



Impactos Ambientais: Comparação entre o Gás LP e outros Combustíveis e os Possíveis Impactos nas Mudanças Climáticas

Categoria: Meio Ambiente

Participantes:

SINDIGÁS - SINDICATO NACIONAL DAS
EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS
LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

PUC-RIO - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO





Impactos Ambientais: Comparação entre o Gás LP e outros Combustíveis e os Possíveis Impactos nas Mudanças Climáticas

Categoria: Meio Ambiente

Autores:

Cristiane Lyra (Sindigás)

Diego Alves (Sindigás)

Sergio Bandeira de Mello (Sindigás)

José Anselmo Garcia (Amazongás)

Jonathan Benchimol (Fogás)

Paulo Gordo (Liquigás)

Ivo Gastaldoni (Nacional Gás)

Ricardo Tonietto (Supergasbras)

Fernanda Gomes (Supergasbras)

Mauricio Jarovsky (Ultragas)

Adriana Gioda (PUC-Rio)



1. Introdução

O Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – Sindigás contratou a professora Adriana Gioda, química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), instituição tradicional e renomada, para a realização de estudo sobre os males que a poluição em ambientes fechados causados pela queima de combustíveis sólidos pode causar ao ser humano.

Depois do levantamento de dados bibliográficos de âmbito mundial e comparativos entre diversos combustíveis, a professora Adriana Gioda apresentou uma nova informação ao setor. O Gás LP quando liberado para a atmosfera sem queima, não é um gás de efeito estufa, ao contrário do seu concorrente, o Gás Natural.

Esta informação é de relevante importância para o setor energético, já que o Mundo está preocupado com as mudanças climáticas que vem ocorrendo nos últimos anos.



2. Histórico das organizações e profissionais envolvidos

SINDIGÁS

O Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – SINDIGÁS foi criado em 1974 com a finalidade de estudar, coordenar, proteger e representar a categoria diante da sociedade brasileira e nas diversas esferas dos governos federal, estadual e municipal. Além disso, o SINDIGÁS busca uma maior colaboração junto aos poderes públicos, associações e entidades sindicais, de todos os níveis, no sentido da solidariedade social e de sua subordinação aos interesses nacionais.

PUC-Rio

A professora Adriana Gioda possui graduação em Química Industrial e mestrado em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS) e doutorado em Química Orgânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (LADETEC/IQ/UFRJ). Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Ambiental e Analítica, atuando principalmente nos seguintes temas: Qualidade do Ar de Interiores e Exteriores, Química Tóxicológica e Química Atmosférica. Atualmente é professora na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e está vinculada ao LADETEC/IQ-UFRJ como Pesquisadora Colaboradora.



3. Problemas e Oportunidades

O efeito estufa é um processo físico que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha (percebida como calor) é emitida pela superfície terrestre e absorvida por determinados gases presentes na atmosfera, os chamados gases do efeito estufa. Como consequência disso, parte do calor é irradiado de volta para a superfície, não sendo liberado para o espaço. O efeito estufa dentro de uma determinada faixa é de vital importância pois, sem ele, a vida como a conhecemos não poderia existir. Serve para manter o planeta aquecido e, assim, garantir a manutenção da vida.

Atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis, o emprego de certos fertilizantes, o desmatamento e o grande desperdício contemporâneo de alimentos, que têm entre seus resultados a elevação nos níveis atmosféricos de gases estufa, vêm intensificando de maneira importante o efeito estufa e desestabilizando o equilíbrio energético no planeta, produzindo um fenômeno conhecido como aquecimento global.

Os pesquisadores do IPCC (Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas), estabelecido pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial, que representam em seu conjunto a maior autoridade internacional sobre este tema, no seu Quinto Relatório, publicado em 2014, afirmam que estas emissões devem parar de crescer em cinco anos (até 2019), serem reduzidas em 70% até 2050 e reduzidas a zero até 2100, a fim de que os efeitos dessa intensificação não produzam consequências catastróficas para a preservação dos sistemas vitais do planeta, com repercussão direta sobre a sociedade humana.

O que muitos desconhecem é que o Gás liquefeito de petróleo (Gás LP), conhecido popularmente como gás de cozinha, não é um gás de efeito estufa e sim uma energia limpa e amiga do meio ambiente.

No Brasil, ainda há pouca consciência sobre as propriedades físicas do Gás LP que são particularmente relevantes para o meio ambiente. Sendo assim, o grupo do Sindigás de estudo sobre Indoor Pollution, composto de representantes das distribuidoras associadas e colaboradores internos do Sindigás, contrataram a PUC-Rio para levantamento das informações disponíveis sobre o efeito do Gás LP no efeito estufa em comparação com outros energéticos.

Visando apresentar o baixo impacto do Gás LP ao meio ambiente, e conseqüentemente, às mudanças climáticas, o Sindigás pretende apresentar o relatório final do estudo de forma personalizada aos interlocutores da entidade no Governo Federal.



4. Objetivos

4.1 – Impactos Ambientais: Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas são causadas por gases e partículas poluentes, devido, principalmente, aos processos de combustão usados para geração de energia. Embora a energia traga benefícios inestimáveis para a sociedade atual, o seu uso também tem efeitos negativos, causando as mudanças climáticas. Cada tipo de energia possui um determinado efeito no clima.

Há uma percepção equivocada de que o Gás LP é uma energia poluente, assim como outros combustíveis fósseis. Este trabalho tem como objetivo comprovar que o Gás LP não é um gás de efeito estufa e sim uma energia limpa e amiga do meio ambiente.

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) causam o aquecimento global. O CO₂ representa, aproximadamente, 80% de todos os GEE, seguido pelo metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). De um modo geral, a redução das emissões de metano produzirão benefícios substanciais a curto prazo, pois esse gás possui um tempo de vida mais curto na atmosfera (12 anos) que o dióxido de carbono (120 anos).

A "Pegada de carbono" é um termo comumente usado para descrever o potencial de aquecimento global (PAG, Global Warming Potential, GWP) para um dado produto. O PAG de um gás é o impacto que ele causa no aquecimento global em relação a uma unidade equivalente de dióxido de carbono durante um determinado período de tempo (normalmente, 20 ou 100 anos). Por definição, ao dióxido de carbono é atribuído um PAG de 1, ao metano de 25 e ao Gás LP de zero. Em outras palavras, **emissões diretas de Gás LP não contribuem para as alterações climáticas, enquanto que as do metano são 25 vezes maiores que o CO₂**. O Gás LP passa a ter efeito quando queimado, pois gera CO₂ e outros gases. Pegadas de carbono para a produção e distribuição (i.e., não combustão) do Gás LP e seus concorrentes diferem na precisão e em faixa. Os combustíveis fósseis, incluindo Gás LP, têm pegadas definidas, enquanto que os biocombustíveis têm pegadas variadas. Por outro lado, a pegada relativa a eletricidade varia amplamente, mas está bem definida, por região ou por tipo de geração.

As pegadas são expressas, geralmente, em Kg ou toneladas de CO₂e (dióxido de carbono equivalente):

$$t \text{ CO}_2\text{e} = a \times b \text{ onde (a) são as toneladas dos gases emitidos e (b) é o PAG do gás.}$$

Por exemplo, se um produto emite 5 toneladas de CO₂ produz: 5 ton x PAG 1 de CO₂e = 5 ton de CO₂e. Da mesma forma, se um produto emitir 2 toneladas de metano rende uma pegada de: 2 ton x PAG 25 CO₂e = 50 toneladas de CO₂e.

Em um primeiro estudo realizado na Índia, foram avaliados os fatores de emissões dos poluentes mais importantes em 28 combinações de combustível em fogão comum. Os resultados do estudo



mostraram que a maioria dos biocombustíveis conduz a maiores impactos no aquecimento global do que os combustíveis fósseis comuns (Gás LP e querosene) porque as características de má combustão levam a um aumento das emissões de metano e outros produtos de combustão incompleta. A Figura 1 apresenta as emissões dos gases de efeito estufa para os diferentes combustíveis.

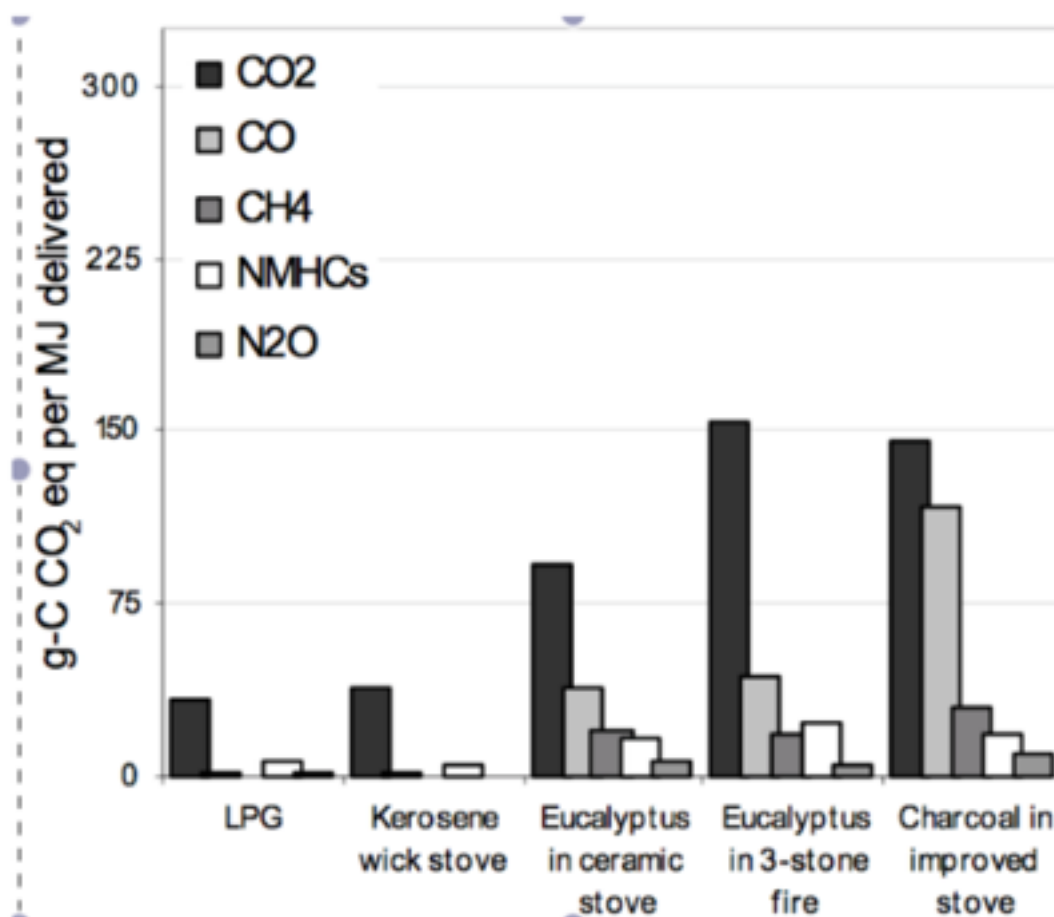


Figura 1. Gases de efeito estufa produzidos durante a queima de diferentes combustíveis utilizados na cocção de alimentos.

Pesquisadores das Universidades da Califórnia, Harvard e Nairobi avaliaram os impactos das emissões de gases de efeito estufa e partículas provenientes da queima de lenha, carvão vegetal, Gás LP e querosene utilizados com fins domésticos na África Subsariana. De acordo com os resultados, cada refeição cozida com carvão vegetal tem um efeito 2-10 vezes maior no aquecimento global do que quando cozida com lenha; e 5-16 vezes maior quando comparada com querosene ou Gás LP. Estes resultados são influenciados pelo número de gases incluídos na estimativa e o grau em que a lenha usada é regenerada.



A Tabela 1 mostra que o carvão vegetal tem um maior impacto no aquecimento global do que a lenha e o Gás LP.

Tabela 1. Ciclo de vida das emissões de gases de efeito estufa para uma variedade de combinações de combustíveis expressos em termos de g-C (unidades equivalente de CO₂) por MJ liberadas.

	Gases do Protocolo de Quioto (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)		Todos os gases (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO, HCNM)	
	Renovável	Não renovável	Renovável	Não renovável
Gás LP	44,5	44,5	53,2	53,2
Querosene	45,6	45,6	55,3	55,3
Eucalipto em fogão aberto	23,8	178,2	28,9	244,6
Eucalipto em fogão de cerâmica	27,4	119,0	34,7	174,8
Carvão vegetal	215,3	470,6	485,6	867,5

HCNM: hidrocarbonetos não-metano

Se a lenha não for obtida de forma sustentável, e for considerado os efeitos de todos os gases emitidos, o carvão vegetal terá um impacto ainda maior em relação a outros combustíveis. A biomassa usada a partir de fontes renováveis minimiza o efeito estufa pelo fato das plantas absorverem parte do CO₂ emitido durante a queima, compensando desta forma o impacto.

Se for extrapolada essas informações para o cenário brasileiro, onde a maior parte da lenha (~ 95 %) não é proveniente de fontes renováveis e o querosene não é usado comumente para a cocção, pode-se inferir que o Gás LP é o que tem, atualmente, o menor impacto.



5. Implementação

5.1 - Análise dos resultados

O desmatamento é uma das causas das mudanças climáticas, por dois motivos: um porque deixa de absorver CO₂ da atmosfera e outro porque passa a emitir este poluente quando queimado, que é geralmente o destino final da biomassa. Em um primeiro momento se poderia pensar que o uso de lenha como combustível para cocção, e outras atividades, seria um modo de fazer uso de energia renovável de forma mais sustentável. Porém, estudos mostram que o desmatamento, devido ao uso de lenha e carvão, é maior que o reflorestamento. Além disso, a liberação de gases e partículas para a atmosfera é maior com a queima de lenha do que outros combustíveis. Gases e partículas tem importância crucial nas mudanças climáticas. Outros fatores importantes do desmatamento são a degradação do solo e dos sistemas hídricos.

Em geral, a produção e utilização de biocombustíveis aumentam a segurança energética e independência da nação, reduzem poluentes convencionais e as emissões de gases de efeito estufa, promovem a investigação e o desenvolvimento, geram empregos e oportunidades. Por outro lado, a produção de biomassa requer terra, água, fertilizantes e outros recursos e podem causar mudanças no uso da terra, e pressão adicional sobre os recursos hídricos (isto é, a poluição e excesso de uso), aumentando o preço dos alimentos. Em determinados cenários, a produção de biocombustíveis pode emitir mais gases de efeito estufa e consumir mais energia fóssil.

A queima de gás natural libera cerca de metade do dióxido de carbono da queima de carvão. Mas, esse benefício pode não compensar, devido aos vazamentos de metano, um dos principais componentes do gás natural.

Um estudo recente realizado nos EUA avaliou vazamentos e perdas em cinco estações de compressão e instalações de armazenamento de gás natural. Estações de compressores são as instalações utilizadas para fazer avançar o fluxo de gás natural em toda a tubulação. As instalações de armazenamento são aquelas que injetam gás natural em poços subterrâneos para armazenamento sazonal, e o gás natural é retirado dessas instalações quando a demanda é alta. De acordo com o estudo, a minoria das emissões ocorre devido a componentes de vazamento, enquanto a maioria das emissões de metano é atribuída a perdas. As taxas de vazamento nos locais de estudo variam de 0,7 a 4,5 kg h⁻¹, ao passo que as perdas variaram de 4,3 a 23,8 kg h⁻¹. Usando uma estimativa de 100 anos, as emissões equivalentes ao CO₂ para estes locais resultarão em mais de 24 000 toneladas por ano. Usando um custo social do carbono de US\$ 37 por tonelada métrica, isso resultaria em custos anuais de US\$ 915 000. Importante lembrar que o uso do gás natural exige energia para a sua transmissão e armazenagem sazonal. Esta energia pode vir do próprio gás ou de outra fonte, ex. elétrica.

Cientistas americanos têm relatado emissões alarmantes de metano em campos de petróleo e gás, questionando sobre os benefícios ambientais do uso crescente de gás natural nos EUA. A perfuração e extração de gás natural de poços e seu transporte em dutos resulta no vazamento de metano, um gás



muito mais potente aquecimento global que o CO₂. Os estudos preliminares e medidas de campo mostram que as chamadas emissões de metano "fugitivo" variam de 1 a 9 por cento do total das emissões do ciclo de vida.

A extração do gás natural pode afetar a qualidade do ar local e regional. Algumas áreas onde ocorre perfuração e beneficiamento foram observados aumentos das concentrações de poluentes atmosféricos perigosos - material particulado e ozônio, além dos seus precursores.

Outro importante contribuinte do aquecimento global é o carbono negro ("black carbon", BC). O BC é um componente do material particulado fino e consiste de carbono puro. Ele é formado através da combustão incompleta de combustíveis fósseis, biocombustíveis e biomassa, e é emitido tanto por fontes antropogênicas quanto naturalmente. Aproximadamente, 18 % do BC é emitido pela queima de biocombustíveis (ex. lenha) residencial com tecnologias tradicionais. O carbono negro causa efeitos diretos e indiretos no clima. Diretamente ele aquece a Terra, absorvendo a luz solar e aquecimento da atmosfera e reduzindo albedo quando depositados em neve e gelo e indiretamente pela interação com nuvens. O BC permanece na atmosfera por apenas alguns dias ou semanas, enquanto que o dióxido de carbono (CO₂) tem um tempo de vida atmosférico de mais de 100 anos.

Estudos mais recentes sugerem que as emissões de carbono negro são o segundo maior contribuinte para o aquecimento global depois de emissões de dióxido de carbono, e que a redução destas emissões pode ser a estratégia mais rápida para retardar as mudanças climáticas, uma vez que a vida útil do BC é curta. Apesar da contribuição significativa das emissões de BC para as mudanças climáticas, elas não fazem parte do protocolo de Kyoto ou de outros regulamentos do clima e não são avaliados em termos de pegada de carbono.

Um estudo realizado por Edward (2004) comparou as pegadas de diferentes combustíveis, incluindo o BC (Tabela 2).

Tabela 2. Pegadas de carbono incluindo o carbono negro para diferentes combustíveis

Combustível	gCO ₂ e / MJ (GWP 20)		
	Gases de efeito estufa	BC e outros gases	Total
Gás LP	140	1	141
Carvão vegetal processado	291	62	353
Lenha – carbono neutro	43	725	768
Lenha – carbono não neutro	431	725	1156
Carvão vegetal não processado	1154	5040	6194



Para o Gás LP a contribuição do BC é insignificante. Por outro lado, tanto as pegadas de carvão quanto de lenha são alteradas substancialmente quando BC é incluído.

Estudos realizados em laboratório mostram que as emissões relativas a queima de Gás LP (0,010 g kg⁻¹) são muito menores que para carvão (5,42 g kg⁻¹) e lenha (0,60 g kg⁻¹).

Pesquisadores da University of British Columbia, Canadá, desenvolveram um método para comparar e classificar os impactos ao clima e a saúde causados por uma combinação de fogões e combustíveis encontrados na literatura.

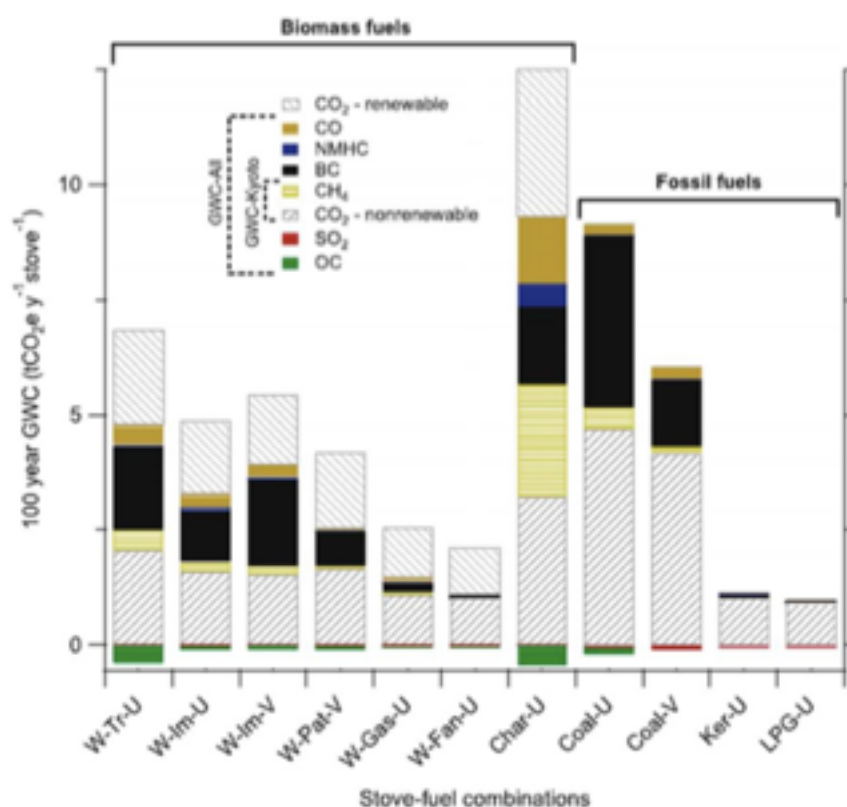


Figura 2. Estimativas (GWC100) anuais para as espécies pertencentes ao Protocolo de Quioto (listradas) e não pertencentes (preenchimento sólido) emitidos pela combinação de combustíveis e fogões. Fogões a lenha tradicional (W-Tr-U); fogões a lenha aprimorados (W-lm-U, W-lm-V, W-Pat-V, W-Gas-U, W-Fan-U); fogões a carvão vegetal (Char-U); Fogões tradicionais a carvão mineral (Coal-U e Coal-V); fogões a querosene (Ker-U) e fogões a Gás LP (LPG-U).



A Figura 2 mostra que o potencial de aquecimento global (GWP) para fogões tradicionais e aprimorados tem uma grande contribuição de emissões de produtos de combustão incompleta que não estão incluídos no Protocolo de Quioto. Portanto, grande parte dos benefícios climáticos ganhos pela substituição destes fogões não está contabilizada no aquecimento global. Além disso, muitos fogões tradicionais (W-Tr-U, Char-U, Coal-V) têm grandes emissões de gases de efeito estufa. Os valores do GWP variam em até 10 vezes de acordo com as combinações de fogão e combustíveis. Os fogões a lenha com queima mais limpa (W-Gas-U e W-Fan-U) têm GWC 4 vezes menor que os fogões a lenha tradicionais. Fogões a Gás LP e querosene apresentaram os menores valores de GWP, sendo até mais limpos que fogões de queima de biomassa eficientes (W-Gas-U e W-Fan-U), se estes operarem com biomassa renovável. Estes fogões (Gás LP e querosene) apresentaram também os menores riscos de exposição. Pelos resultados do estudo, e contradizendo as expectativas, as opções de combustíveis fósseis podem ser as opções mais limpas tanto para a saúde quanto para as mudanças climáticas.

Os combustíveis fósseis, tais como o querosene e Gás LP têm o potencial de reduzir os impactos climáticos relativos às atividades culinárias, e, além disso, apresenta reduções a exposição de PM2.5 incomparáveis.



6. Indicadores de desempenho

Em futuro próximo, motivado nos resultados desta revisão de literatura, pretende-se elaborar publicações e workshops, em parceria com a PUC-Rio, para conscientizar autoridades governamentais de que o Gás LP é uma energia limpa, disponível, econômica e moderna.

Um dos indicadores de desempenho oriundos deste estudo é o acompanhamento da diminuição dos gases de efeito estufa e a substituição destes energéticos poluidores pelo Gás LP e, conseqüentemente, o monitoramento da redução do desmatamento, já que no Brasil 25% das residências usam a lenha para cocção.



7. Referências bibliográficas

- Anenberg SC, Schwartz J, Shindell D, Amann M, Faluvegi G, Klimont Z, Janssens- Maenhout G, Pozzoli L, Van Dingenen R, Vignati E, Emberson L, Muller NZ, West JJ, Williams M, Demkine V, Hicks WK, Kuylenstierna J, Raes F, Ramanathan V (2012). Global air quality and health co-benefits of mitigating near-term climate change through methane and black carbon emission controls". *Environ Health Perspect* 120, 831–839.
- Atlantic Consulting (2009) LPG's Carbon Footprint Relative to Other Fuels. Zurique, Suíça.
- Atlantic Consulting / AEGPL (2010). Clearing the air: Black Carbon, Climate Policy and LP Gas.
- Bailis, R., Pennise, D., Ezzati, M., Kammen, D.M., Kituyi, E. (2004) Impacts of greenhouse gas and particulate emission from woodfuel production and end-use in Sub-Saharan Africa. 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy and Industry, Rome, Italy, 10-15 May.
- Bond; et al. (2013). "Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment". *J. Geophys. Res. Atmos.* 118: 5380–5552.
- Edward, R. D., Smith K. R., Zhang J. Ma Y., (2003) Models do predict emissions of health-damaging pollutants and global warming of residential fuel/residential combinations in China. *Chemosphere*, 50, 201-215.
- Edwards, R. D., Kirk R Smith , Junfeng Zhang , Yuqing Ma (2004) Implications of changes in household stoves and fuel use in China. *Energy Policy* 32: 395-411.
- Grieshop, A.P., Marshall, J.D., Kandlikar, M. K. (2011) Health and climate benefits of cookstove replacement options. *Energy Policy* 39, 7530–7542.
- Jacobson, M. Z. (2007). Black carbon and global warming. U. H. o. Representatives. Washington DC.
- Johnson, D., Covington, A., Clark, N. (2014) Environmental and Economic Assessment of Leak and Loss Audits at Natural Gas Compressor and Storage Facilities. *Energy Technol.* 2, 1027 – 1032.
- Lam NL1, Chen Y, Weyant C, Venkataraman C, Sadavarte P, Johnson MA, Smith KR, Brem BT, Arineitwe J, Ellis JE, Bond TC. (2012) Household light makes global heat: high black carbon emissions from kerosene wick lamps. *Environ Sci Technol.*, 18;46(24):13531-8. doi: 10.1021/es302697h. Epub 2012 Dec 4.
- Mullen NA, Li J, Singer BC. (2012) Impact of Natural Gas Appliances on Pollutant Levels in California homes. LBNL- 5970e. Berkeley, CA:Lawrence Berkeley National Laboratory.
- National Energy Technology Laboratory (NETL). 2010. Cost and performance baseline for fossil energy plants, Volume 1: Bituminous coal and natural gas to electricity. Revision 2. November. DOE/NETL-2010/1397. United States Department of Energy.



Pétrol, G., et al. (2012) Hydrocarbon Emissions Characterization in the Colorado Front Range — A Pilot Study, *J. Geophys. Res.*, 117, D04304, doi:10.1029/2011JD016360.

Ramanathan V. and G. Carmichael, (2008) Global and regional climate changes due to black carbon, *Nature Geoscience* 1, 221-222.

Sanga, Godfrey Alois (2004) Avaliação de impactos de tecnologias limpas e substituição de combustíveis para cocção em residências urbanas na Tanzânia. Dissertação de Mestrado. Universidade estadual de Campinas. Campinas, SP.

Singh, P., Gundimeda, H., Stucki, M. (2014) Environmental footprint of cooking fuels: a life cycle assessment of ten fuel sources used in Indian households. *Int J Life Cycle Assess*, 19, 1036–1048.

Smith, K. R., Uma R., Kishore R. R., Lata K., Joshi V., Zhang J., Rasmussen R. A., Khalil M. A., (2000) Greenhouse gases from small scale combustion devices in developing countries, United States Environment Protection Agency (EPA). Disponível em: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/Pubs/600R00052/600R00052.pdf> .

Smith, K., (2002) In praise of petroleum? *Science* 298 (5600), 1847. doi:10.1126/ science. 298.5600.1847.

Smith, K., et al., Greenhouse Gases From Small- Scale Combustion Devices In Developing Countries Phase IIa: Household Stoves In India. 2000a, USEPA: Research Triangle Park, NC.

Smith, K., et al., Greenhouse Implications of Household Stoves: An Analysis from India. *Ann. Rev. Energy Environmental.*, 2000B, 25, 741-763.

Tollefson, J. (2013) Methane leaks erode green credentials of natural gas. *Nature* 493, doi: 10.1038/493012a.

Venkataraman, C., Sagar, A. D., Habib, G. Lam, N., Smith, K.R. (2010) The Indian National Initiative for Advanced Biomass Cookstoves: The benefits of clean combustion. *Energy for Sustainable Development* 14, 63–72.