

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO RESÍDUO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE LAVRAS DA MANGABEIRA - CE

Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti¹
Isaac Anderson Alves de Moura²
Daguimar Ferreira de Sousa³
Maria Emanoela Vieira de Souza⁴
Joelda Dantas⁵

RESUMO

Com a evolução da sociedade e das atividades econômicas a demanda energética que sustenta os processos produtivos foi acrescida, principalmente nos setores industriais e transporte. Logo, pode-se dizer que o crescimento e desenvolvimento das atividades econômicas estabeleceram-se juntamente com a dependência do setor energético, que por sua vez contribui na desestruturação dos ecossistemas naturais e dos seus recursos devido aos impactos ambientais. De acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o aproveitamento energético dos resíduos sólidos, traz o uso do lixo como matéria-prima energética, favorecendo a redução do uso dos combustíveis fósseis que prejudicam o meio ambiente. Uma destas possibilidades é a utilização do resíduo da arborização urbana como biomassa energética. Diante do exposto, este trabalho estruturou-se a partir da caracterização química e energética da biomassa residual das espécies Nim, Acácia, Ficus provenientes do resíduo arbóreo do município de Lavras da Mangabeira-CE, visando conhecer o potencial energético destas para produção de Briquetes. Em confronto dos valores de PCS da pesquisa com os abordados em literatura, foi possível concluir que as biomassas, provenientes dos resíduos da poda arbórea do Município de Lavras de Mangabeira, podem ser aproveitadas como biocombustível sólido em processos energéticos mais sustentáveis, destacando que os maiores valores de PCS foram derivados da biomassa da poda do Nim e da Acácia.

Palavras-chave: Material orgânico, arborização, potencial energético.

INTRODUÇÃO

As desarmonias entre as relações estabelecidas entre o homem e o planeta culminam, atualmente, na redução da qualidade ambiental, e na capacidade de resiliência dos recursos naturais proveniente dos ecossistemas, que deixam de ser naturais e passam a ser modificados.

¹ Doutoranda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ingrid_lelis@hotmail.com;

² Mestre pelo Curso de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, isaac.and@hotmail.com;

³ Especialista em Educação Física e Educação Infantil da Faculdade de Venda Nova do Imigrante – FAVENI, daguimarferreiradesousa@gmail.com;

⁴ Aluna EEMTI ALDA FERRER AUGUSTO DUTRA, mariaemamoela8916@gmail.com;

⁵ Professor orientador: Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Ciencia e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, joeldadantas@yahoo.com.br.

Condições estabelecidas como as revoluções industriais, crescimento populacional, ocupação irregular, e de forma generalizada, todas as atividades dos diversos setores que culminam na economia, acabam por trazer condições adversas ao meio, devido ao aumento da poluição em diferentes níveis e tipos.

Com a evolução da sociedade e das atividades econômicas a demanda energética que sustenta os processos produtivos foi acrescida, principalmente nos setores industriais e transporte. E tal demanda exigiu que o setor energético fosse cada vez mais significativo e eficiente, aumentando sua dependência e extração de recursos naturais. Logo, pode-se dizer que o crescimento e desenvolvimento das atividades econômicas estabeleceram-se juntamente com a dependência do setor energético, que por sua vez contribuiu na desestruturação dos ecossistemas naturais e dos seus recursos devido aos impactos ambientais.

Outro fator importante a ser mencionado é em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos resultantes também das atividades socioeconômicas, quando realizado de maneira inadequada traz diversos intervenientes ao meio ambiente, principalmente por ser uma das diretrizes da qualidade do saneamento urbano. E, em alguns contextos, na disposição final inadequada, o processo de decomposição do material residual também se torna contribuinte para emissão de gases de efeito estufa, assim como as atividades associadas ao setor energético.

Dentre as formas de tratamento dos resíduos sólidos, de acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, existe a proposição do aproveitamento energético dos resíduos sólidos, fazendo-se a reinserção do lixo como matéria-prima energética. Uma destas possibilidades é a utilização do resíduo da arborização urbana como biomassa energética.

Diante do exposto, este trabalho estruturou-se a partir da caracterização química e energética da biomassa residual das espécies Nim, Acácia, Ficus provenientes do resíduo arbóreo do município de Lavras da Mangabeira-CE, visando conhecer o potencial energético destas para produção de Briquetes.

METODOLOGIA

1. Coleta das amostras

Realizou-se a escolha da área de pesquisa, em amostragem aleatória das ruas do município, para conceber um inventário arbóreo preliminar. Selecionou-se a Rua Coronel

João Augusto, no Centro do município de Lavras de Mangabeira, contabilizaram-se os indivíduos adultos componentes da arborização urbana. Para construção do inventário, foram considerados número de árvores existentes, nome vulgar da mesma, altura total da árvore e Diâmetro à Altura do Peito – DAP.

Após realização desta caracterização preliminar, observou-se a três espécies mais expressivas ao longo da rua e, foram coletados os resíduos existentes destas aos seus arredores, por perceber que as espécies mais significativas em quantidade também eram as que geravam um maior quantitativo de resíduo, com galhos e folhas caídos na rua. Coletou-se resíduo das espécies Nim (*Azadirachta indica*), Acácia (*Acacia cyanophylla*), Ficus (*Ficus benjamina*).

2. Pré-tratamento do resíduo

Os resíduos foram levados para o laboratório da EEMTI Alda Férrer, secos a 100°C durante 24h, posteriormente foram triturados utilizando um liquidificador industrial e em seguida peneirados. Foram selecionados os resíduos de granulometria mesh 80, depois enviados para caracterização realizada na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Laboratório de Materiais e Química Ambiental (LabMaQ) do Centro de Energias Alternativas e Renováveis - CEAR.

Esses procedimentos permitiram a padronização granulométrica, a partir da trituração, influenciando no adensamento das partículas, secagem para a redução de umidade, Compactação/prensagem/densificação do material.

A partir da análise imediata da biomassa foram determinados: teores de Umidade base úmida %, Umidade base seca %, Poder Calorífico Superior em KJ/Kg e Cinzas %.

3. Caracterização do resíduo

Para compor a caracterização do resíduo, realizou-se o estudo da quantificação imediata da matéria orgânica, bem como a obtenção do poder calorífico superior (PCS). Nas análises iniciais foram expressas a umidade, quantidade de material volátil, carbono fixo e teor de cinzas da matéria e estes componentes são fortemente associados às características do PCS, influenciando-o.

As amostras foram trabalhadas no Laboratório de Materiais e Química Ambiental - LABMAQ da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em triplicata, seguindo a ASTM E1755 de 2007 - Métodos de teste para cinzas em biomassa e ASTM E872 de 1998 - Métodos de teste para matéria volátil na análise de combustíveis de madeira particulado.

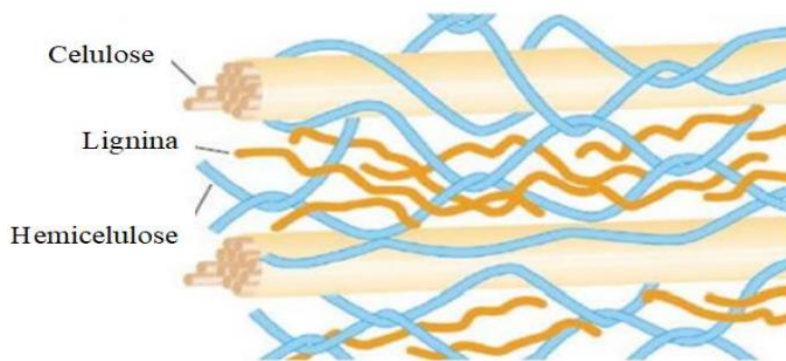
REFERENCIAL TEÓRICO

1. Biomassa

A biomassa é qualquer material orgânico - de origem animal ou vegetal - que passado por alguma transformação de suas características podem prover energia térmica, elétrica ou mecânica. O seu uso tornou-se intrínseco a evolução do homem, fornecendo luz e calor. As biomassas para fins energéticos podem ser: culturas e descartes associados à lavoura, matéria florestal, esterco animal, resíduo orgânico urbano, resíduo doméstico, esgotos urbanos, material lignocelulósico, descartes industriais, embalagens, materiais de construção, descarte de matadouros e outros (GOLDEMBERG, 1998).

A biomassa de origem vegetal possui sua composição química agrupada entre: açúcares simples, água, lipídeos, proteínas, compostos inorgânicos e outros metabólitos secundários e em cadeias maiores, tem-se a celulose, hemicelulose e, por fim, a lignina (Figura 1). A celulose constrói as fibras vegetais que estruturam a biomassa. A lignina caracteriza-se como um polímero tridimensional, agregando a plasticidade e aglomeração às partículas (RENDEIRO et al., 2008).

Figura 1: Estrutura da biomassa lignocelulósica



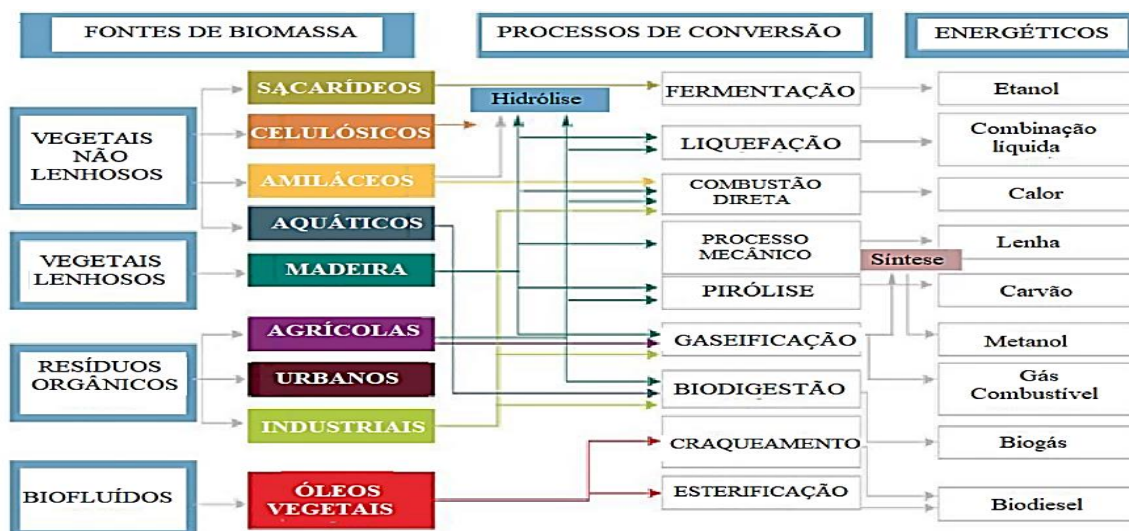
Fonte: Boudet et al. (2003).

A biomassa residual pode ser proveniente de três cadeias: a de origem agrícola, a de pecuária e a urbana. Perante o emprego da PNRS, art. 13, os resíduos agrícolas e de pecuária são classificados como resíduos agrossilvopastoris e os de atividades urbanas são classificados como resíduos sólidos urbanos, englobando os de limpeza urbana e os domiciliares (BRASIL, 2010).

2. Tratamentos energéticos empregados à biomassa

O reaproveitamento da energia da biomassa pode ser proveniente da combustão, da cogeração, de processos termoquímicos específicos, como gaseificação, hidrólise, pirólise, craqueamento, liquefação e transesterificação, e/ ou processos biológicos, como a digestão anaeróbia e fermentação (EMBRAPA, 2016). As rotas de conversão (Figura 2) empregada à biomassa podem depender das características de origem, da finalidade para qual ela deverá ser usada e, principalmente, suas propriedades físicas, químicas e energéticas (LORA; VENTURINI, 2012).

Figura 2: Processos de conversão da biomassa



Fonte: Retirado do Plano Energético do Rio Grande do Sul – 2016/2025 (2016).

As rotas de conversão da biomassa podem ocorrer por processos termoquímicos, bioquímicos e físico-químicos, e os produtos podem gerar energia em forma de calor, energia elétrica e combustível.

- Os processos termoquímicos abrangem a conversão da energia armazenada na biomassa em calor, através da combustão; dessa forma, fazem parte do processo as rotas referentes à combustão direta, pirólise e gaseificação (MACEDO e NOGUEIRA, 2005).
- A conversão físico-química ocorrerá de acordo com o produto final que deseja ser obtido, no qual aborda a compressão, esmagamento e extração de óleos provenientes de material vegetal. Em tal processo, abordam-se as rotas como de esterificação, transesterificação e craqueamento. O exemplo de um dos produtos de conversão físico-química tem-se o biodiesel (MACEDO e NOGUEIRA, 2005).
- Os processos bioquímicos abrangem as rotas a partir da digestão anaeróbica, a fermentação/destilação e da hidrólise. Alguns produtos provenientes de tais processos são os combustíveis líquidos, como o etanol e o biogás (MACEDO e NOGUEIRA, 2005).

Dentre as tecnologias de conversão da biomassa, a mais antiga é a combustão direta, que transforma um material combustível em uma fonte de calor, utilizando, geralmente, o oxigênio do ar como comburente da reação. Para fins de obtenção de energia a “queima” direta biomassa ocorre em fornos e caldeiras e considerando o seu uso primordial, em fogueiras e fogões na cocção de alimentos. Um dos problemas associados a essa rota de transformação é a alta umidade que o material energético possui, dificultando o processo da combustão, no caso da lenha sua umidade caracteriza-se acima de 20% (ANEEL, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Espécies energéticas

De acordo com os dados apresentados no Quadro 1 percebeu-se a presença frequente de para três espécies que compõem a arborização urbana da Rua Coronel João Augusto.

Quadro 1: Relação quantitativa das espécies significativas da arborização urbana da Rua Coronel João Augusto, Lavras da Mangabeira, CE

Nome vulgar	Nome Científico	N	%	Origem
Acácia	<i>Senna siamea (Lam.) H. S. Irwin & Barneby</i>	11	5,45	Exótica
Ficus	<i>Ficusbenjamina L.</i>	29	14,35	Exótica
Nim Indiano	<i>Azadirachta indica A. Juss</i>	162	80,20	Exótica

De acordo com estudo arbóreo realizado por Calixto Júnior et al. (2009), o município de Lavras da Mangabeira possui uma homogeneidade em sua arborização, compreendendo cerca de 2.784 árvores distribuídas em 22 espécies, 21 gêneros e 9 famílias botânicas, tendo

uma maior prevalência das espécies: *Ficus benjamina* (42,42%), *Senna siamea* (26,90%) e *Azadirachta indica* (23,63%). Estas também foram expressivas na área de coleta da matéria residual deste presente estudo, porém, contabilizou-se uma maior quantidade de Nim Indiano - *Azadirachta indica* A. Juss.

2. Caracterização imediata e energética da biomassa residual

As caracterizações realizadas foram apresentadas no Quadro 2, abordando os dados para as três espécies observadas na arborização.

Quadro 2: Parâmetros de caracterização imediata e energética das biomassas residuais

PARÂMETRO %	Nim	Acácia	Ficus
Umidade Base Úmida	68	70	68
Umidade Base Seca	8,8	9,15	9,2
Cinzas	12,20	9,86	17,30
Material Volátil	65,28	66,35	64,30
Carbono Fixo	22,52	23,79	18,40
PCS (MJ.KG ⁻¹)	19,198	19,505	17,339

2.1. Umidade

Nas discussões acerca da Umidade de Base Úmida (BU) o Nim e o Ficus obtiveram os mesmos valores iguais, com 68%, já a Acácia obteve uma umidade de 70%. E para a Umidade de Base Seca (BS) para biomassa residual do Nim foi de 8,80%, para biomassa residual da Acácia foi de 9,15%, e para o Ficus foi de 9,20%. A umidade expressa à massa de água contida na matéria orgânica pode ser expressa em teores de bases úmidas e secas. Logo, vale salientar que nos valores iniciais a matéria residual não havia sido submetida à secagem em estufa. Em relação a valores encontrados na literatura, tem-se que no estudo de Tavares e Santos (2013) encontrou-se para as biomassas de Capim Elefante (9,73%), Palha de Carnaúba (9,98%), Macrófitas (9,48%). Para valores da biomassa residual da Algaroba, tem-se uma umidade BS de 10,45% (CAVALCANTI et al, 2020). Dar-se ênfase que valores elevados de umidade causam interferência no Poder Calorífico Superior.

2.2. Cinzas

Os valores de cinzas reportam acerca da fração inorgânica presente na matéria, foram encontrados para Nim, com 12,20%, para Acácia, com 9,86%, para Ficus, com 17,30%. Nos

estudos de Tavares e Santos (2013) encontrou-se para as biomassas de Capim Elefante (9,40%), Palha de Carnaúba (9,74%), Macrófitas (29,67%). Já Cavalcanti et al. (2020) encontrou valores de 8,75% da fração de cinzas para a biomassa residual da espécie algaroba. É possível acrescentar que este percentual expressa à composição residual da matéria, geralmente em estado sólido, logo durante o consumo da matéria orgânica, a composição remanescente ao final do processo, trata-se das cinzas, que comumente acaba sendo liberado ao meio ambiente como material particulado, tornando-se um passivo para os processos termoquímicos. Além disso, altos teores de cinzas favorecem na formação de depósitos, causando incrustações e processos corrosivos nos equipamentos usados nas rotas termoquímicas (XING et al., 2016).

2.3. Material Volátil

Após as análises, percebeu-se que percentuais para as três espécies foram acima de 60%, tendo o Nim, a Acácia e o Ficus, respectivamente, 65,28%, 66,35%, 64,30%. No trabalho de Marchese et al. (2018) foram encontrados teores de 77,50% para a Cana-de-açúcar, 73,80% para o Farelo de Trigo, 76,20% para a Serragem de madeira. Já nos estudos de Tavares e Santos (2013) encontraram-se valores de MV variando de 67,65% para as macrofitas a 93,77% para a biomassa da palmeira real. Este teor ocorre durante a calcinação do material residual em altas temperaturas e está fortemente associado à reatividade da biomassa durante sua combustão, expressando sua facilidade de iniciar o processo da queima propriamente dito, principalmente, ao verificar valores de MV acima de 60% (GENTIL, 2008; GARCÍA et al., 2014).

2.4. Carbono Fixo

Os valores de Carbono Fixo para as biomassas de Nim, Acácia e Ficus foram, respectivamente, 22,52%, 23,79% e 18,40%. Estes valores demonstram o comportamento do material no momento em que sofre a queima, indicando lentidão ou rapidez. Para processos termoquímicos, faz-se interessante que a queima ocorra de forma lenta, expressando o rendimento energético do combustível sólido. No trabalho de Marchese et al. (2018) foram encontrados teores de CF para as biomassas de Cana-de-açúcar, para o Farelo de Trigo, e para a Serragem de madeira, sendo respectivamente, 13,10%, 15% e 13,90%. Já no trabalho de Tavares e Santos (2013) encontraram-se valores de 0,21% a 2,78%, para Palmeira real e para

macrófitas. Em características termofísicas ressaltam-se valores acima de 14% de Carbono fixo para fins energéticos de briquetes (RENDEIRO et al., 2008).

2.5. Poder Calorífico Superior

O PCS trata-se da energia liberada como calor durante o processo termoquímico empregado na biomassa, que é intimamente influenciado pela composição imediata da matéria orgânica, bem como pelas condições técnicas associadas à combustão, como pré-tratamento do material. No estudo em questão, o Nim, Acácia e Ficus, detêm um PCS, respectivamente, de 19,198 MJ.KG⁻¹, 19,505 MJ.KG⁻¹, 17,339 MJ.KG⁻¹. Comumente a qualidade do combustível é associada aos teores de poder calorífico, pois o quanto mais alto, mais energia contida no mesmo (CORTEZ et al., 2008). No trabalho de Cavalcanti et al. (2020) foi encontrado um PCS de 18,94 MJ.Kg⁻¹ para a biomassa de Algaroba. Além disso, de acordo com Cortez et al. (2008) a média do PCS dos combustíveis sólidos de origem vegetal é de 15,70 MJ.Kg⁻¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados acerca da composição imediata da biomassa residual da poda propiciam informações essenciais para saber se há viabilidade do seu processamento energético. Ao contemplar a respeito dos teores trabalhados na composição imediata houve conformidade entre os valores abordados pela literatura. Vale salientar que os valores de umidade para os briquetes estão dentro do proposto por Rendeiro (2008) para processos de combustão. Os teores de cinzas estão em acordo com a literatura, ressaltando que quanto menor este teor, menos inconvenientes em relação à incrustações e corrosões nos equipamentos combustivos ocorrerá. Em relação ao material volátil, percebe-se que estão inclusos entre os teores encontrados na literatura, sendo acrescentado que estes não comprometem o poder calorífico da biomassa, mas sim demonstram uma alta reatividade no processo de combustão. Acerca dos valores de Carbono Fixo, estes pertencem ao que é proposto por literatura para fins de combustão direta, valendo-se que este parâmetro possui importância por tornar o consumo do combustível mais lento, ou seja, mais duradouro e eficiente. Em confronto dos valores de PCS da pesquisa com os abordados em literatura, foi possível concluir que as biomassas, provenientes dos resíduos da poda arbórea do Município de Lavras de Mangabeira, podem ser

aproveitadas como biocombustível sólido em processos energéticos mais sustentáveis, destacando que os maiores valores de PCS foram derivados da biomassa da poda do Nim e da Acácia.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei nº 12.305, de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Diário Oficial da União, 2010.
- CALIXTO JÚNIOR, J. T.; SANTANA, G. M.; LIRA FILHO, J. A. Análise quantitativa da arborização urbana de Lavras da Mangabeira, CE, Nordeste do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. 2009.
- CAVALCANTI, I. L. R.; MOURA, I. A. A.; CRUZ, A. D.; SILVA, M. C. D.; LOPES, R. M. B. P. Caracterização química do resíduo da biomassa da algaroba para fins de estudos energéticos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, 2020.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Uso da biomassa para a geração de energia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.
- GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; LAVÍN, A. G.; BUENO, J. L. Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. **Bioresource Technology**, v. 103, p. 249-258, 2012.
- GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia de briquete de Madeira**. Tese de doutorado. Pós-graduação em Ciências Florestais, EFL/FT/UnB, (Universidade Nacional de Brasília), 2008.
- GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Ed. Edusp. 234p. São Paulo. 1998.
- LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. Biocombustíveis. Rio de Janeiro: **Interciência**, v. 1, 2012.
- MACEDO, I. C.; NOGUEIRA, L. A. H. Biocombustíveis. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, **Cadernos NAE**, Brasília, 2005.
- MARCHESE, L.; SOUZA, F. B. de; SOARES, D.; DOMENICO, M. D. **Avaliação do potencial combustível de biomassas residuais por termogravimetria**. 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2018.
- RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. F. M.; BRASIL, A. C. DE M.; CRUZ, D. O. DE A.; GUERRA, D. R. DA S.; MACÊDO, E. N. ICHIHARA, J. DE A. **Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.
- TAVARES, S. R.L., SANTOS, T.E. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **Holos**, v. 5, n. 29, pp. 19-27, 2013.
- XING, P. A comparative assessment of biomass ash preparation methods using X-ray fluorescence and wet chemical analysis Fuel. **Fuel**, p.161-165, 2016.