

# ESTUDO COMPREENSIVO DO CONFORTO AMBIENTAL EM HABITAÇÕES RURAIS DO CEARÁ

Ricardo Luis Teles de Carvalho<sup>1</sup>, Adeildo Cabral da Silva<sup>2</sup>, Phylippe Gomes de Lima Santos<sup>3</sup>, Luís António da Cruz Tarelho<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doctoral Programme in Civil Engineering, Danish Building Research Institute – Doctoral School of Engineering and Science at Aalborg University, Copenhagen, Denmark, [rlc@sbi.aau.dk](mailto:rlc@sbi.aau.dk)

<sup>2</sup> Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental, Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil, [cabral@ifce.edu.br](mailto:cabral@ifce.edu.br)

<sup>3</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental, Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil, [phylippesantos@gmail.com](mailto:phylippesantos@gmail.com)

<sup>4</sup> Departamento de Ambiente e Ordenamento, Centro de Estudos do Ambiente e do Mar – Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, [ltarelho@ua.pt](mailto:ltarelho@ua.pt)

**Eixo temático:** Clima, Ambiente e Atividades Rurais

**Resumo:** A reduzida eficiência dos fogões tradicionais de cozinha constitui um problema ambiental para famílias de baixa renda do Ceará, pelo que o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis está desenvolvendo um projecto de substituição dos fogões tradicionais por ecoeficientes. A pesquisa visa uma análise relacionada ao uso dos novos fogões em 15 habitações rurais, numa comunidade com 75 famílias abrangidas pelo projeto, onde se realizaram questionários e medições de conforto ambiental. Concluiu-se que, 13% do consumo de energia diz respeito ao gás butano e 87% está relacionado ao uso de lenha, sendo que 20% das famílias sente desconforto provocado pela fumaça e aumento da temperatura interior causado pelos fogões melhorados. No interior duma habitação onde se utiliza o fogão ecoeficiente, a concentração máxima de CO<sub>2</sub> foi 922 ppm e a temperatura média do ar 28°C, com baixos valores de umidade relativa média do ar de 28%. Na segunda parte do projeto, deverá proceder-se a uma caracterização mais representativa da qualidade do ar interior das habitações em estudo.

**Palavras chave:** fogão ecoeficiente, habitações rurais, eficiência energética, conforto ambiental.

**Abstract:** The low efficiency of traditional cooking stoves is an environmental problem for low-income families of Ceará, reason why the Institute for Sustainable Development and Renewable Energy is developing a project related to the replacement of traditional stoves for ecofriendly ones. The research aims at to analyse the use of the new stoves in 15 rural dwellings, in a community with 75 families covered by the project, where questionnaires and measurements of environmental comfort were performed. It was concluded that 13% of the energy consumption is associated with butane usage and 87% is related to the use of firewood, and 20% of families feel discomfort caused by smoke and temperature increase caused by stoves indoors. Inside a room where the stove uses ecofriendly stoves, the maximum concentration of CO<sub>2</sub> detected was 922 ppm and the mean air temperature was 28 ° C, with low air relative humidity values of 28%. In the second part of the study a more representative characterization of the indoor air quality of the studied households must be carried out.

**Keywords:** eco-efficient stove, rural housing, energy efficiency, environmental comfort.

## 1. Introdução

Os fogões a lenha são uma das tecnologias de fornecimento de energia mais ancestrais e populares do mundo, sendo que 3 bilhões de pessoas no mundo utiliza fogões a biomassa nas suas actividades de cozinha ou para o aquecimento doméstico (SIMON, 2011; UNDP 2009). Os problemas de saúde ocupacional e ambientais têm vindo a aumentar devido à combustão interior de biomassa e é reconhecido que o número de pessoas afectadas em 2030 possa ultrapassar os 200 milhões.

Atualmente, o uso de fogões a biomassa é a quarta maior causa de morte em países em desenvolvimento, sendo que as mulheres e crianças são os grupos mais expostos aos problemas causados pela combustão doméstica (CIAP, 2012).

No mundo em desenvolvimento, a madeira florestal ainda é uma das principais fontes de energia utilizada para o aquecimento e fins de cozinha (IPCC, 2011). A África Subsariana e Índia estão entre os maiores usuários de lenha do mundo para fins de cozinha, 27% e 14% do consumo total de combustíveis fósseis nas regiões em desenvolvimento (UNDP, 2009). Na América Latina, os fogões de cozinha são bastante populares em habitações rurais, onde predominam as construções tradicionais e onde existe potencial para o desenvolvimento de culturas de agrofloresta (MAIA, 2008).

A combustão residencial de biomassa pode ser considerada como um processo neutro do ponto de vista do balanço de carbono (CARVALHO, 2010), porém, este processo pode ser bastante prejudicial para a saúde e ambiente (SIMON, 2011), responsável por 2 milhões de mortes por ano a nível mundial – 99% nos países em desenvolvimento, devido à emissão de pequenas partículas de fuligem (WHO, 2004). A combustão ineficiente da lenha acontece com frequência em comunidades de baixa renda, em habitações rurais com condições limitadas de ventilação natural. Por outro lado, os fogões a lenha de elevada eficiência térmica podem contribuir para o sobreaquecimento de casas localizadas em regiões semi-áridas. A energia térmica gerada por fogões a lenha de elevada eficiência térmica deve ser adaptada às reais necessidades de energia nas habitações (JENSEN, 2011), minimizando a emissão de compostos gasosos inqueimados (CARVALHO, 2011).

No Brasil, o acesso a redes de energia limpa em comunidades remotas é ainda limitado por importantes fatores sociais e económicos. Segundo estudos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Energética (2008, p. 21), o consumo de lenha representa 36,4% do consumo de lenha na matriz energética Brasileira ao nível residencial, enquanto que o gás GLP de cozinha representa 25,8% do consumo total de energia final.

Com o intuito de aumentar a eficiência energética da combustão de lenha em fogões de cozinha, reduzindo o desmatamento em regiões do norte e nordeste do Brasil, têm vindo a ser desenvolvidos projectos de incentivo à troca dos velhos fogões por sistemas mais eficientes com menos impactos para os utilizadores da cozinha, nomeadamente as mulheres que normalmente passam mais tempo nesse compartimento da casa (IDER, 2012).

Apesar da instalação recente de 23000 unidades de fogões eco-eficientes em habitações (26500 famílias) nos estados do Ceará e Amazonas, ainda não foi efectuado um estudo consistente sobre os impactos da sua utilização no clima interior das habitações rurais (IDER, 2008).

## 2. Objetivo

### 2.1 Objetivo Geral

Realizar um levantamento acerca da percepção dos usuários de fogões a lenha ecoeficientes relativos aos impactos da combustão residencial na conservação de energia e conforto interno em comunidades do interior do estado do Ceará.

### 2.2 Objetivos Específicos

Efectuar um estudo preliminar dos impactos da combustão de lenha em fogões ecoeficientes na qualidade do ar e conforto interno. Recomendar medidas preventivas da poluição do ar interior e desconforto interno.

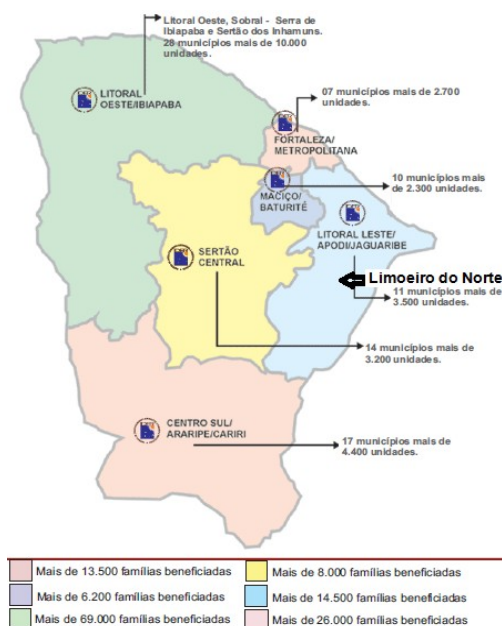
## 3. Métodos utilizados

### 3.1 Áreas de estudo

Selecionou-se uma pequena comunidade rural de baixa renda, localizada na região semi-árida do baixo Jaguaribe (Litoral Leste do estado do Ceará) no Município de Limoeiro do Norte. Segundo o IDER (2012), neste município foram instalados 477 novos fogões afectando 11 comunidades onde residem 2936 famílias. Selecionou-se a comunidade do Km60, onde foram instalados mais fogões ecoeficientes e uma das mais isoladas do referido município. Nesta localidade habitam 174 famílias onde foram instalados 75 fogões a lenha ecoeficientes.

A comunidade de Km60 (localizada a 60 km do estado do Rio Grande do Norte) encontra-se afastada do centro da cidade de Limoeiro do Norte e é uma região com disponibilidade de lenha adequada para uso em fogões de cozinha, tendo sido esse um dos critérios mais relevantes na escolha da aplicação do estudo de caso.

**Figura 1. Mapa do Ceará e indicação do município de Limeiro do Norte.**



Fonte: IDER, 2012

### 3.2 Fogões a lenha ecoeficientes

Em 2006 e 2007, com o apoio da USAID e do GVEP, o IDER instalou 100 unidades em três comunidades do Ceará. Os resultados positivos levaram o Governo do Estado do Ceará a adotar o fogão ecoeficiente como uma política pública. Atualmente, existem 25 mil fogões instalados. A construção começa com o treinamento de pedreiros dos próprios municípios, que recebem R\$ 20 por cada unidade instalada.

Criado a partir de modelos que obtiveram sucesso em outros países, os fogões ecoeficientes reduzem em até 40% o consumo de lenha e reduzem o problema da poluição interna.

Os fogões ecoeficientes são construídos em alvenaria de tijolo e cimento, com a câmara de combustão em ferro fundido, dimensionada para maximizar a temperatura de chama e a combustão completa reduzindo a emissão de gases de combustão inqueimados. Todos os fogões ecoeficientes possuem chaminé de exaustão em ferro fundido instalada para mitigar a poluição do ar interno (IDER, 2012).

### 3.3 Estudo de caso no interior Ceará

Foi realizado um estudo caso, através da aplicação de 25 questionários em 15 habitações construídas em alvenaria (telha cerâmica e piso de cimento queimado), com o objectivo de efectuar um levantamento sobre a percepção dos seus habitantes acerca do impacto da combustão de lenha em fogões ecoeficientes no conforto ambiental interno, com ênfase nas problemáticas das perdas de energia térmica por sobreaquecimento. Foi efetuado um levantamento sobre o estado actual de uso dos fogões e padrões típicos de consumo de energia nas habitações unifamiliares. Também foram elaboradas questões relacionadas aos impactos do uso dos fogões ecoeficientes na qualidade do ar interior (emissão de gases de combustão) e os problemas de saúde associados como a asma e alergias.

O estudo de campo e respectivas entrevistas decorreram durante o mês de Agosto 2012, tendo contado com a colaboração dos alunos participantes no curso Gestão de Energia e Qualidade do Ar - Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Numa primeira fase, foram identificados os sistemas de energia e modo de utilização de equipamentos nas habitações rurais, considerando as habitações escolhidas como representativas das casas típicas do interior do Ceará, em termos de soluções construtivas e matriz energética residencial.

Durante as entrevistas questionaram-se os proprietários acerca dos tipos de combustíveis utilizados nos fogões de cozinha, consumo mensal associado, modo de ignição e sua forma de aquisição, nomeadamente onde se realiza a compra e/ou a colheita dos combustíveis.

### 3.4 Matriz energética residencial

Foram contabilizados os tipos de combustíveis utilizados na cozinha, com o objectivo de analisar a matriz de energia de cada habitação, tendo sido aplicadas as seguintes fórmula de cálculo:

$$E_{\text{gás}}[\text{tep}] = n^{\circ}\text{botijão} \times 0,013 \text{ ton/botijão} \times 1/F_{\text{c}_{\text{gás}}} \text{ tep/ton} \quad (\text{Eq 1})$$

Sendo “nº botijões” número médio de reservatórios de gás butano de 13 kg consumidos por mês do ano, considerando  $F_{c_{gás}}$  igual a 41,87 tep/t (Despacho n.º 17313, 2008).

$$E_{madeira} [\text{tep}] = m_{madeira} \text{ ton} / F_{c_{madeira}} \times \text{tep/ton} \quad (\text{Eq 2})$$

Sendo  $m_{madeira}$  igual à massa de lenha consumida em média a cada mês do ano, considerando  $F_{c_{madeira}}$  do gás butano igual a 0,35 tep/t (Despacho n.º 17313/2008).

### 3.5 Medições de conforto ambiental

Foi selecionada uma das habitações do estudo de caso (designada de habitação N – ver Tabela 1) para realizar medições da temperatura e umidade relativa no compartimento onde se encontrava instalado o fogão ecoeficiente, bem como num ponto exterior à habitação. A habitação N foi selecionada para realizar o ensaio preliminar pelo facto de possuir um fogão a lenha ecoeficiente que é operado diariamente durante todo o dia, sendo esta uma primeira abordagem para o posterior desenvolvimento dum estudo de conforto térmico mais amplo. Selecionou-se a habitação N também pelo facto do usuário do fogão ter bastante prática na ignição e controlo da combustão da lenha. O referido sensor de medição contínua HOBO-*datalogger* foi colocado a 1.5 m de distância do fogão a lenha e 1.70 m de altura do solo, num ponto onde os ocupantes da cozinha se encontram expostos ao sobreaquecimento provocado pelo fogão ecoeficiente.

Foi também realizada uma série de medições de concentração  $CO_2$  na habitação N, com o objetivo de analisar a variação da concentração ao longo do período em que decorreu a combustão da lenha (ensaio preliminar). O sensor de medição contínua de  $CO_2$  HOBO-*datalogger* foi colocado a 1.5 m de distância do fogão a lenha e 1.70 m de altura do solo, num ponto onde os ocupantes da cozinha se encontram normalmente expostos aos efeitos das emissões gasosas provocadas pela combustão de lenha no fogão ecoeficiente.

## 4. Resultados

As habitações em estudo utilizam 3 tipos diferentes de fogões de cozinha, nomeadamente os modelos tradicionais de reduzida eficiência térmica, os melhorados ecoeficientes com uma eficiência energética mais elevada - poupam em 40% o consumo de lenha, relativamente aos tradicionais (IDER, 2012) e os fogões a gás butano (combustível importado e transportado por camião para as comunidades rurais do Ceará).

Das entrevistas realizadas, obtiveram-se dados sobre os consumos de energia primária, sendo que 2 famílias utilizam apenas o fogão a gás butano (13%) - após o desmantelamento dos fogões instalados, 9 famílias utilizam ambos os fogões a gás e ecoeficiente (60%), 2 famílias utilizam ambos os fogões a gás e lenha (13%), 1 família utiliza somente o fogão ecoeficiente (7%) e 1 família utiliza todos (7%).

**Tabela 1. Habitações e fogões de cozinha do caso de estudo em Limoeiro do Norte/CE.**

Habitação	Nºpessoas	Tipos de fogão	Consumo Gás (kg)	Consumo Lenha (kg)
A	3	Gás	13	N.A
B	3	Gás + Ecoeficiente	6,5	590
C	5	Gás	13	6
D	6	Gás + Lenha	13	25
E	3	Gás + Ecoeficiente	13	N.A
F	2	Todos	4,3	120
G	12	Gás + Ecoeficiente	13	50
H	5	Gás + Ecoeficiente	13	50
I	7	Gás + Ecoeficiente	4,3	50
J	3	Gás + Ecoeficiente	3,3	5900
L	3	Gás + Lenha	N.A	5900
M	8	Ecoeficiente	4,3	N.A
N	5	Gás + Ecoeficiente	13	590
O	6	Gás + Ecoeficiente	13	590
P	5	Gás + Ecoeficiente	6,5	295

#### 4.1 Combustíveis

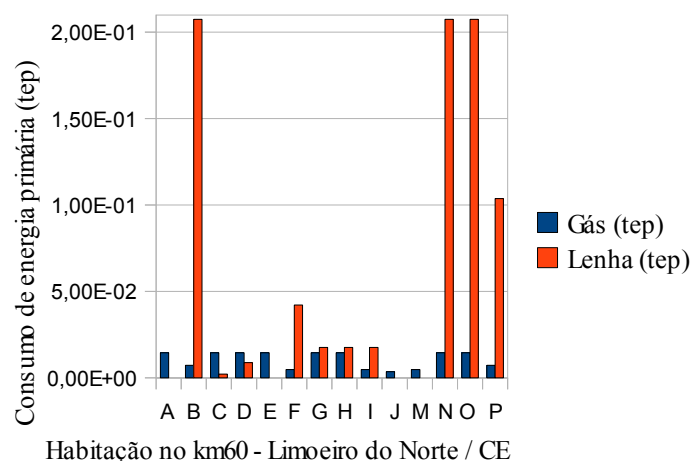
O gás butano (gás de petróleo liquefeito) foi adquirido no mercantil mais próximo de cada casa unifamiliar. Neste estudo, considerou-se o valor do PCI do gás butano igual a 46,65 MJ/kg (Despacho n.º 17313, 2008).

Dentre as biomassas utilizadas em comunidades rurais do Ceará destaca-se a utilização da Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com Poder Calorífico Superior (PCS) igual a 4,6 kcal/kg e massa volúmica igual a 1,19 kg/m<sup>3</sup> e Freijó (*Cordia goeldiana Uber*) com PCS igual a 4,8 kcal/kg e massa volúmica igual a 0,59 kg/m<sup>3</sup> (USP, 2012). A lenha utilizada pelas famílias da comunidade do Km60 é normalmente colhida pela população a uma distância de 2-3 km das casas onde é utilizada. Quanto ao modo de ignição da combustão, os combustíveis mais utilizados são o plástico, querosene, óleo diesel e óleo de cozinha.

#### 4.2 Matriz energética residencial

Da aplicação dos questionários resultou que o consumo de gás butano variou entre  $3,62 \times 10^{-3}$  e  $1,45 \times 10^{-2}$  tep, enquanto o consumo de lenha variou entre  $2,11 \times 10^{-3}$  e  $2,07 \times 10^{-1}$  tep. O consumo médio de gás butano foi  $1,06 \times 10^{-2}$  tep (13% do consumo de energia primária), enquanto que o consumo médio de lenha nas habitações em estudo foi  $6,93 \times 10^{-2}$  tep (87% do consumo de energia primária).

**Gráfico 1. Consumos em de combustível nos fogões de cozinha na comunidade em estudo.**



#### 4.3 Discussão sobre energia térmica

Dos fogões ecoeficientes instalados, apenas 11 unidades activas permanecem ativas (73% das habitações em estudo). De um modo geral, o consumo de lenha é superior ao consumo de gás natural, facto que pode ser justificado pelo baixo custo associado a este combustível e pela elevada eficiência térmica dos fogões a lenha ecoeficientes, relativamente aos fogões tradicionais.

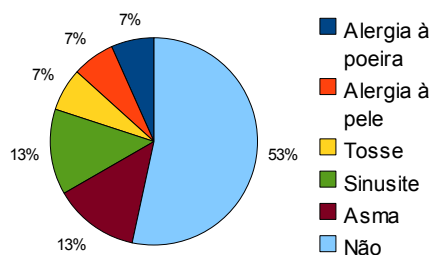
Em 14 das 15 habitações em estudo (93% dos casos) utiliza-se o fogão de cozinha a gás butano. Apesar do consumo de lenha ser geralmente mais elevado do que o consumo de gás, nas habitações C e D, o consumo de gás butano é superior ao consumo de lenha, facto que poderá ser justificado pela facilidade de manuseio do fogão a gás.

A grande maioria das comunidades do interior do Ceará tem vindo a aumentar o seu poder de aquisitivo, o que tem como consequência um aumento da compra de electrodomésticos e equipamentos de cozinha, incluindo o acesso ao fogão a gás butano. A maioria das famílias utiliza agora ambos os fogões de cozinha (lenha e gás butano).

#### 4.4 Saúde ocupacional e qualidade do ar interior

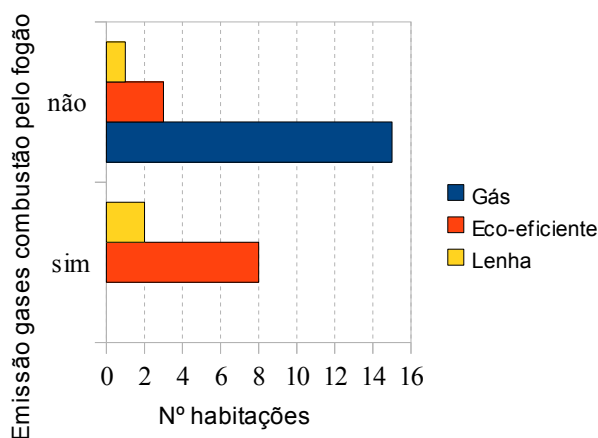
Das habitações em estudo, 47% das famílias revelaram ter problemas de saúde e 40% das famílias inquiridas revelou existirem doenças ou sintomas de asma e/ou alergias nas suas casas, sendo que 5 famílias apresentaram queixas relacionadas com o desconforto ambiental provocado pela utilização dos fogões a lenha, 3 das quais relacionadas com a operação de fogões ecoeficientes (20% das famílias envolvidas neste estudo).

**Gráfico 2. Problemas de saúde identificados na comunidade em Limoeiro do Norte/CE**



Dentre as principais razões das queixas apresentadas encontram-se a emissão de gases de combustão para o interior das casas, sensações de irritação do tracto respiratório e sobreaquecimento do ambiente interno. Das entrevistas realizadas, segundo a percepção dos proprietários, o fogão a gás butano não emite “fumaça” (todas as casas onde são utilizados), enquanto os fogões a lenha ecoeficientes emitem poluentes em 73% das habitações.

**Gráfico 3. Percepção da emissão de fumaça pelos fogões em cada habitação em estudo.**

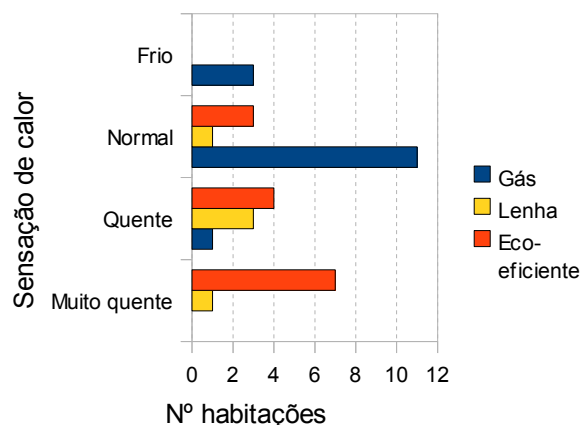


#### 4.5 Conforto interno

Afim de compreender quais as sensações de calor percebidas pelos usuários dos diversos fogões foi realizado um levantamento relativo ao grau de aquecimento percebido em cada uma das habitações. A escala de sensações identificada para o período durante o uso dos fogões a gás butano, ecoeficiente e tradicional variou entre Muito Quente-Frio.



**Gráfico 4. Percepção da sensação de calor identificados nas habitações em estudo.**



Verificou-se que os usuários do fogão a gás butano não perceberam sobreaquecimento do ambiente interno (73% das pessoas não sentem o aquecimento), enquanto que os ocupantes das habitações que utilizam o fogão ecoeficiente revelaram sentir sensações de muito calor aquando da utilização desse fogão (47% de pessoas sentem muito calor).

Da aplicação dos questionários resulta que, o tempo de aquecimento nos fogões a gás butano é geralmente inferior a 1 hora. Por outro lado, os fogões a lenha são utilizados durante uma grande parte do dia por períodos superiores a 4 horas (ignição pela 6 horas da manhã). Os fogões tradicionais seguem a mesma tendência dos fogões ecoeficientes, no entanto, foram entrevistadas poucas casas que utilizam estes fogões, pelo que a presente amostra não revela o mesmo grau de representatividade.

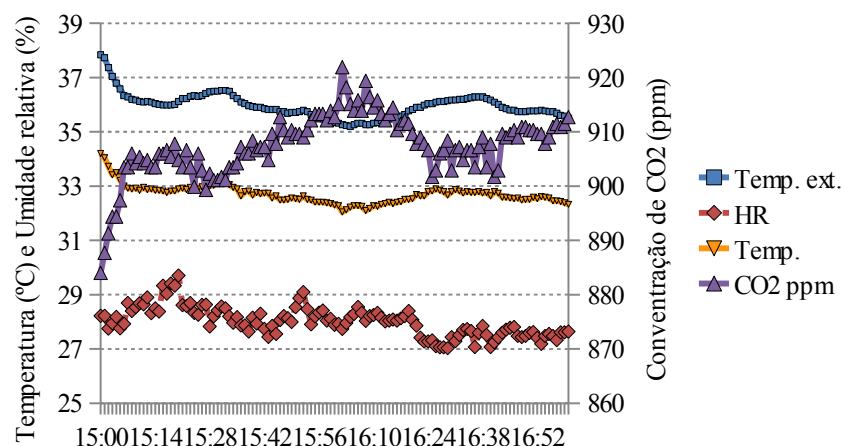
#### **4.6 Medições de CO<sub>2</sub> e temperatura**

Da sessão de monitoramento realizada na habitação N resultou que, a temperatura interna, junto ao fogão a lenha ecoeficiente, variou entre 34,2 °C (início da tarde) e 32,7 °C (final da tarde), enquanto a umidade relativa no mesmo ponto variou entre 29,7 % (início da tarde) e 28,0 % (final da tarde). A temperatura no exterior da habitação N variou entre os 37,8 °C (início da tarde) e os 35,2 °C (final da tarde), enquanto a umidade relativa no exterior variou entre 23,9% e 24,6%.

A concentração de CO<sub>2</sub> variou entre os 922 ppm (meio da tarde) e 908 ppm (final da tarde). O pico de concentração CO<sub>2</sub> decorreu pelas 16h02, aquando do manuseamento da câmara de combustão para demonstração do funcionamento do processo de combustão de lenha no fogão ecoeficiente.

O ponto de amostragem junto ao fogão ecoeficiente encontrava-se localizado num pátio anexo à casa, bem ventilado pelas correntes de ar que atravessam a mesma, ventilação natural promovida pela abertura de portas e janelas da habitação N.

**Gráfico 5. Medições de temperatura, umidade relativa e concentração de CO<sub>2</sub> na habitação N.**



#### 4.7 Discussão sobre saúde e conforto ambiental

Neste estudo de caso, verificou-se que algumas das famílias entrevistadas reportou ocorrer emissão de gases de combustão pelos fogões ecoeficientes para o interior das habitações, razão pela qual a maioria das pessoas prefere utilizar o fogão a gás butano. Destaca-se o elevado grau de satisfação de alguns dos usuários do fogão ecoeficiente que não apresentaram queixas relacionadas à emissão de gases poluentes, nomeadamente o proprietário da habitação N, onde foi posteriormente realizada uma sessão de medição de temperatura e CO<sub>2</sub>.

Os resultados obtidos nas medições da temperatura ao longo da tarde revelam que a temperatura no local onde se encontra o fogão é inferior à temperatura exterior. Tal fato pode ser justificado pelas ótimas condições de ventilação no pátio exterior onde se encontra o fogão ecoeficiente. No entanto, é importante referir que, as correntes de ar existentes no local podem causar uma dispersão de poluentes do fogão ecoeficiente para o interior da habitação N, pelo facto do fogão ter sido instalado junto à entrada para a casa. É importante referir que se registaram valores baixos, inferiores a 30%, de umidade relativa no local onde se encontrava o fogão e no exterior da habitação em estudo, facto que pode estar associado às queixas anteriormente mencionadas.

A concentração de CO<sub>2</sub> junto ao fogão ecoeficiente é constante até se iniciar o manuseio da lenha na câmara de combustão, através da abertura da porta de ferro fundido do fogão pelo usuário do fogão. Nessa fase, ocorreu um aumento da vazão da admissão de ar de combustão. Apesar do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> durante esse período, os valores não ultrapassaram o valor limite de 1000 ppm - estabelecido pelo Decreto-Lei 79/2006, legislação Portuguesa para a qualidade do ar interior.

#### 5. Conclusões

A comunidade de baixa renda em estudo é um exemplo típico de um aglomerado populacional localizado numa região remota do Ceará, com acesso limitado a tecnologias modernas de produção descentralizada de energia, nomeadamente geradores GPL/diesel e sistemas de micro-geração solar e/ou eólica que requerem elevado custo de investimento inicial. A comunidade encontra-se numa

região com elevada disponibilidade de lenha do semi-árido, onde a maioria dos moradores ainda utiliza fogões a lenha em simultâneo com fogões a gás butano.

Do estudo realizado sobre conforto ambiental em 15 habitações rurais de alvenaria que utilizam fogões ecoeficientes relacionado ao grau de satisfação de usuários deste fogão resultou que, numa forma geral, as famílias consideram o fogão ecoeficiente como eficaz para a confecção de alimentos. No entanto, observou-se que, os materiais refractários apresentam desgaste após 4 anos de utilização nas casas da comunidade, bem como a obstrução da chaminé de exaustão por compostos resultantes da combustão da biomassa, entre outros resíduos que bloqueiam o escoamento de ar, exigindo limpezas periódicas da chaminé. Estes problemas têm como consequência principal a emissão de gases de combustão do fogão ecoeficiente para o ambiente interior.

Concluiu-se que, o fogão a gás butano é o preferido pela comunidade em estudo, seguido do fogão ecoeficiente, sendo o primeiro o mais prático de operar, evitando o sobreaquecimento das casas, enquanto que o fogão a lenha ecoeficiente provoca o sobreaquecimento e a emissão de compostos poluentes para os espaços interiores, aquando do manuseio da madeira na câmara de combustão. Na maioria das habitações utilizam-se fogões ecoeficientes durante a maior parte do tempo, devido ao baixo custo de aquisição da lenha, reduzido consumo deste combustível e melhor confecção dos alimentos atribuindo um gosto especial à comida. O fogão a gás butano é utilizado para aquecer café, leite ou chá de forma pontual e rápida, devido à sua facilidade de manuseio. Porém, o custo do gás butano é ainda elevado para comunidades de baixa renda.

Sugere-se a utilização de materiais mais resistentes ao calor e a construção de uma estrutura mais estanque que evite a libertação de gases poluentes da câmara de combustão para o ambiente interior, bem como a instalação adequada do fogão a lenha num local bem ventilado, afastado das principais áreas de ocupação das habitações, evitando o sobreaquecimento e poluição interior das casas. A capacitação dos utilizadores dos fogões, através do desenvolvimento de materiais didácticos que guiem os usuários a realizar a correcta ignição e manutenção do processo de combustão de biomassa é essencial para assegurar o devido desempenho energético e ambiental dos novos fogões.

Apesar deste estudo preliminar apontar algumas das vantagens e desvantagens da aplicação dos fogões ecoeficientes, não é possível apresentar resultados conclusivos acerca dos impactos do seu uso no conforto ambiental interno, pelo que ainda se carece da existência dum estudo representativo relacionado à caracterização da qualidade do ar interno e conforto térmico, podendo a presente pesquisa servir de suporte à futura aplicação de uma metodologia mais consistente e referenciada com base em normas internacionais de medição.

## **Agradecimentos**

O trabalho de campo foi desenvolvido com a colaboração dos alunos participantes no curso de Gestão de Energia e Qualidade do Ar – Pós Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental - ministrado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, contando também com a parceria do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER).

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, R. L. **Eficiência de fogões a biomassa e impactos na qualidade do ar interior**. Dissertação (Tese de Mestrado em Sistemas Energéticos Sustentáveis), Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010.

CARVALHO, R. L. *et al.* **Energy performance of Portuguese and Danish wood-burning stoves**, Danish Building Research Institute, World Renewable Energy Congress, Sweden, 2011.

CLEAN INDOOR AIR PARTNERSHIP. **About Clean Indoor Air Partnership**, 2012. Disponível em: <http://www.pciaonline.org/node/2>. Acesso em 31 Agosto 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional: Ano Base 2007: Resultados preliminares**, Rio de Janeiro: EPE, 2008.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Fogões EcoEficientes**, 2012. Disponível em: <http://www.ider.org.br/projetos/fogoes-ecoefficientes>. Acesso em 31 Agosto 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL FOR CLIMATE CHANGE, **SRREN Report on renewable energy**, 2011.

JENSEN, M. O. *et al.* **Energy performance of wood-burning stoves in the field**, Danish Building Research Institute, World Renewable Energy Congress, Sweden, 2011.

MAIA, G. *et al.* **Implementation of a dissemination strategy for efficient cook stoves in northeast Brazil**, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis, 2008.

PETERSEN, L. K. **Use of wood-burning stoves**. National Environmental Research Institute, Aarhus University, 2011.

PORTUGAL. Decreto-Lei 79/2006, 4 de Abril: Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de edifícios. **Diário da República**, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006, p. 2429-2431.

PORTUGAL. Despacho n.º 17313/2008, 3 de Junho de 2008. **Diário da República**, Ministério da Economia e Inovação, Direcção Geral de Energia e Geologia, Lisboa, 2008.

SIMON, L. G. *et al.* **Win-win scenarios at the climate–development interface: Challenges and opportunities for stove replacement programs through carbon finance**, Global Environmental Change, University of Colorado Denver, USA, 2011.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **The Energy Access Situation in Developing Countries: A Review Focusing on the Least Developed Countries and Sub-Saharan Africa**, 2009, p. 16.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Centro Nacional de Referência em Biomassa**. Disponível: <http://cenbio.iee.usp.br/saibamais/bancobiomassa.htm>. Acesso em: Agosto 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Health Risks: Mortality and burden disease attributable to selected major risks**, 2004, p. 23-24.