

ESTUDO DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS: GASEIFICADORES DOWNDRAFT

Ricardo da Silva Ribeiro

Universidade de Brasília -UnB
ribeiro_enm@yahoo.com.br

Carlos Alberto Gurgel Veras

Universidade de Brasília -UnB

Abstract. O artigo refere-se ao estudo da geração energética por fontes alternativas, através do uso de resíduos florestais. O estudo é baseado especificamente no uso de gaseificadores downdraft estratificados. A vantagem desse tipo de gaseificador deve-se ao fato de que a quantidade de alcatrão produzida é bem menor do que os convencionais utilizados, principalmente aos que foram usados no período da Segunda guerra mundial. Apesar da gaseificação não ser um processo novo, atualmente o maior interesse deve-se principalmente à limpeza e versatilidade do combustível gerado quando comparado aos combustíveis sólidos. A limpeza se refere à remoção de componentes químicos tóxicos. A versatilidade se refere à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna.

Keywords: Gaseificador Downdraft estratificado, Biomassa, Ciclo Otto.

1. Introdução

Este estudo apresenta os resultados de uma investigação experimental de um gaseificador de biomassa downdraft estratificado.

Na gaseificação, o objetivo do processo é a conversão do combustível sólido, biomassa, em gás combustível, através da sua oxidação parcial a temperaturas elevadas. Este gás, conhecido como gás pobre, é um energético intermediário, e é usado em outro processo de conversão, a fim de gerar potência mecânica, adequando-a a sistemas em que a biomassa sólida não pode ser utilizada diretamente. Basicamente, neste tipo de processo, a proporção na composição dos combustíveis no gás resultante é:

- 10 e 15% de monóxido de carbono;
- 15 a 20% de hidrogênio;
- 3 e 5% de metano.

No gaseificador Downdraft o ar e o gás fluem no sentido para baixo, na mesma direção que o combustível, Fig. 1. Esse sentido de operação faz toda a diferença na utilização de um combustível com elevado teor de matéria volátil, isso porque neste tipo de gaseificador, o ar injetado pode queimar até 99,9% do alcatrão liberado pelo combustível.

Como o ar introduzido no gaseificador encontra primeiro a biomassa não queimada, a temperatura máxima ocorrerá na fase gasosa, na região de pirólise flamejante. O material sólido localizado logo acima da região de pirólise sofre um pré-aquecimento (zona de secagem) e secagem, principalmente pela troca de calor por radiação com a zona de pirólise flamejante. Materiais com umidade elevada apresentam dificuldades de aquecimento e secagem devido à evaporação da água contida no interior das partículas, que retarda ou impede a formação da região de pirólise, levando à formação de gases com alto teor de alcatrão.

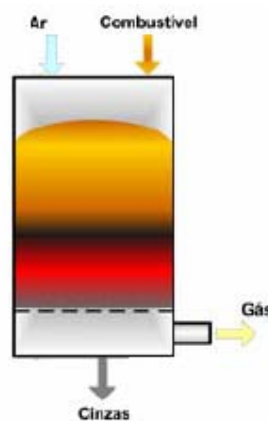


Figura 1. Gaseificador Downdraft Estratificado.

Conforme a biomassa atinge uma determinada temperatura, geralmente superior a 200°C, ela começa a liberar os combustíveis voláteis, que ao entrarem em ignição com o ar descendente, forma uma chama em volta das partículas que passam a queimar mais intensamente devido às trocas de calor com a própria chama, até o esgotamento de toda matéria volátil, restando apenas uma pequena percentagem de carvão vegetal.

Os gases ricos e aquecidos desta região reagem com o carvão vegetal a uma temperatura média de 1000°C, gerando mais CO e H₂. Conforme as reações presentes nesta região são endotérmicas a temperatura do gás cai, encerrando as reações de gaseificação.

Cerca de 4 a 7% do carbono do combustível adicionado para o processo não são utilizados, sendo coletados pela grelha na forma de cinza.

2. Metodologia Experimental

2.1. Descrição do sistema de gaseificação Downdraft Estratificado

O aparato para o experimento é constituído de um sistema de gaseificação com um leito fixo (A), um reservatório de cinzas (B), sistema de limpeza dos gases composto de um ciclone (C) e um filtro seco (D) juntamente com um motor de combustão interna (E) operando segundo o Ciclo Otto conforme Fig. 2.

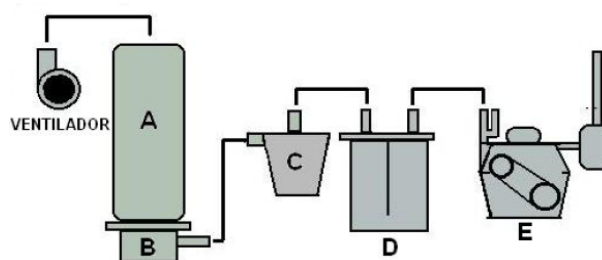


Figura 2. Bancada do Sistema de Gaseificação.

2.2. Sistema de Alimentação

O sistema de alimentação do gaseificador foi realizado manualmente com a inserção de uma carga total, ou seja, o valor de biomassa equivalente à coluna de retenção, que fica limitada pela presença da grelha.

Para o conhecimento da taxa de consumo do combustível operou-se o gaseificador com apenas uma carga que foi suficiente para funcionar o motor de combustão interna durante a execução dos ensaios. O motor teve o seu funcionamento estabilizado a uma rotação de 2000 rpm com um período de duração de 15 minutos. Feito isto, se interrompe o processo e realiza-se a pesagem da biomassa restante, obtendo o seu consumo em kg/h.

No processo, os briquetes foram utilizados como combustível sólido. A sua composição corresponde a uma fração de 2/3 cavacos de madeiras para 1/3 de casca de arroz. Os briquetes foram produzidos através do processo de briquetagem à extrusão no Laboratório de Produtos Florestais localizado no IBAMA.

A vantagem em utilizar os briquetes está no fato de que o mesmo apresenta uma grande quantidade de energia condensada, além de possuir uma forma geométrica apropriada, o que possibilita a diminuição da criação de veios preferenciais de passagem de ar, os quais resultam em uma queima não uniforme no reator prejudicando a formação das zonas de queima.

2.3. Suprimento de Ar

O ar inicialmente foi insuflado na entrada superior do reator com a ajuda de um ventilador. Esse procedimento é feito até que o sistema de queima entre em regime permanente, o que leva cerca de 20 a 30 minutos.

Com o gaseificador já aceso e produzindo gás combustível, desliga-se o ventilador. Dessa forma o gaseificador operará sob pressão atmosférica, onde o ar ao invés de ser insuflado será aspirado pelo próprio motor, como resultado do movimento do pistão.

Na alimentação de ar para o motor teve-se que realizar algumas modificações. Foi retirado o seu carburador e acoplado em seu lugar um misturador de gás. O misturador é uma peça bem simples composta por uma entrada onde será acoplada a mangueira que fornecerá o gás de biomassa vinda do gaseificador e por um bocal onde haverá uma válvula borboleta que controlará a entrada de ar.

2.4. Reator

O reator é um cilindro de 1200 mm de altura e 325 mm de diâmetro. No seu corpo existem cinco orifícios ao longo do seu comprimento de forma que se possa fazer o monitoramento da temperatura e assim estimar o início das zonas de pirólise, combustão e gaseificação.

Para a medição foram utilizados termopares do Tipo K, por serem os mais recomendados para medições à alta temperatura, como as que ocorrem no gaseificador.

As leituras são iniciadas somente quando ocorre a estabilização do comportamento da queima no reator. Isso, para que se possa conhecer à que temperaturas estão expostas às reações que ocorrem no processo.

2.5. Motor de combustão Interna

O primeiro fator a ser observado é a adequação do tamanho do gaseificador à potência do motor. Para os gaseificadores tipo Imbert e estratificado, a Tab. 1 apresenta alguns valores característicos para atender determinadas potências do motor. Observando-se os valores verifica-se que o consumo específico do gaseificador é de 0,9 kg/HP-h, cujo valor é considerado para um resíduo de madeira com poder calorífico da ordem de 3900 kcal/kg.

Usualmente o tamanho do motor é selecionado pela potência máxima. Entretanto, o mais interessante para produção de energia elétrica é usar a potência de maior economia. Para sistemas de pequena potência (até 200 kW) é possível usar, com alguma adaptação, motores fabricados em massa pelas grandes empresas automotivas, como o usado, por ignição por centelha.

Tabela 1. Relação Potência e Diâmetro dos Gaseificadores *Imbert* e Estratificado.

Potência (HP)	Consumo de Serragem (kg/h)	Diâmetro garganta <i>Imbert</i> (cm)	Diâmetro reator Extratificado (cm)
100	90,0	16,0	40,5
50,0	45,0	11,3	29,0
25	22,5	8,0	20,5
10,0	9,0	5,0	13,0
5,0	4,5	3,6	9,0

Em geral tanto os motores Diesel quanto o Otto podem ser convertidos para operar com combustível gasoso. Para assegurar uma alta eficiência e um baixo nível de emissões é recomendado que o motor seja modificado de acordo com as propriedades específicas da combustão do gás de baixo valor energético.

Na operação com o gaseificador foi utilizado um motor de Ciclo Otto por possuir melhor adaptabilidade, uma vez que basta aspirar uma mistura, próxima da estequiométrica, de gás combustível e ar para dentro do cilindro, o qual é comprimido pelo pistão e ignitada pela centelha da vela. Um problema da utilização deste tipo de motor sem modificação para a gaseificação está na sua baixa taxa de compressão, que diminui a potência do motor aspirado.

Tabela 2. Especificação do motor utilizado.

Curso (mm)	Diâmetro do pistão (mm)	Cilindrada (cm^3)	Taxa de compressão
54,8	76,0	994,4	8:1

Conforme dito a única modificação feita refere-se à retirada do carburador original do motor. Na entrada de ar do motor foi acoplado um misturador de gás com a forma de uma junção em Y Fig. 3. Em um bocal ocorre à entrada de gás combustível proveniente do sistema de gaseificação e na outra entrada existe uma válvula borboleta para o controle da mistura.



Figura 3. Acoplamento da junta Y no motor.

Com o gaseificador já aceso, e produzindo gás combustível, desliga-se o ventilador e inicia-se o funcionamento do motor utilizando-se gás GLP e gás de síntese do gaseificador. O próprio motor realiza a aspiração da mistura sem o auxílio do ventilador.

Para a leitura dos dados de carga e potência o laboratório dispõe de um dinamômetro Heenan & Froude. A bancada indica a carga produzida através de uma balança no eixo cardaím. A unidade fornecida é Kgf. Por meio da rotação do eixo e da carga produzida é possível se determinar a potência produzida.

A bancada possui um conjunto de engrenagens que controla as cargas e a rotação do motor.

Também é importante estabelecer o tempo de centelha de ignição do motor, o qual para cada rotação, foi ajustado de maneira a produzir o máximo de torque.

2.6. Sistema de limpeza dos Gases

Os equipamentos utilizados no controle de particulados foram um separador ciclônico e um filtro seco. Suas características encontram-se resumidas na Tab. 3.

Tabela 3. Características dos Componentes de Limpeza dos Gases.

Separador	Ciclone	Filtro Seco
Força de Separação	Centrífuga	Intercepção direta
Superfície de Separação	Cilíndrica	Cilíndrica composta de um material particulado (casca de arroz)
Eficiência	80% em partículas menores que $20\mu m$ e mais de 95% para partículas maiores que $50\mu m$	90-95% para partículas menores que $5\mu m$
Vantagens	Baixo custo, operação a altas temperaturas, baixo custo de manutenção(não tem partes móveis)	Alta Eficiencia. Pode separar uma grande variedade de particulados. Baixa queda de pressão
Desvantagens	Baixa eficiência para diâmetro menores que $10\mu m$, apresenta uma queda de pressão	Ocupa uma área considerável, dano a material de filtro a altas temperaturas

O Ciclone é um equipamento no qual utilizamos as forças centrífugas para separar os materiais sólidos da corrente gasosa. Consiste de uma entrada horizontal - tangencial dos gases poluídos na parte superior de um corpo cilíndrico com um tubo concêntrico para a saída vertical dos gases filtrados. Um cone ligado à parte inferior do corpo cilíndrico dirige o produto até o dispositivo de descarga na parte inferior do mesmo.

Dependendo da velocidade da entrada dos gases e do diâmetro do ciclone obtemos a aceleração centrífuga superior à aceleração gravitacional. A influência desta aceleração resulta em velocidade relativa entre as partículas e as moléculas dos gases. A separação de partículas menores exige velocidades maiores e/ou diâmetros menor dos ciclones já que a aceleração centrífuga - pressupondo mesma velocidade inicial, aumenta com a diminuição do raio do ciclone. O uso de Ciclone é, predominantemente, destinado à pré-separação dos materiais.

3. Resultados Experimentais

Seguindo o procedimento experimental citado anteriormente foram realizados alguns ensaios a fim de se obter as curvas de potência do motor. Nos primeiros ensaios foi observado um aquecimento excessivo no gaseificador, o que resultou no fracasso dos mesmos. Após analisar o procedimento realizado em tais ensaios, percebeu-se que a coluna de carvão colocada estava demasiadamente pequena. Devido a essa altura de coluna, o oxigênio provindo do ar ambiente encontrou uma maior facilidade em penetrar o material, o que proporcionava um processo de combustão na região inferior do gaseificador, prejudicando assim a ocorrência do processo de gaseificação. Devido a esse favorecimento do processo de combustão, houve um acréscimo elevado na temperatura dos gases, uma vez que tal processo é constituído de reações exotérmicas.

A excessiva temperatura dos gases ainda resultou no colapso da mangueira de conexão entre o gaseificador e o filtro, e no derretimento da parede interna do filtro. Os problemas desses ensaios foram solucionados colocando-se somente conexões metálicas entre a saída do gaseificador e a entrada do filtro de gases, e fixando uma barreira de metal na parede interior do filtro.

Um problema, também observado nos primeiros ensaios, foi a pouca vazão de ar na saída dos gases. Tais gases, ao passarem pelo ciclone ficavam presos em seu interior, e impediam o fluxo de ar no restante da tubulação. Então a solução mais adequada encontrada foi à retirada do ciclone da bancada experimental.

Outro problema encontrado ao longo dos ensaios foi a queda na produção de gases combustíveis uma vez o gaseificador tendo sido operado por um longo tempo. A queima do material gera uma quantidade alta de cinzas, elas, por sua vez, sendo um meio poroso, impedem a difusão do calor por meio do material, impedindo assim, a pirólise dos mesmos e o processo de gaseificação. Solucionou-se tal problema aplicando impactos mecânicos na parede do gaseificador para que as cinzas acumuladas caíssem no reservatório de cinzas localizado na parte mais inferior do gaseificador.

Solucionados os problemas anteriores, foram realizados mais alguns ensaios com inserção do gás de biomassa no motor à combustão interna. Notou-se que o fluxo do gás produzido por gaseificação de biomassa era insuficiente para dar partida no motor, por isso, utilizou-se GLP para tal fim.

O motor ficou trabalhando certo tempo somente com GLP. Então se começou a trabalhar com o produto da gaseificação. O GLP foi reduzido a quantidades praticamente desprezíveis, e a carga do motor funcionando somente com ele foi anotada para que essa pudesse ser subtraída da carga obtida com ele sendo acelerado por gás de biomassa. O ensaio foi realizado medindo-se a carga para 8 rotações diferentes: 4000, 3500, 3250, 3000, 2750, 2500, 2000, 1750 RPM, os seguintes resultados foram obtidos:

Tabela 4. Carga Medida do motor acelerado com gás de Biomassa.

	1750 (RPM)	2000 (RPM)	2500 (RPM)	2750 (RPM)	3000 (RPM)	3250 (RPM)	3500 (RPM)	4000 (RPM)
(kgf)	12,26	12,22	12,02	11,78	12,75	12,15	11,74	9,72

A carga realizada pelo motor operando somente com GLP foi de 2.93 kgf, então a carga efetiva realizada pelo motor acelerado com biomassa é:

Tabela 5. Carga Relativa do motor acelerado com gás de Biomassa.

	1750 (RPM)	2000 (RPM)	2500 (RPM)	2750 (RPM)	3000 (RPM)	3250 (RPM)	3500 (RPM)	4000 (RPM)
Carga Absoluta(kgf)	12,26	12,22	12,02	11,78	12,75	12,15	11,74	9,72
Carga com GLP(kgf)	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Carga Relativa(kgf)	9,33	9,29	9,09	8,85	9,82	9,22	8,81	6,79

Depois de obtida a carga do motor, obteve-se os valores de sua potência aplicando-se a relação:

Tabela 6. Potência Relativa do motor acelerado com gás de Biomassa.

	1750 (RPM)	2000 (RPM)	2500 (RPM)	2750 (RPM)	3000 (RPM)	3250 (RPM)	3500 (RPM)	4000 (RPM)
Potência Absoluta(kW)	10,72	12,22	15,02	16,19	19,12	19,74	20,55	19,44
Potência com GLP(kW)	2,56	2,93	3,66	4,03	4,39	4,76	5,12	5,86
Potência Relativa(kW)	8,16	9,29	11,36	12,16	14,73	14,98	15,43	13,58

Com os dados das tabelas de carga e de potência e com auxílio das curvas do motor turbinado e aspirado operando com gasolina obtida na literatura, os seguintes gráficos foram obtidos:

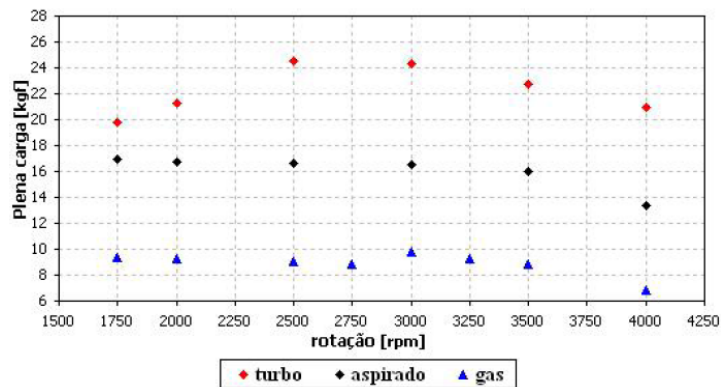


Figura 4. Carga versus Rotação.

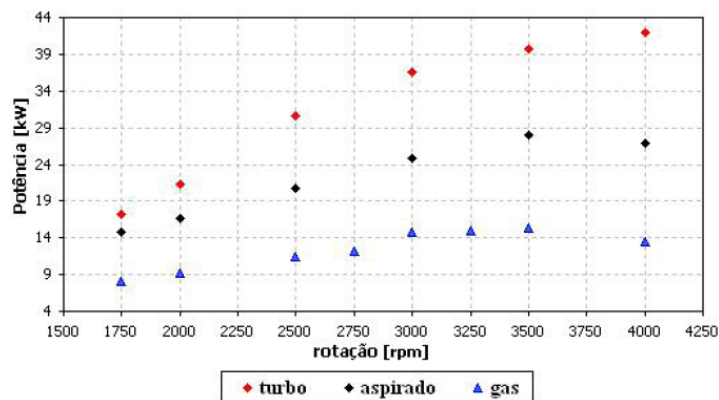


Figura 5. Potência versus Rotação.

A Figura do gráfico da potência apresenta os resultados nos ensaios de desempenho de potência versus rotação para um motor de Ciclo Otto operando com gás de biomassa aspirado, com gasolina aspirado e gasolina turbinado. Observa-se que, conforme esperado, o gás de biomassa apresenta uma potência menor quando comparada com o desempenho da gasolina. Na faixa de rotação de 3000-3500 rpm apresentam uma potência praticamente constante, obtendo o valor de 14,73kW para a carga máxima de operação de 9,82 kgf na rotação de 3000 rpm no gráfico da carga. Comparando com a gasolina, o gás de biomassa, para essa rotação, apresenta um rendimento de 59,4% em relação ao motor aspirado e de 40,35% do motor turbinado.

Consumo de Combustível

Pela densidade do combustível a granel e pela diminuição da coluna de briquetes fornecidas para a carga inicial do reator foi possível estabelecer o seu consumo médio.

Densidade a granel do briquete composto por serragem é de 570kg/m^3 segundo Quirino (2002). Como o gaseificador operou um dia inteiro correspondente ao horário de 8 horas da manhã até às 23h com o auxílio de um ventilador que realizava a sucção determina-se o seu consumo médio referente a uma carga total referente a uma altura de 800 mm do gaseificador. Esta carga corresponderia a um volume de $0,090\text{ m}^3$. Como no final do processo restaram apenas cinzas e umas poucas partículas carbonizadas, considera-se que toda a biomassa havia sido consumida, o que corresponderia a 51,68 kg e, portanto a uma taxa de consumo de 3,44 kg/h.

Temperatura na coluna do reator

Durante a operação do gaseificador foram medidas as temperaturas ao longo da coluna do mesmo, utilizando-se termopares do tipo K e um pirômetro e o apontando para as marcas existentes na gaseificador, as quais foram feitas espaçadas de 100 mm. Os seguintes valores foram obtidos:

Tabela 7. Distribuição de Temperatura no Reator do Gaseificador.

	100 (mm)	200 (mm)	300 (mm)	400 (mm)	500 (mm)	600 (mm)	700 (mm)	800 (mm)	900 (mm)	1000 (mm)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	150	203	312	565	805	883	864	631	415	229

A zona de combustão apresentou um valor de temperatura máxima de 864°C após a sua estabilização o que ocorreu a uma altura de aproximadamente 700 mm em relação à grelha do reator. A zona de gaseificação apresentou temperaturas entre 883°C a 805°C , onde cabe ressaltar que para temperaturas abaixo de 700°C as reações de gaseificação são praticamente insignificantes.

Após o encerramento dos ensaios verificou-se a eficiência dos componentes da bancada. A tubulação estava bastante aquecida, contudo não sofreu qualquer dano prejudicial ao andamento do experimento. A tampa que lacrava o filtro de gases foi retirada e verificou-se que a casca de arroz existente em seu interior estava bastante suja com alcatrão e particulados de cinza, o que comprova a eficiência e retrata a necessidade do mesmo para que esses resíduos não atinjam o interior do motor. Outra conclusão que se pode ter ao analisar a casca de arroz, é que a mesma não pirolizou, o que evidencia a baixa proporção de oxigênio, caracterizando assim, o predomínio das reações de gaseificação.



Figura 6. Filtro de casca de arroz após o ensaio.

4. Conclusão

A instalação com gaseificador do tipo estratificado possui uma construção bastante simplificada e de baixo custo, sendo utilizada para propulsão veicular. Tanto o gaseificador como o filtro do gás combustível gerado é fabricado em chaparia muito leve, o que possibilita construí-los de forma razoavelmente fácil, visto que o mesmo trabalha com pressão atmosférica o que resulta num baixo risco de explosão.

Construir e operar um gaseificador são relativamente simples, porém, muitos sistemas têm falhado em menos de 100 horas de operação devido às incrustações com alcatrão, tanto no gaseificador quanto no motor. É importante conhecer as propriedades físicas e químicas do gás para determinar sua adequação ao propósito do sistema. Portanto, é fundamental para o desenvolvimento do equipamento conhecer os seguintes valores: Composição do gás, quantidade de alcatrão, a quantidade de condensáveis orgânicos e o tipo e quantidade dos finos de carvão.

A cinza é um elemento importante a ser determinado, apesar de usualmente seu percentual ser inferior a 2%. Após a pirólise, a cinza e o carbono resultante formam um produto que irá passar pelo processo de redução. À medida que isso ocorre seu tamanho diminui e cai através da grelha, podendo ser carregado junto com os gases para o ciclone. Devido aos minerais presentes na cinza, esta é muito abrasiva e pode causar desgaste do motor, devendo ser eliminada.

A biomassa pode produzir até 60% de alcatrão o qual, entretanto, é craqueado para formar principalmente gás. No processo concorrente, parte do oxigênio é usado para queimar esse alcatrão resultando num gás com 0,1 a 1% desse

produto. O alcatrão ocorre na forma de uma névoa de finas gotículas que se aglomeram em gotas maiores que cobrem partículas sólidas. Se não forem removidas, essas partículas irão entupir as válvulas e partes móveis do motor.

O resfriamento posterior do gás combustível até a temperatura ambiente é importante por dois motivos: condensa o vapor de água presente no gás e melhora o desempenho do motor, pela maior densidade do gás e prevenção à pré-ignição.

Por isso é necessário criar um sistema de refrigeração para que a temperatura dos gases antes de entrarem no motor esteja a uma temperatura menor que a ambiente. Isso garantiria que a quantidade de alcatrão que seria inserida no motor seja reduzida a praticamente zero, pelo fato de que o alcatrão se condensa a temperatura ambiente. Assim qualquer resíduo de alcatrão que não tenha sido craqueado durante a queima na zona de combustão seja condensado antes da entrada no motor no sistema de refrigeração.

Uma alternativa para gerar um aumento do rendimento na produção do gás de biomassa seria a inserção no reator de bicos pulverizadores de água o que geraria uma maior proporção de hidrogênio que constitui um dos principais gases combustíveis produzido neste processo.

Implementar um dispositivo para que se possa fazer com que as cinzas produzidas sejam removidas da superfície da partícula, uma vez que isto gera uma barreira que dificulta a difusão do calor para a partícula, assim retardando o processo de combustão.

Um boa alternativa seria implementar uma forma para que o fluxo de gás seja injetado de forma contínua no motor e não apenas pelo movimento do pistão que realizar a sua sucção.

Já o uso de Ciclone é, predominantemente, destinado à pré-separação dos materiais. Para uma granulometria maior podemos utilizar ciclones de diâmetro maior que possuem uma menor perda de carga. Para granulometria finas é preferível escolher uma ligação de vários ciclones de diâmetro menor ligados paralelamente, com perda de carga compatível com a densidade específica do material particulado e densidade dos gases. A perda de carga no mesmo ciclone, com a mesma vazão processual muda proporcionalmente com as densidades dos gases. A eficiência de separação depende do diâmetro do ciclone, da perda de carga (velocidade dos gases no ciclone), das densidades dos gases e do produto a separar, além da viscosidade dos gases. Por isso a necessidade de se obter um ciclone compatível para o tamanho do sistema para que não ocorra o que aconteceu no experimento, onde o ciclone ao invés de auxiliar na filtragem das partículas fez com que o sistema de sucção se torna ineficiente pela excessiva perda de carga.

A conclusão mais importante a ser tirada do estudo feito, é que o sistema de gaseificação de biomassa permite operar um motor à combustão interna de maneira eficiente. Essa operação provoca alguns produtos indesejados (alcatrão e particulados de cinza) que podem danificar o motor. Contudo, se esses receberem tratamento adequado poderá se assegurar à viabilidade do processo, como foi visto nesse presente estudo.

5. Referências

- Quadir, K.N. Seetharamu 2002, *Experimental investigation of a downdraft biomass gasifier*, School of Mechanical Engineering, Universiti Sains Malaysia.
- Barrio, M., 2000, *A small-scale Stratified Downdraft Gasifier coupled to a gas engine for combined heat and power production*, Norwegian University of Science and Technology
- CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. <http://www.cenbio.com.br> acesso 2004.
- Chee, C.S., 1987. *The air gasification of wood chips in adowndraft gasifier*. MSc Thesis, Kansas State University.
- Groeneveld, M. J. (1980).
- Huffman, D. R. 1981. *Operation of a fixed-bed downdraft gasifier on a low quality residue fuels*. Third Bio-Energy R\&D Seminar, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, NRCC no. 19515.
- Quirino, Waldir 2002, *Utilização energética de resíduos vegetais*, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais.
- Reed, T. B., & Markson, M. 1985. *Biomass gasification reaction velocities*. In R. P. Overend, T. A. Milne, L. K. Mudge, *Fundamentals of Thermochemical Biomass Conversion* (p. 951). Amsterdam: Elsevier.
- Reed, T.B & Das, A. 1988. *Handbook of Biomass downdraft gasifier engine systems*, The Biomass Energy Foundation Press, 1810 Smith Rd., Golden, CO

STUDY OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES: DOWNDRAFT GASIFIER

Ricardo da Silva Ribeiro

University of Brasília, Mechanical Engineering Department, Energy and Environment Laboratory.
Brasília, DF.

ribeiro_enm@yahoo.com.br

Carlos Alberto Gurgel Veras

University of Brasília, Mechanical Engineering Department, Energy and Environment Laboratory.
Brasília, DF

gurgel@unb.br

Abstract

The goal of this work is the study of the energy generation for alternative sources, through the use of forest residues. The study is based specifically on the use of downdraft gasifiers. The advantage of this type of gasifier is the fact that the produced amount of tar is less than the conventional gasifiers, mainly the ones that were used in the World War II. The biomass gasification isn't a recent process, however, recently the biggest interest is related to the cleanness and versatility of the generated fuel when compared with solid fuels. The cleanness is related to the removal of toxic chemical components to the environment and to the human health, like sulphur and tar. The versatility is related to the possibility of alternative uses, as internal combustion engines.

Keywords: *Downdraft gasifiers, Biomass, Otto cycle*