduzido custo de instalação, simplicidade e fácil manutenção, e podem ser operados com gás proveniente da gaseificação de biomassa.

Segundo BRIDGWATER (2002) um problema notável da utilização dessa tecnologia é com relação à remoção de particulados e alcatrão do gás para ser utilizado nos motores. O gás deve ser resfriado a aproximadamente 150°C e passar por um lavador para remoção do alcatrão, do material particulado e composto contendo nitrogênio e fósforo para ser utilizado no motor.

5.2 Motor Stirling

O motor Stirling consiste de um motor alternativo a pistão movido por fonte externa de calor e de forma semelhante a ciclos de vapor utiliza sistema fechado de expansão dos gases para obter potência mecânica, sendo que a eficiência do motor depende da temperatura do gás.

O motor Stirling pode ser movido por qualquer fonte capaz de fornecer calor para seu acionamento, desde combustíveis fósseis até renováveis, sendo que esta tecnologia não precisa de resfriamento do gás e nem de sistema de limpeza.

O sistema gaseificador acoplado a motor Stirling (Figura 1) apresenta uma eficiência global de 17,7%, sendo que a eficiência elétrica do motor Stirling é de cerca de 30,6%, uma vez que parte da energia é perdida na etapa de combustão ou na transferência de calor, (JENSEN).

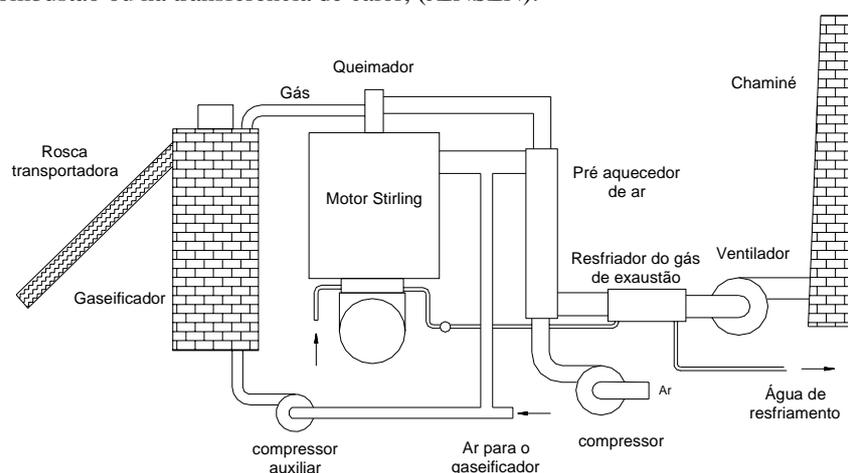


Figura 1.Sistema gaseificador acoplado a motor Stirling (JENSEN & CARLSEN)

5.3 Turbina a Gás

A turbina a gás é uma máquina térmica na qual se aproveita diretamente a energia liberada na combustão, armazenada nos gases produzidos que se expandem gerando eletricidade, apresentando eficiência em torno de 20 a 25%.

De acordo com LENSUS & ALAKANGAS (2004), são denominadas microturbinas as turbinas com capacidade elétrica entre 25 kWe a 250 kWe, e de turbinas as de capacidade superior a 250kWe. As microturbinas se caracterizam por serem do tipo radial operando com velocidade de rotação nominal e por terem mancais suspensos a ar de ligas metálicas e cerâmicas resistentes a altas temperaturas e de componentes eletrônicos de alta potência.

Uma turbina a gás pode ser operada com gás de gaseificação de biomassa, embora a integração entre a turbina e o gaseificador ainda não se apresente em escala comercial, havendo poucos projetos demonstrativos. Nessa tecnologia devem ser considerados alguns fatores como a operação da turbina com um gás de baixo poder calorífico, deve ser determinada a pressão de operação do gaseificador e a integração do fluxo de ar e de combustível com o resto do sistema, a limpeza e resfriamento do gás, e deve ser considerado o sistema de turbina a gás em ciclo combinado para aumentar a eficiência do processo.

5.4 Célula Combustível

De acordo com Fuel Cell Handbook (2002), as células a combustível são dispositivos que convertem a energia química de uma reação envolvendo hidrogênio e ar em eletricidade.

Uma célula consiste de dois eletrodos (ânodo e cátodo) separados por um eletrólito de diferentes composições químicas, onde o H₂ passa pelo ânodo e o O₂ pelo cátodo.

Segundo NATH (2003) o produto da reação de gaseificação expressa na Eq. (1) é submetida à reação de deslocamento expressa pela Eq. (2) para obter hidrogênio e ser aplicado em célula combustível. Antes das reações de deslocamento o gás produzido no gaseificador deve passar por uma etapa de limpeza para remoção do alcatrão e do material particulado.

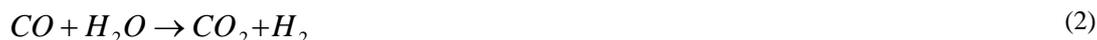


Tabela 6. Características de diferentes tipos de células combustíveis (Fuel Cell Handbook, 2002)

Tipos de células	Alcalina (AFC)	Membrana de Troca de Próton (PEM)	Ácido Fosfórico (PAFC)	Carbonato (MCFC)	Oxido de sólido (SOFC)
Eletrólito	Solução aquosa alcalina de hidróxido de potássio	Polímero ácido orgânico poli-perfluorosulfônico	Ácido fosfórico estabilizado	Solução carbonato Molten	Eletrólito sólido de cerâmica
Unidade de potência típica (kW)	<<100	0.1-500	5 -200 (plantas de até 5000)	800-2000 (plantas até 100000)	2.5-100000
Eficiência Elétrica	até 70%	até 50%	40 -45%	50-57%	45-50%
Custo específico (\$/kW)	-	4000	3000-3500	800-2000	1300-2000
Disponibilidade Comercial	Não disponível para cogeração	P&D	sim	P&D	P&D
Temperatura de Operação (°C)	71 - 98	48 - 98	160 - 210	676	815 - 982
Pressão de Operação (bar)	-	1.013 - 5.10	1.013 - 8.13	1.013 - 3.033	1.013 - 10.34
Aplicações	Espacial e militar	Geração de energia, ônibus, propulsão automotiva e	Geração de energia	Geração de energia	Geração de energia

A Tabela 6 apresenta as características dos diferentes tipos de células combustíveis. O sistema gaseificador/células MCFC deve apresentar eficiência de 32- 43,5%, e o tipo SOFC a eficiência prevista é de 54,4%.

6. Análise técnico-econômica da Gaseificação de Biomassa

Dentre as possibilidades tecnológicas para conversão de biomassa em eletricidade em pequena escala serão consideradas algumas rotas tecnológicas as que serão objetos de uma análise técnico-econômica. As tecnologias empregadas nessa análise podem ser divididas em dois cenários e englobam dois tipos de gaseificadores, os de leito fixo e os de leito fluidizado, sendo respectivamente acoplados a acionadores primários.

- Sistema gaseificador/ motor alternativo de combustão interna (Gás/MACI)
- Sistema gaseificador/ motor Stirling (Gás/ MS)
- Sistema Gaseificador/ Célula Combustível (Gás/ CC)
- Sistema Gaseificador /Turbina a gás (Gás/TG)

Os cálculos foram efetuados considerando a taxa de cambio em 2,2R\$/US\$, a taxa de juros 12%, tempo de operação definido em 6570 horas por ano, o gás com um poder calorífico de 5,6 MJ/kg.

A tarifa média de compra de energia elétrica foi estimado em 150R\$/MWh de acordo com dados obtidos do último leilão de energia (2005), a relação gás combustível no gaseificador igual a 2,46. A biomassa considerada na análise é a casca de arroz para gaseificador de leito fluidizado e madeira para gaseificador de leito fixo, considerando cerca de 20R\$/t de casca de arroz e 40R\$/t de madeira.

Os resultados obtidos na análise técnico - econômica são representados pelas variantes TIR, custo de energia gerada em R\$/MWh e investimento específico em R\$/kW instalado para cada tecnologia analisada.

Na Figura 2 observa-se que a tecnologia com maior taxa interna de retorno considerando as diferentes faixas de potência e também o tipo de gaseificador é o motor alternativo de combustão interna, seguindo para a turbina a gás. O motor Stirling e a célula combustível apresentaram valores muito baixos da TIR e, portanto considerou-se a tarifa média de compra em torno de 300 e 400 reais respectivamente.

De acordo com as figuras Figura 3 e Figura 4 o custo de geração de energia e o custo de investimento específico foi menor para o motor e a turbina enquanto que os custos são altos para o motor Stirling e a célula combustível, em todas as faixas de potência para os dois tipos de gaseificadores.

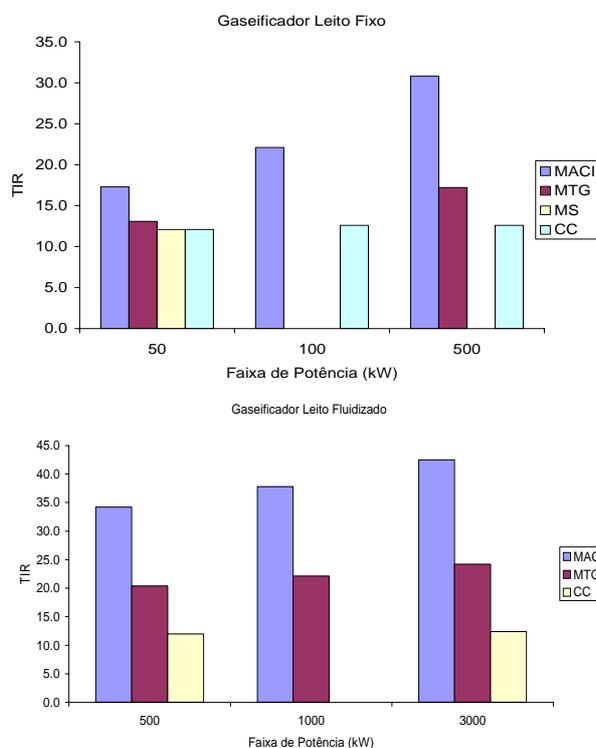


Figura 2. Valor da TIR em função das faixas de potência e do tipo de gaseificador

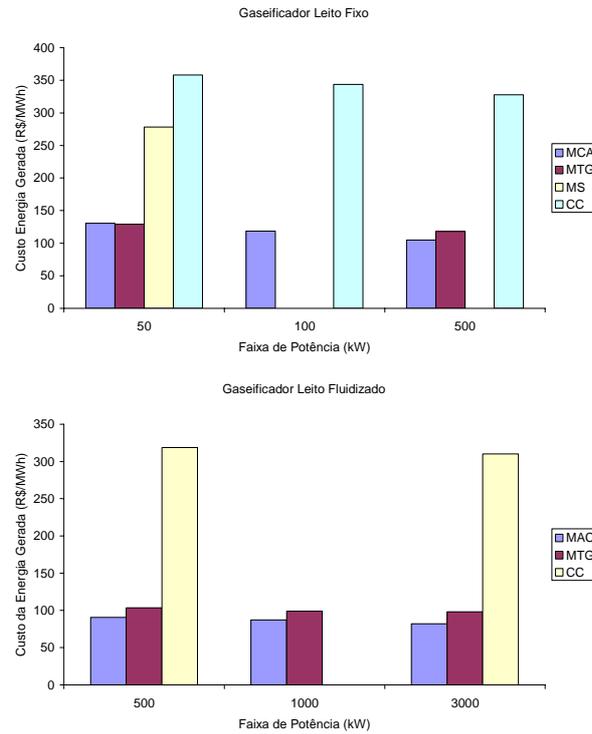


Figura 3. Custo da energia gerada em função das faixas de potência, das tecnologias consideradas e do tipo de gaseificador

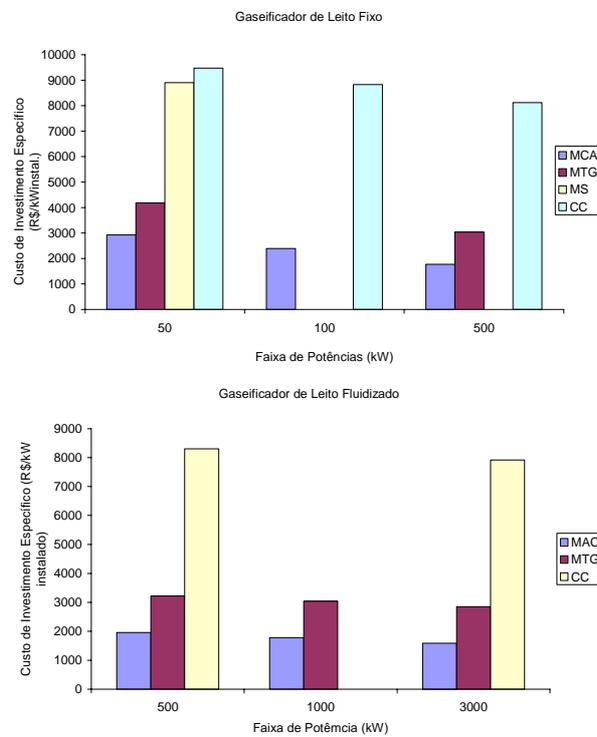


Figura 4. Custo de Investimento Especifico em função das faixas de potência e do tipo de gaseificador

Para se analisar o comportamento dos indicadores frente a uma variação no preço da biomassa, no custo de O&M, no custo de investimento e na tarifa média de compra de energia elétrica foi realizado um estudo de sensibilidade aumentando e reduzindo os valores dos parâmetros em 50% ao cálculo base.

Os resultados para o gaseificado do tipo leito fixo são apresentados nas figuras Figura 5, Figura 6 e Figura 7, e as figuras Figura 8, Figura 9 e Figura 10 apresentam a análise para os gaseificadores de leito fluidizado.

Pelas figuras apresentadas da análise de sensibilidade verifica-se maior influência no custo de investimento. Quando se aumenta em 50% o custo de investimento nota-se reduzido valor para a TIR especialmente para as tecnologias mais caras como motor Stirling e célula combustível há um declive muito acentuado desse parâmetro. Esse comportamento é mais acentuado para as tecnologias de pequena escala (<500kW).

Os outros parâmetros como custo O&M, preço da biomassa e tarifa média não apresentou variação tão acentuada como apresenta o custo de investimento específico. Nota-se uma pequena variação nos parâmetros, mas nada que influencie significativamente o valor da TIR para as tecnologias analisadas.

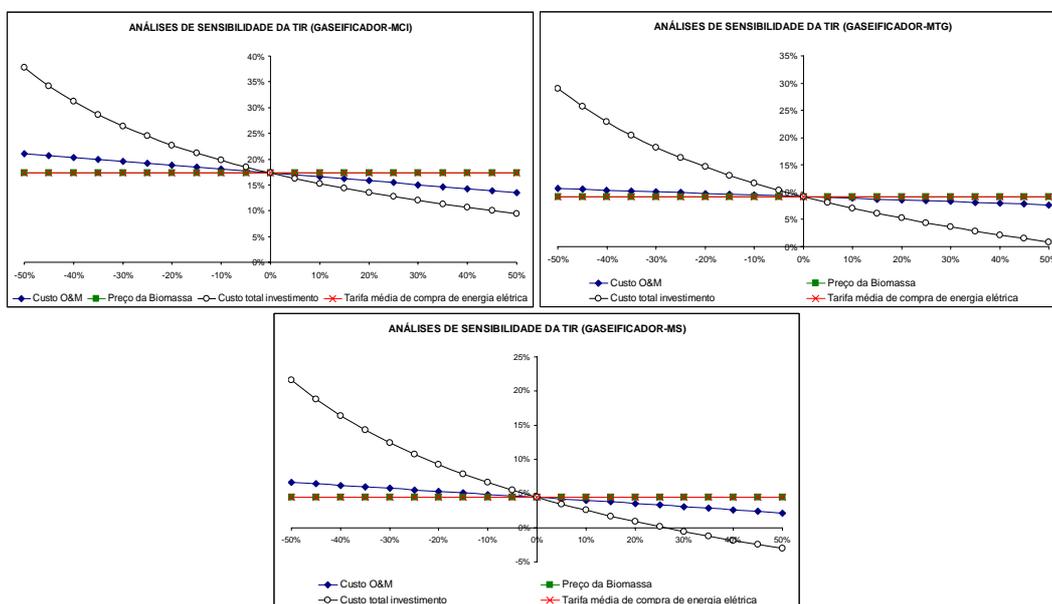


Figura 5. Análise de sensibilidade para potência de 50kW utilizando um gaseificador de leito fixo

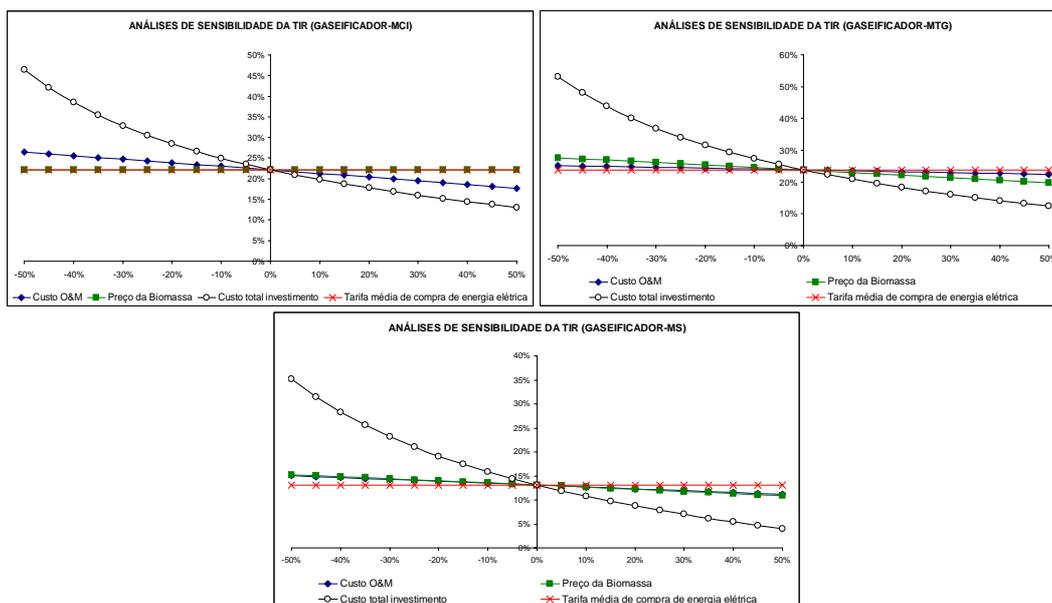


Figura 6. Análise de sensibilidade para potência de 100kW utilizando um gaseificador de leito fixo

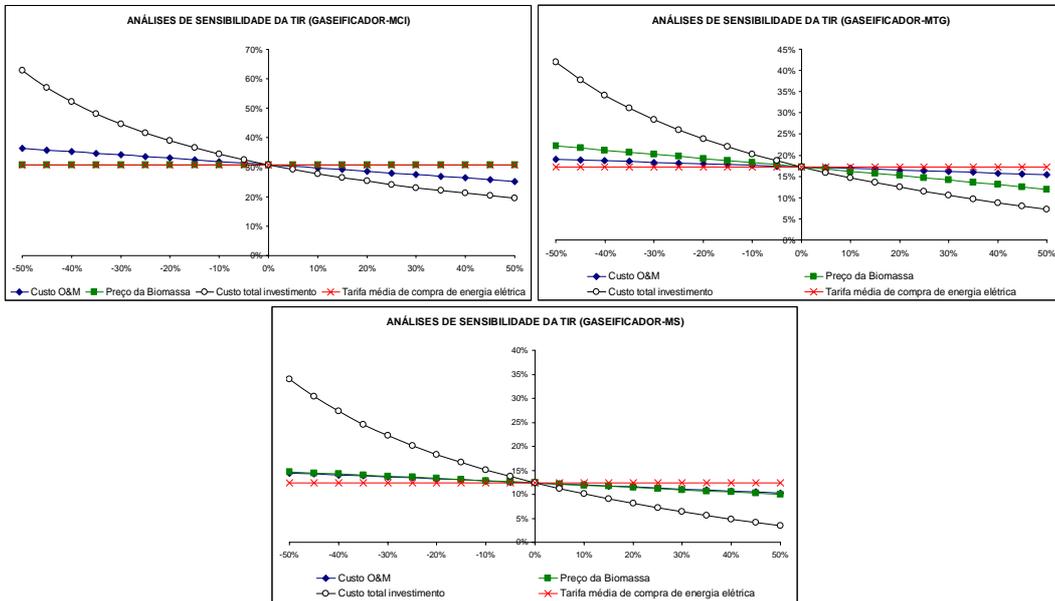


Figura 7. Análise de sensibilidade para potência de 500kW utilizando um gaseificador de leito fixo

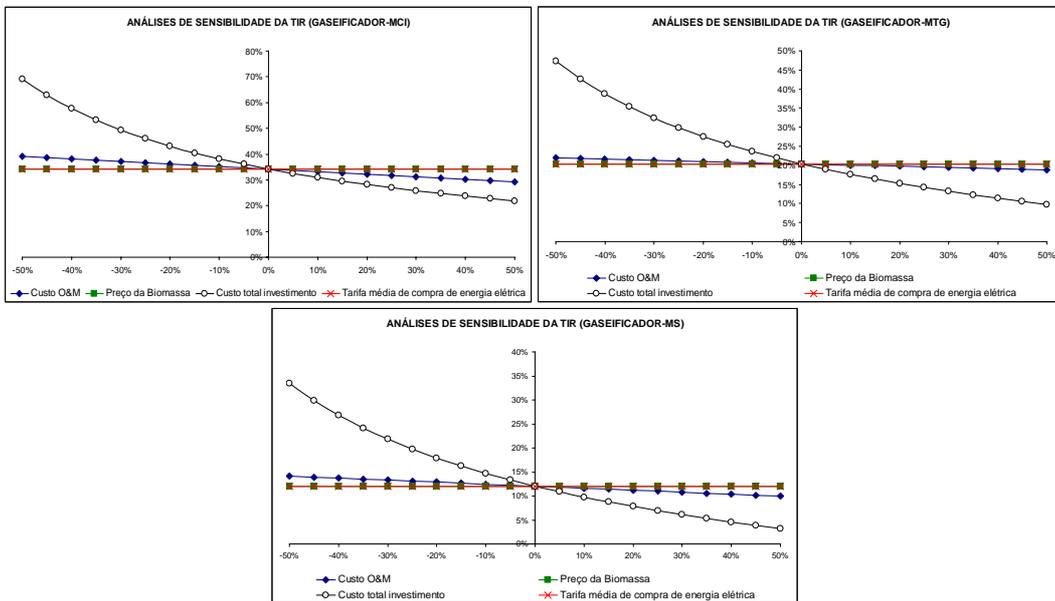


Figura 8. Análise de sensibilidade para potência de 500kW utilizando um gaseificador de leito fluidizado

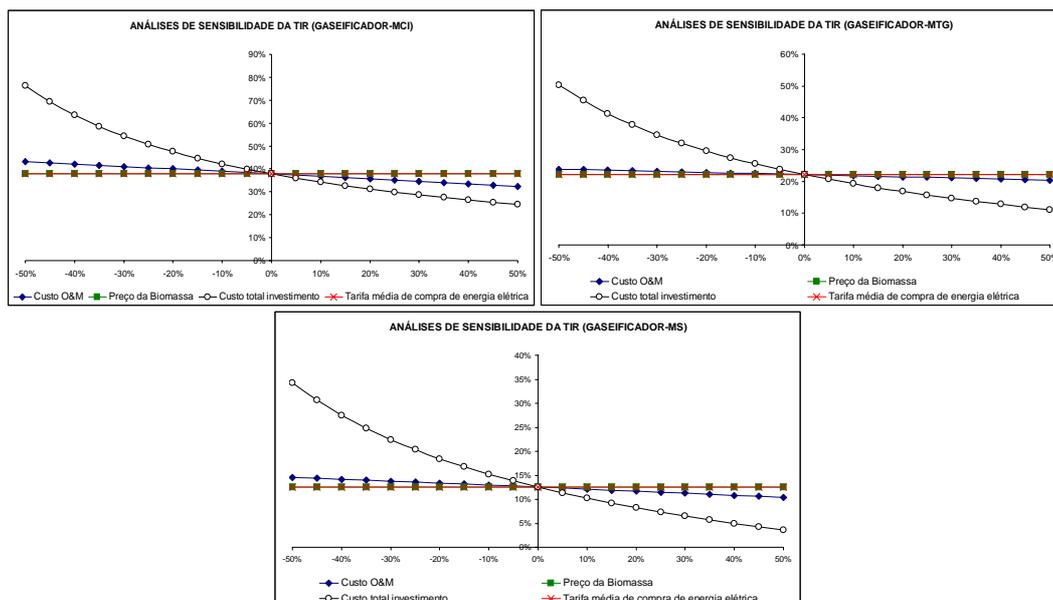


Figura 9. Análise de sensibilidade para potência de 1000kW utilizando um gaseificador de leito fluidizado

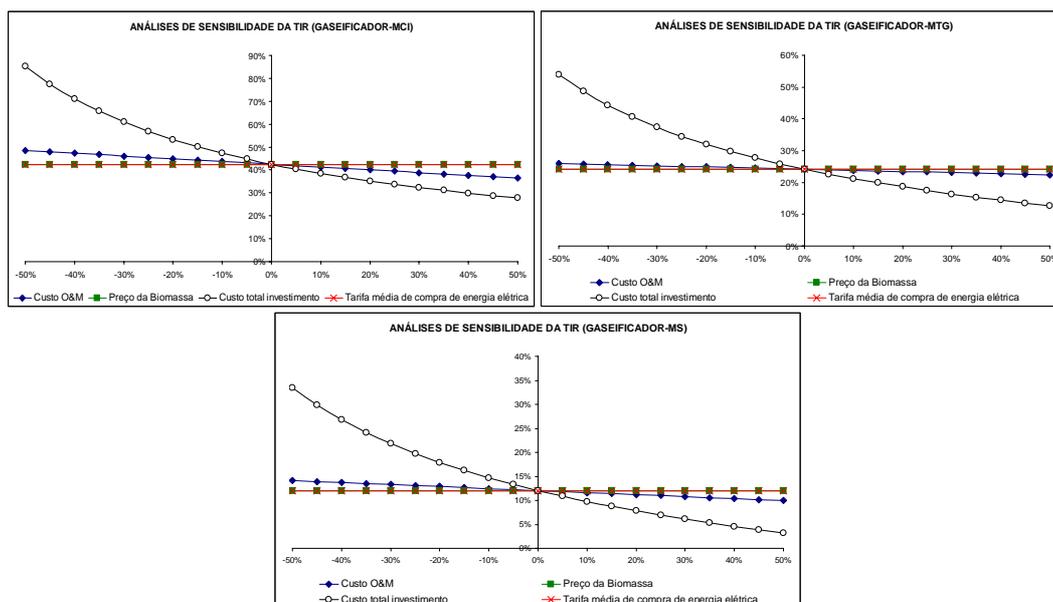


Figura 10. Análise de sensibilidade para potência de 3000kW utilizando um gaseificador de leito fluidizado

6. Conclusões

Os resultados da análise técnico-econômica apresentam valores da taxa interna de retorno (TIR), custo de geração de eletricidade e custo de investimento específico muito diferente entre as faixas de potência e entre as tecnologias consideradas, entretanto não apresentou valores muito diferentes entre os tipos de gaseificadores analisados.

A tecnologia que apresenta maior viabilidade econômica é o motor alternativo de combustão interna uma vez que possui maior taxa interna de retorno, menor custo de geração de energia e menor custo investimento específico comparadas às outras tecnologias. Entretanto há valores mais atrativos para faixa de potência entre 500kW e 3MW.

A tecnologia gaseificador/ microturbina a gás apresentou valores favoráveis de viabilidade aproximando-se dos sistemas de motores alternativos, enquanto que para o motor Stirling e célula combustível a taxa interna de retorno é muito baixa, e os custos de geração de energia e investimento específico são elevados.

A análise econômica mostrou que para tecnologias emergentes como o motor Stirling e a Célula Combustível tornarem-se viáveis o valor da tarifa média de compra de energia elétrica deveria ser em torno de 300 e 400R\$/MWh respectivamente, e o tempo de retorno de aproximadamente 10 anos. Isso pode desencorajar os investimentos nesse tipo de tecnologia uma vez que a tarifa média de energia gira em torno de 150R\$/MWh, entretanto na análise não foi considerada o ciclo de vida, o que poderia conduzir a valores mais adequados.

Também deve ser considerado que as tecnologias analisadas estão em fase de desenvolvimento, não tendo atingido uma escala comercial.

Alguns autores prognosticam num período de 10 – 15 anos custos específicos para os acionadores motor Stirling e célula a combustível na ordem de 3300R\$/kW (1500U\$/kW). Nesse caso o tempo de retorno desses investimentos estaria na faixa de 4,3 e 3 anos.

Da análise de sensibilidade realizada pode-se concluir que o parâmetro que mais influencia o custo de geração de eletricidade a partir das tecnologias consideradas é o custo de investimento específico que apresentou acentuada flutuação frente a variação do preço base. Verifica-se que para geração de eletricidade a partir da gaseificação de biomassa os preços dos equipamentos e instalação ainda devem ser reduzidos para sem competitiva as tecnologias que utilizam combustíveis fósseis.

7. Referências

- Bridgwater, A.V., "The Technical and Economic Feasibility of Biomass Gasification for Power Generation", Fuel, vol.74, nº5, pp.631-653, 1995.
- Bridgwater, A.V., Toft, A. J., Brammer, J. G. "A Technico-economi comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion", Renewable and Sustainable Energy Reviews, nº6, pp.181-248, 2002.
- Cadernos NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República - nº4, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005.
- Cemig, "Análise da Geração de Energia a partir da Biomassa" Belo Horizonte, 2003.
- Ciferno, J. P.; Marano, J. J. "Benchmarking Biomass Gasification Technologies for Fuels, Chemicals and Hydrogen Production", Departamento de Energia dos Estados Unidos e National Energy Technology Laboratory. Junho 2002.
- Fuel Cell Handbook, – Sexta Edição "US-DOE/NETL, Novembro, 2002".
- Hasler, P.; Nussbaumer, Th. "Gas cleaning for IC engine application from fixed bed biomass gasification", Biomass and Bioenergy, vol 16, pp. 385-395, 1999.
- Jensen, N.; Werling, J.; Carlsen, H.; Henriksen, U. "CHP From Updraft Gasifier and Stirling Engine", 12th European Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Amsterdam June 2002, pp. 726-729
- Lensu, T., Alakangas, E., (2004), "Small-scale Electricity Generation from Renewable Energy Sources. A glance of Selected Technologies, their Market Potential and Future Prospects"-VTT.OPET Report 13.
- McKendry, P. Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. Bioresource Technology. 2002.
- MME, "Balanço Energético Nacional 2005", Secretaria de Energia, Ministério de Minas e Energia, 2005.
- Nath, K., Das, D. "Hydrogen from Biomass" Current Science, Vol. 85, nº03, 2003
- Nogueira, L. A. H.; Lora, "Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações". 2ª edição, 2003
- Olofsson, I; Nordin, A.; Söderlund U. "Initial Review and Evaluation of Process Technologies and Systems Suitable for Cost-Efficient Medium-Scale Gasification for Biomass to Liquid Fuels", março 2005
- Vianna Júnior, A.L., Vieira, L. S. R., Soares, G. F. W., Nascimento, M. V. G.; (2001), "Estudo Comparativo de Microsistemas de Geração Baseados em Combustíveis", CEPTEL.

TECHNO ECONOMIC EVALUATION FOR ELECTRICITY GENERATION FROM BIOMASS GASIFICATION

Cristina Aparecida Vilas Bôas de Sales

Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS 1303, code: 37500-903, Pinheirinho. Itajubá- MG
cristinasales@unifei.edu.br

Rubenildo Vieira Andrade

Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS 1303, code: 37500-903, Pinheirinho. Itajubá- MG
ruben@unifei.edu.br

Electo Eduardo Silva Lora

Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS 1303, code: 37500-903, Pinheirinho. Itajubá- MG
esl43@yahoo.com

Abstract: This paper presents a techno-economical evaluation of the biomass gasification utilization with different technologies such as: reciprocating engine, gas microturbine, Stirling engine and fuel cells. The power range for electricity generation is considered between 50kW and 3MW. The paper shows the sensibility analysis about fuel price, investment, electric energy tax and O&M costs, and the calculation are realized in excel. The results are presented in graphs having indicated the behavior of the economic indicators in function of the variation of the costs of each parameter reducing and increasing in up to 50% of the calculated value.

Keywords: biomass, gasifiers, techno-economic evaluation, sensibility evaluation, electricity generation