

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO IMPACTO ENERGÉTICO CAUSADO PELO ACÚMULO DE POEIRA
NOS CONDENSADORES A AR DAS GELADEIRAS

Rodrigo Lana de Almeida, kinderla@hotmail.com

José Henrique Martins Neto, henrique@des.cefetmg.br

Frederico Romagnoli Silveira Lima, fredrsl@des.cefetmg.br

CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, <http://www.cefetmg.br/>

R2 - COMPONENTES E EQUIPAMENTOS

Resumo. A investigação realizada constou da elaboração de uma metodologia experimental que possibilitou determinar experimentalmente o consumo de energia elétrica de um refrigerador residencial com acúmulo de poeira ao longo de 20 anos de uso. Adicionalmente, com intuito de comparação, o mesmo refrigerador foi limpo e submetido a testes para verificação do consumo de energia elétrica sem acúmulo de poeira. Os testes experimentais foram realizados em uma câmara climática com condições controladas, mantendo-se a temperatura do ambiente externo referente ao condensador constante em 32°C. A metodologia de teste foi baseada em normas nacionais, que estabelece os procedimentos para a instrumentação e a realização das medições das temperaturas em diferentes pontos da câmara e do refrigerador. Por meio da análise dos resultados, verificou-se que o refrigerador com acúmulo de poeira apresentou um consumo de energia elétrica cerca de 10% maior do que aquele medido considerando o mesmo equipamento sem acúmulo de poeira.

Palavras-chave: Poeira, Refrigerador, Condensadores, Geladeiras e Análise Experimental.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de refrigeração retiram a energia térmica de um meio e transferem-na para outro. A refrigeração não destrói calor, apenas transfere de um lugar indesejado para outro onde este não represente em impacto. No ciclo de refrigeração existem basicamente cinco componentes: compressor, condensador, dispositivo de expansão, evaporador e fluido de refrigeração, que é usado para absorção e transferência de calor.

O fluido refrigerante na forma de líquido subresfriado passa pelo dispositivo de expansão, onde é submetido a uma queda de pressão brusca, promovendo queda de temperatura da mistura, pois uma pequena parte do líquido é forçada a evaporar retirando calor do líquido que não evaporou. Como o calor latente é muito maior que o calor sensível, uma pequena evaporação de líquido promove queda de temperatura da mistura. Após esta etapa o fluido é conduzido pelo evaporador, onde absorve calor do ambiente a ser refrigerado, vaporizando-se. Na saída do evaporador, no estado de vapor superaquecido, o fluido refrigerante é aspirado pelo compressor, que eleva a sua pressão e temperatura conduzido este para o condensador, onde tanto o calor retirado da fonte fria como a energia do trabalho de compressão é rejeitada para o ambiente, promovendo a condensação do fluido refrigerante e completando o ciclo.

Diferentes fatores podem alterar a eficiência do ciclo de refrigeração, dentre eles podemos mencionar, o diferencial entre as temperaturas dos ambientes externo e interno, as propriedades termofísicas do fluido refrigerante, o desgaste dos componentes e a deposição de poeira na superfície externa do condensador. Nesta investigação determinou-se experimentalmente o consumo de energia elétrica numa geladeira com e sem acúmulo de poeira no condensador. Essa investigação focou os refrigeradores residenciais verticais compactos utilizando condensadores aletados externos com convecção natural, pois estes são encontrados em maior número nas residências do país.

2. METODOLOGIA

2.1 Conjunto Experimental

O conjunto experimental (Fig. 1), trabalhando em condições de regime de operação permanente, é constituído por uma câmara condicionada (sistema de resfriamento e aquecimento), por um refrigerador doméstico (objeto do teste) dotado de sensores para medição de suas temperaturas, por um sistema de medição de energia elétrica consumida, por sensores de temperatura instalados no ambiente interno da câmara para verificação do e também, por um sistema de aquisição de dados.

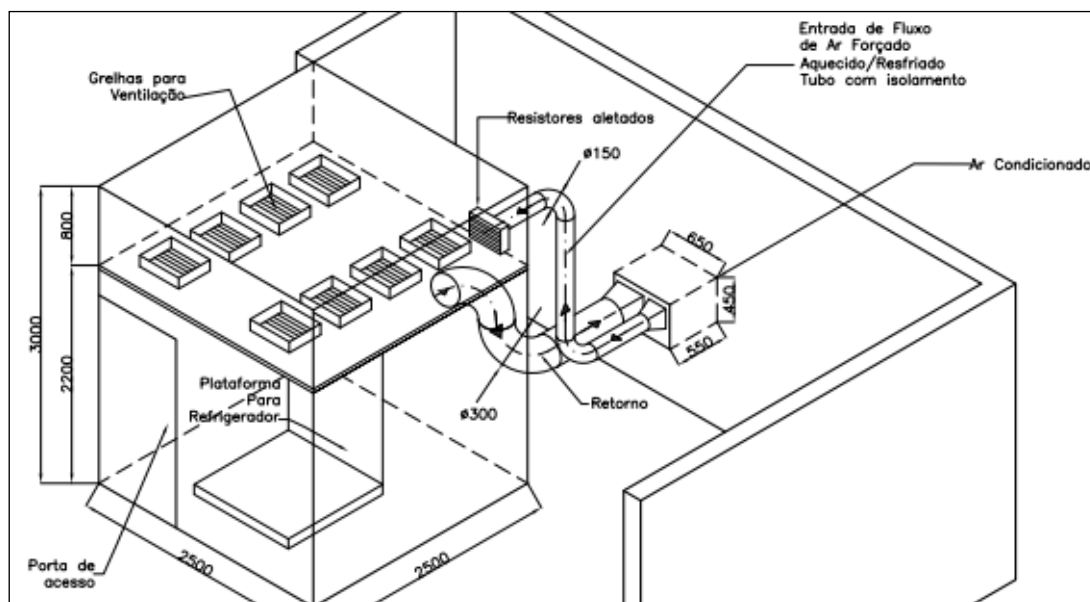


Figura 1. Conjunto experimental com os principais componentes.

2.2 Câmara de testes

A câmara de testes, localizada no Laboratório de Automação e Controle de Processos de Alimentos (LACPA) – Departamento de Engenharia e Alimentos (DEA)/Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEA)/Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), foi construída conforme a norma NBR ABNT 12.863 – Norma de Câmaras de Ensaios para Refrigeradores, Congeladores, Combinados e Aparelhos Similares (1993), que estabelece os procedimentos para construção de câmara de ensaios para testes de consumo de energia desses equipamentos. Esta câmara foi equipada com dois sistemas compensadores de temperatura, a fim de adequar as condições experimentais dos ensaios. Para aquecimento, utilizou-se um conjunto de três resistências elétricas aletadas de 1.000 W e o resfriamento foi realizado usando-se um ar condicionado de janela montado exteriormente à câmara, conectado a esta por uma tubulação de alumínio.

Os testes foram realizados com temperaturas ambientes abaixo dos 32°C, sendo que o sistema de ar condicionado foi utilizado somente como ventilador para obtenção de uma temperatura mais uniforme na câmara.

2.3 Refrigerador

Os testes experimentais foram realizados em um refrigerador doméstico da marca CONSUL® modelo High Class 280L®, de aproximadamente vinte anos de uso, conforme apresentado na Fig. 2 e na Tab.1.



Figura 2. Refrigerador CONSUL modelo High Class 280L

Tabela 1. Dados do Refrigerador

Item	Características
Marca	CONSUL
Modelo	High Class 280L®
Compressor	Embraco PW 4.5K9 21LRA
Refrigerante	Diclorodifluorometano (R12-Freon)
Volume Total	280 Litros
Fabricação	1992
Dimensões Externas	1,43 m (Altura) x 0,61m (Largura) x 0,57m (Profundidade)
Material do Condensador	Cobre revestido com pintura preta

2.4 Instrumentação do Sistema: controle de temperatura da câmara

O sistema de ar condicionado e as resistências elétricas foram acionados por meio de comandos eletrônicos em chaves contadoras. O comando das mesmas foi programado em um controlador lógico programável.

2.5 Instrumentação do Sistema – elementos primários de temperatura

Para monitorar as temperaturas da câmara e do refrigerador, utilizou-se dez termopares tipo T ((+) cobre (-) constantan) edição SLE (*Especial Limit of Error*). Os sensores foram calibrados utilizando um banho termostático, onde

foram calibrados de -20 a 90 °C, em intervalos de 10 °C. Para as medições internas do ar dentro da câmara, os sensores foram conectados às massas térmicas (cobre estanhado - conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 8.888), com intuito de aumentar a capacidade de calor de junta do termopar. Para as medições internas do refrigerador foram utilizados pacotes vazios com massas térmicas iguais e sensores posicionados em seus centros geométricos com intuito de evitar contato direto ou próximo com superfícies.

2.6 Instrumentação do Sistema – transdutor de potência

O consumo de energia elétrica do sistema foi um parâmetro decisivo no experimento. Para esse fim foi instalado um transdutor de potência ativa, marca Yokogawa, modelo 2285A com erro Máximo de 0,04% (campo de medição de 0 a 1.100W) calibrado pelo CTM-SP (incerteza da medição = 0,02 W). O sistema de aquisição de dados faz a leitura que foi convertida para Watts por meio da Eq.1:

$$P = \left(\frac{1100 \times A \times 1000}{16} \right) - \left(\frac{1100}{4} \right) \quad (1)$$

Onde: P é a potência consumida (W); A é a corrente (A) medida pelo transdutor de potência.

2.6 Sistema de Aquisição de Dados e Software

O sistema de aquisição de dados utilizado neste trabalho foi uma unidade de medição portátil modelo 34980A e o módulo multiplexador utilizado foi o módulo 34921A, adquirida da empresa Agilent Technologies.

2.7 Teste de Aquecimento e monitoramento da temperatura interna da câmara

O teste preliminar de aquecimento do ar da câmara serviu para avaliar a capacidade de manter a temperatura desta próxima ao valor programado, independentemente das mudanças de temperatura do ar exterior, durante um período mínimo de 24 horas. O valor programado no “CLP” foi igual a 32 °C, sendo que a faixa de temperatura foi programada para estar entre 31°C e 33 °C.

2.8 Verificação da estabilidade da temperatura interna do refrigerador durante os testes

Segundo a Norma ABNT NBR 8.888, o regime só é considerado em estado estabilidade quando três ou mais leituras sucessivas de temperatura interna do refrigerador forem feitas em intervalos de aproximadamente 180 minutos no mesmo ponto do ciclo de funcionamento e não variarem mais que 1°C.

2.9 Metodologia do teste com acúmulo de poeira

A poeira depositada no condensador do refrigerador foi considerada como acumulada naturalmente ao longo de 20 anos de funcionamento. Nesse caso, foi constatado que o condensador ficou exposto ao ambiente interno da residência durante esse período.

Usando o procedimento previsto na Norma ABNT NBR 8.888 , antes do início do teste, todo o sistema foi retirado de sua estabilidade térmica. Este procedimento consistiu em desligar a câmara de teste e o refrigerador deixando que os mesmos permaneçam assim por um período de 5 horas. Durante esse período as portas do refrigerador e da câmara permaneceram abertas, possibilitando o arrefecimento do refrigerador e conseqüente quebra do regime que se encontrava previamente. No final o ar do refrigerador, os pacotes simuladores de carga térmica e o ar do ambiente da câmara saíram de seu estado de equilíbrio.

Após este procedimento, a câmara e o refrigerador são religados até se constatar o estado de estabilidade. Depois de constatada a entrada em regime de estabilidade iniciou-se então a medição oficial dos dados do teste com acúmulo de poeira.

2.10 Metodologia do teste sem acúmulo de poeira

Nesse teste foi repetido o procedimento normatizado para a desestabilização sistema. Encerrado essa etapa, a câmara e o refrigerador foram religados até se constatar um novo estado de estabilidade.

Para realização do teste sem acúmulo de poeira foi necessário também realizar a limpeza de toda a área superficial do condensador. O resultado foi satisfatório e foi possível identificar visualmente que não havia resíduos no condensador após a limpeza (Fig. 3).

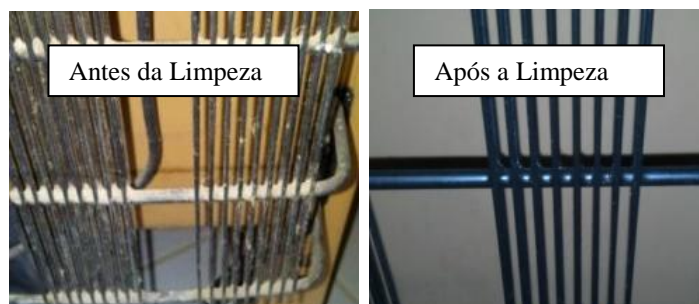


Figura 3. Comparativo entre condensador sujo e limpo

3. RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 Resultado do Teste de Aquecimento e monitoramento da temperatura da câmara

Após a realização do teste de aquecimento da câmara e analisando seu resultado por meio da Fig.4, pode-se observar que a estabilidade da temperatura da câmara foi constatada quando esta se manteve em torno de 32 °C, ou seja, de 31 °C a 33 °C. Ainda é possível concluir que o tempo em que a câmara demora a se estabilizar é de aproximadamente 2 h após seu acionamento.

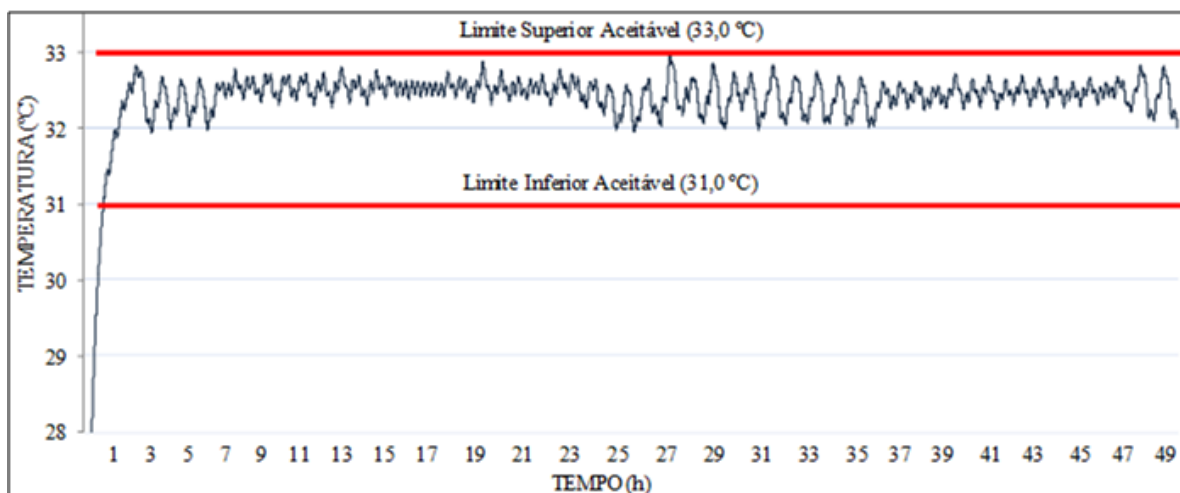


Figura 4. Teste de manutenção da temperatura de aquecimento do ar interior da câmara.

3.2 Verificação do regime de estabilidade no início dos dois experimentos: com poeira

Inicialmente foi realizado teste com poeira, e para tal verificou-se se os dados foram coletados em regime de estabilidade. Na Fig. 5, pode-se observar as primeiras 10 h do teste com poeira.

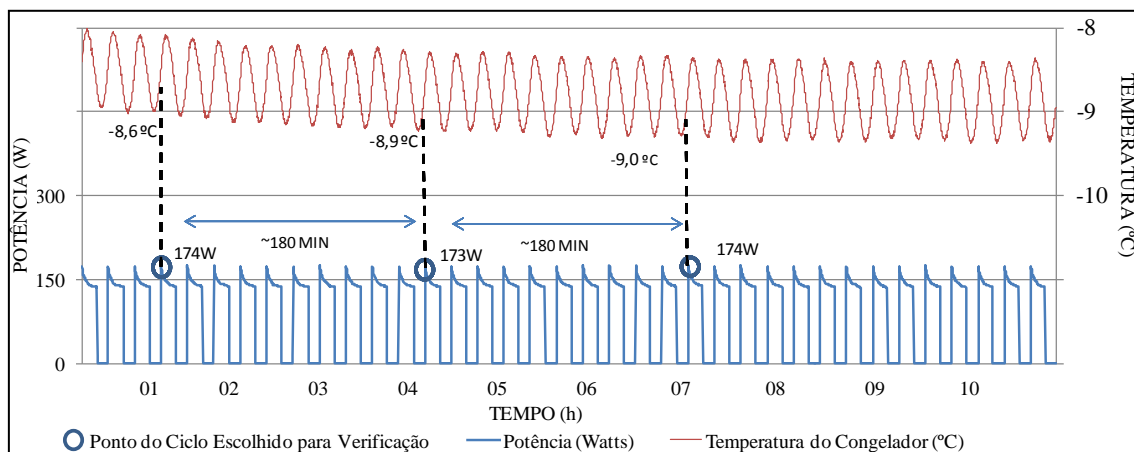


Figura 5. Verificação de Regime de Estabilidade – Teste com Poeira.

Analisando, conclui-se que as três primeiras leituras sucessivas do mesmo ponto do ciclo de funcionamento (pouco tempo da ativação do compressor), feitas em intervalos aproximados de 180 minutos, não variou mais que 1 °C.

3.3 Verificação do regime de estabilidade no início dos dois experimentos: sem poeira

Posteriormente foi realizado o teste sem poeira e foi necessária verificar a mesma condição de regime de estabilidade do teste com poeira. Na Fig. 6, observam-se as primeiras 10 horas do teste para esta verificação.

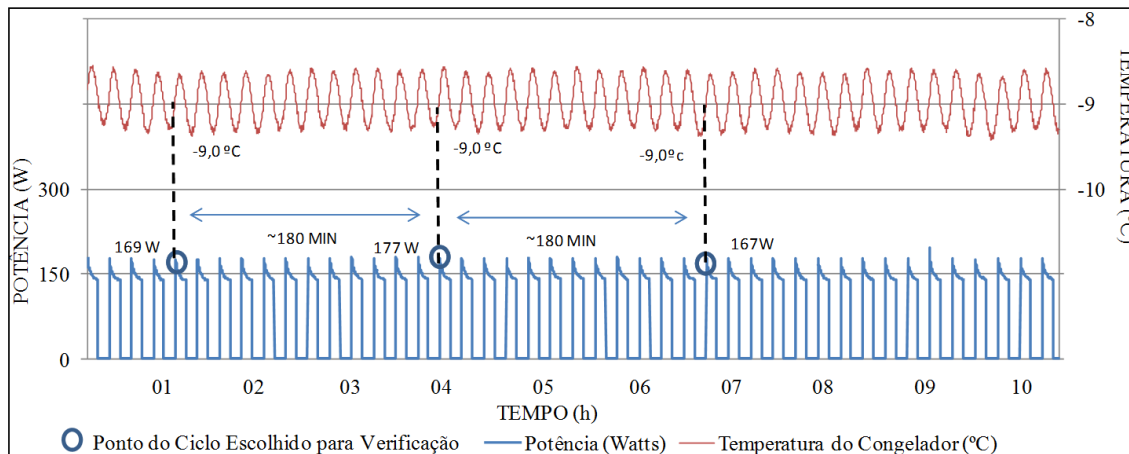


Figura 6. Verificação de regime de estabilidade – Teste Sem Poeira.

Na Fig.6, podemos concluir que as três primeiras leituras sucessivas do mesmo ponto do ciclo de funcionamento, feitas em intervalos aproximados de 180 minutos, também não variaram mais que 1 °C.

3.4 Resultado do Experimento com acúmulo de poeira

O tempo de ensaio com poeira foi de 19 h, 38 min e 10 s, com 66 ciclos completos de funcionamento do compressor. Na Fig. 7 é possível observar o gráfico do resultado das medições da potência do compressor e das médias das cinco temperaturas do refrigerador.

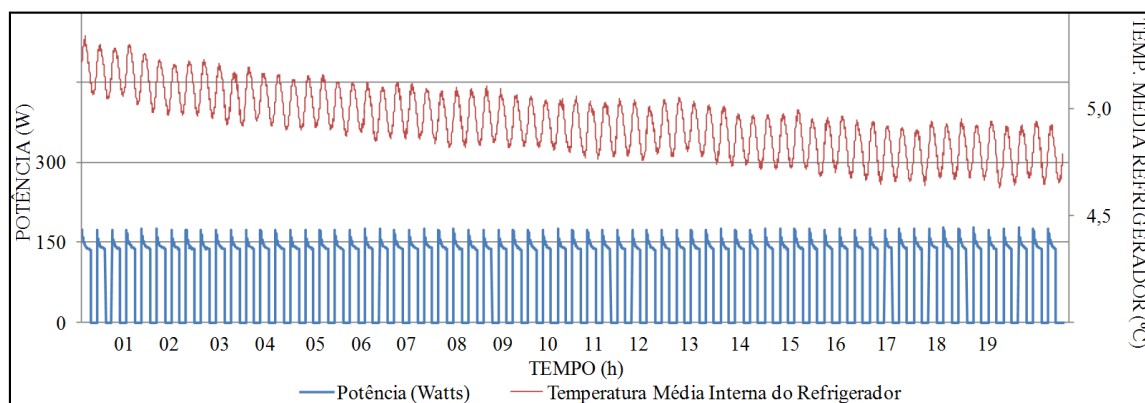


Figura 7. Resultado do Experimento com Poeira (Potência X Temperatura Média Interna do Refrigerador)

Ainda através da análise da Fig. 7, é possível verificar que a temperatura média interna encontrada no refrigerador girou em torno dos 5 °C (entre 4,5°C a 5,5 °C). Já na Fig. 8 observa-se o comportamento da temperatura da câmara durante todo o período de testes correlacionado com a potência do compressor.

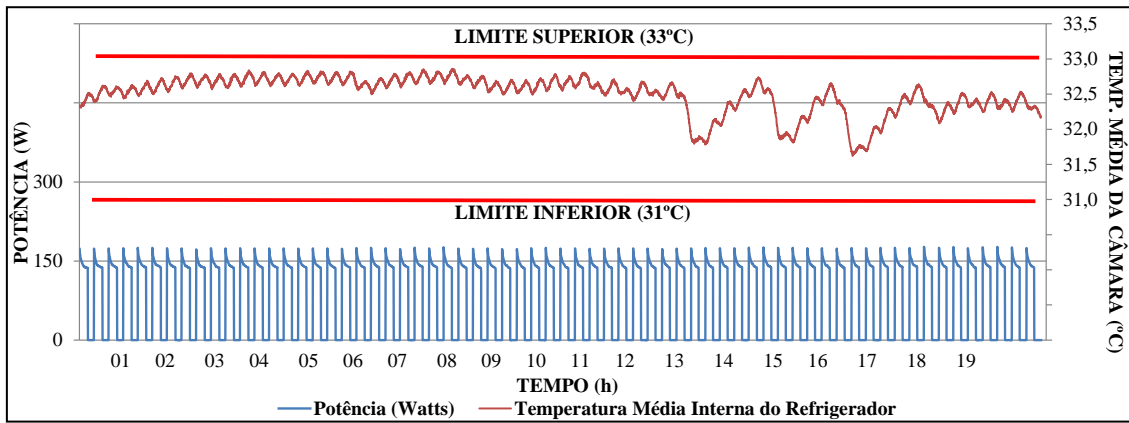


Figura 8. Resultado do Experimento com Poeira (Potência X Temperatura Média da Câmara) – 26/06/2013

Na Fig.9 observa-se um ciclo ampliado do teste com inserção da referida temperatura média interna do refrigerador, onde se observa que o compressor é ativado e desativado na mesma temperatura (4,9 °C). Este demora cerca de 5 min para começar a diminuir a temperatura interna do refrigerador quando iniciado e 4 min para começar a elevar o valor da temperatura interna do refrigerador, quando desligado.

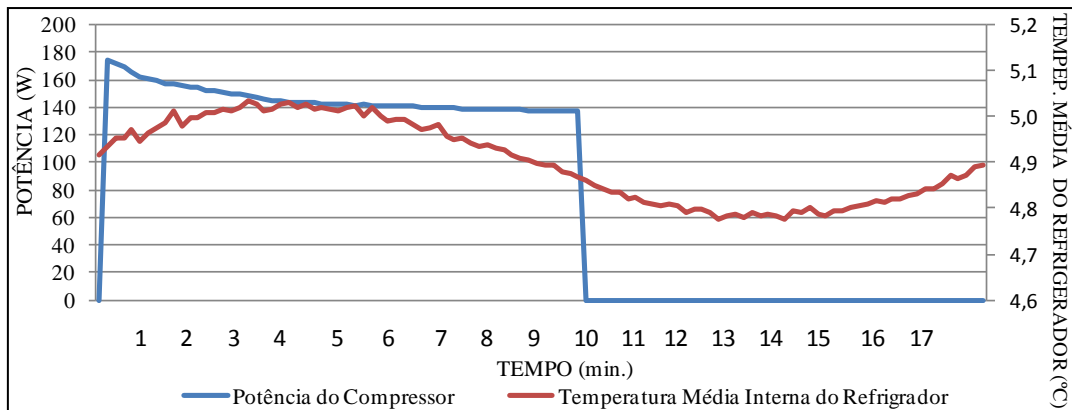


Figura 9. Potência do Compressor – 1 Ciclo Ampliado do Teste com Poeira

Além disso, foi constatado que a potência enquanto compressor ligado não é constante, decrescendo conforme decaimento da temperatura interna do refrigerador, até praticamente sua estabilização. Isso pode ser explicado, pelo fato de o compressor no início de sua ativação, receber fluido a uma temperatura muito mais alta devido à necessidade de retirar mais calor do evaporador e por isso necessitar de mais energia para compressão. No momento em que essa taxa de retirada de calor se estabiliza e a temperatura do fluido se torna constante em um ponto mais baixo, é gerado menos resistência para a compressão do fluido, causando menos gasto de energia elétrica.

Pode-se verificar que durou cerca 10 minutos a ativação do compressor até a sua desativação. Ainda é possível verificar uma temperatura média interna do refrigerado de 4,9 °C durante as quase 20 h do experimento, sendo que a média da potência do refrigerador enquanto o compressor permaneceu ligado foi de 146 W.

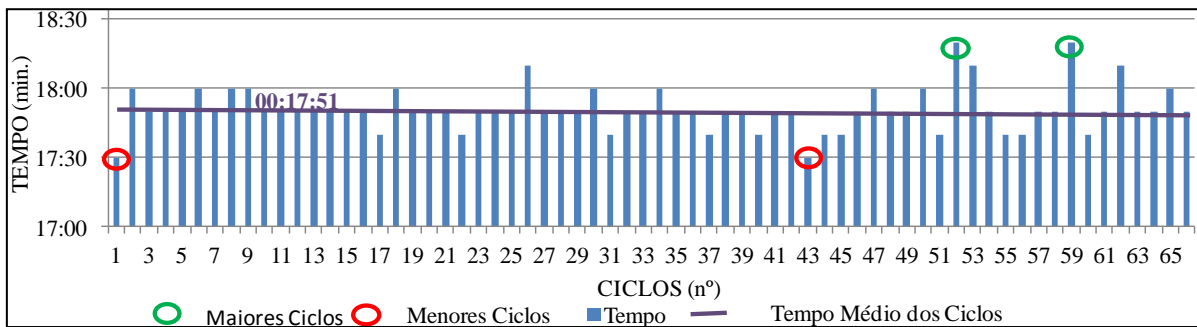


Figura 10. Tempo necessário para completar 1 Ciclo de Funcionamento do Refrigerador (com poeira).

Analisando-se a Fig. 10, é possível concluir que o tempo médio obtido de cada ciclo completo de funcionamento do refrigerador foi de 17 min e 51 s. Dentro do ciclo médio é possível verificar que o tempo médio ligado do compressor foi de 9 min e 52 s e desligado foi de 7 min e 59 s. Devido a estas proporções podemos concluir que o refrigerador ficou ligado durante 10 h, 51 min e 34 s e desligado durante 8 h, 46 min e 36 s.

O cálculo do consumo de energia foi realizado por meio da integração das potências em relação ao tempo, conforme descrito na Eq. 2.

$$E = \int_{t_2}^{t_1} P(T) \quad (2)$$

Onde: E = Energia Consumida; t_1 = Intervalo de tempo 1; t_2 = Intervalo de tempo 2; P = Potência Elétrica; T = Tempo. O resultado dessa integração pode ser observado na Fig. 13.

Durante o experimento, o refrigerador consumiu 1.587 Wh, sendo que o consumo médio por horas de funcionamento do refrigerador foi de aproximadamente 80 Wh, conforme Eq. 3:

$$\text{Consumo médio por hora} = \frac{\sum \text{Consumo}}{\text{Tempo do Experimento}} \quad (3)$$

Em relação à temperatura de condensação, para o teste com poeira, foi identificada uma média de 62 °C na entrada do condensador e uma temperatura média de saída de 45 °C, sendo que ambas as temperaturas consideram apenas as médias das temperaturas enquanto o compressor do refrigerador estava ligado.

3.5 Resultado do Experimento sem acúmulo de poeira

O teste sem acúmulo de poeira foi realizado após procedimento de limpeza do condensador. Após limpeza, garantiu-se a retirada do todo o sistema do estado da estabilidade. Após este procedimento, todos os equipamentos foram ligados para se estabelecer outro período de estado de estabilidade. O tempo de ensaio em regime estável foi de 19 h, 44 min e 30 s, totalizando 78 ciclos de funcionamento do compressor. Na Fig. 11 é apresentado o resultado das medições da potência do compressor e das temperaturas internas do refrigerador.

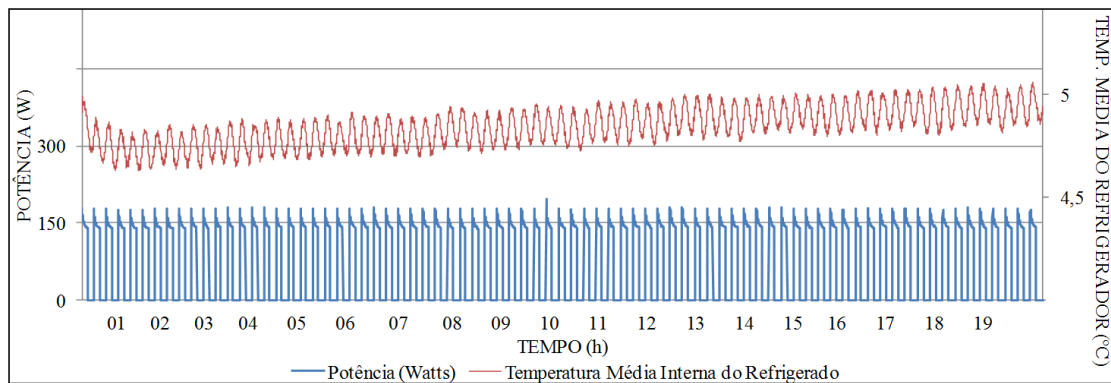


Figura 11. Resultado do Experimento sem Poeira (Potência X Temperatura Média Interna do Refrigerador)

Ainda por meio da Fig. 11, é possível verificar que a temperatura interna encontrada no refrigerador girou em torno dos 5 °C, sendo que em momento algum foi abaixo de 4,5 °C ou acima de 5,5 °C, evidenciando mais uma vez a exigência de estado de estabilidade. O comportamento da temperatura da câmara durante todo o período de testes correlacionado com a potência do compressor é apresentada na Fig. 12.

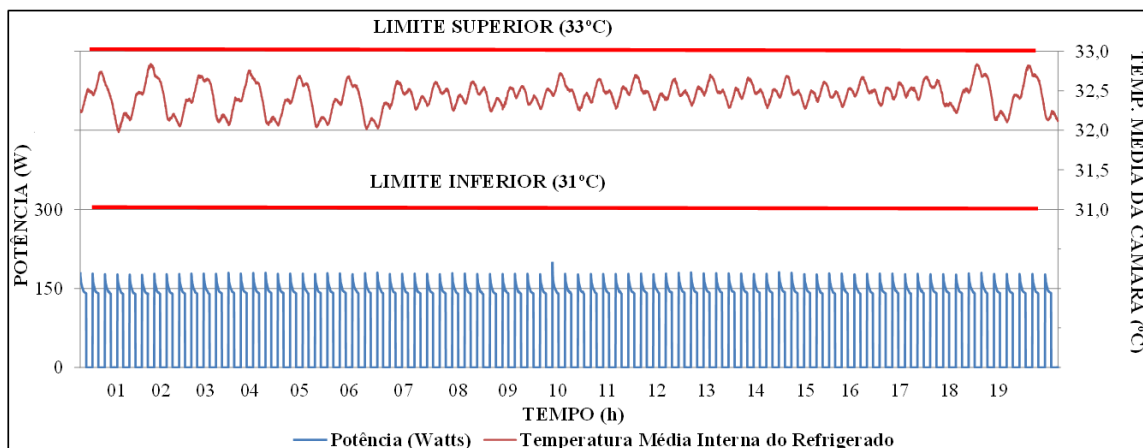


Figura 12. Resultado do Experimento sem Poeira (Potência X Temperatura Média da Câmara) – 26/06/2013

Da mesma forma que no teste com poeira, apresentado na Fig.13, observa-se um ciclo completo ampliado do teste com inserção da temperatura interna do refrigerador. Pode-se observar que o compressor é ativado e desativado praticamente na mesma temperatura (4,9 °C), demorando cerca de 4 min para começar a diminuir a temperatura do refrigerador quando iniciado e cerca de 4 min para começar a subir a temperatura do refrigerador quando desligado.

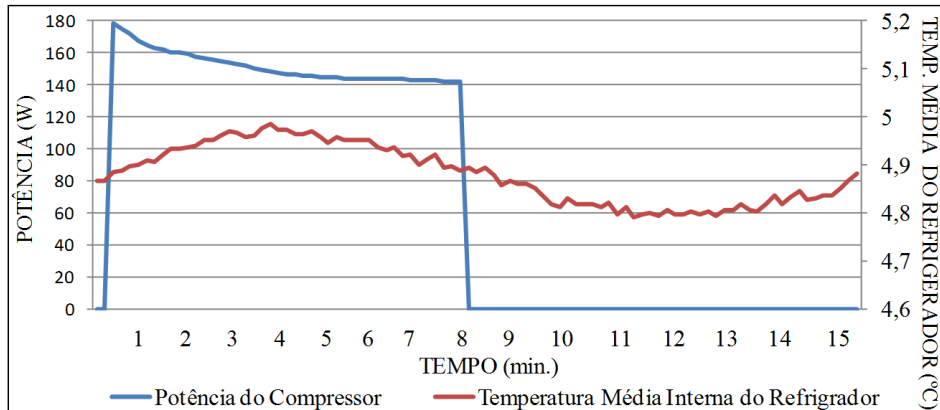


Figura 12. Potência do Compressor – 1 Ciclo Ampliado do Teste sem Poeira

Para concluir a análise da Fig.13, diferente do ciclo com poeira, pode-se concluir que no ciclo sem poeira demoram-se cerca de 8 min da ativação do compressor ate a desativação, ambos sendo feitos em mesma temperatura (inclusive do ciclo com poeira). Desta forma é possível verificar mais um fator gerador de economia, sendo que o ciclo sem poeira leva 25% a menos tempo para se chegar a uma mesma temperatura interna do refrigerador.

Através da análise dos dados sem poeira é possível obter uma temperatura média interna do refrigerador de 4,8 °C durante as quase 20 h do experimento, sendo que a média da potência do refrigerador enquanto o compressor permaneceu ligado foi de 151 W.

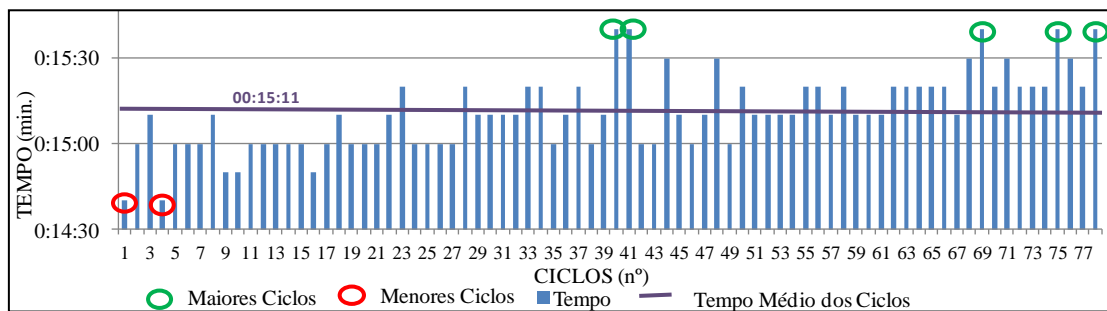


Figura 13. Tempo necessário para completar 1 Ciclo de Funcionamento do Refrigerador (sem poeira).

Analisando a Fig. 14, verifica-se que o tempo médio obtido de cada ciclo completo de funcionamento do refrigerador foi de 15 min e 11 s, e é possível verificar que o tempo médio ligado do compressor foi de 7 min e 12 s e desligado foi de 7 min e 59 s. Devido a estas proporções pode-se concluir que durante todo experimento o refrigerador ficou ligado durante 9 h, 21 min e 45 s e desligado durante 10 h, 22 min e 45 s. Em relação ao consumo de energia, foi feita a integração das potências em relação ao tempo, podendo o resultado ser observado na Fig. 14.

Durante todo o experimento, o refrigerador consumiu 1.408 Wh, sendo que o consumo médio por hora de funcionamento do refrigerador foi de aproximadamente 71 Wh. Em relação à temperatura de condensação, para o teste com poeira, foi identificada uma média de 60 °C na entrada do condensador e uma temperatura média de saída de 44 °C, sendo que ambas as temperaturas consideram apenas as médias das temperaturas enquanto o compressor do refrigerador estava ligado.

3.6 Análise dos resultados obtidos

A partir da análise da Tab. 2, é possível observar que inicialmente ambos os testes tiveram suas durações bem semelhantes, sendo que o teste sem poeira foi 6 m e 20 s mais longo (apenas 0,5% de variação em tempo em relação ao teste com poeira).

Tabela 2. Dados comparativos entre o estudo com poeira e o estudo sem poeira.

Dado	Unidade	Teste com poeira	Teste sem poeira	Variação
Tempo Total de ensaio:	seg	19:38:10	19:44:30	0,5%
Número de Ciclos de Funcionamento:	nº	66	78	18,2%
Tempo Médio dos Ciclos de Funcionamento:	seg	0:17:51	0:15:11	-14,9%
Tempo de compressor ligado de cada ciclo de funcionamento médio:	seg	0:09:52	0:07:12	-27,0%
Tempo de compressor desligado de cada ciclo de funcionamento médio:	seg	0:07:59	0:07:59	0,1%
Proporção de Tempo de Compressor Ligado:	%	55%	47%	
Proporção de Tempo de Compressor Desligado:	%	45%	53%	
Temperatura Média Interna do Refrigerador (Média dos 5 pontos):	°C	4,94	4,84	-1,9%
Temperatura Média de Entrada do Condensador (compressor ligado)	°C	61,97	59,73	-3,6%
Temperatura Média de Saída do Condensador (compressor ligado)	°C	44,76	44,27	-1,1%
Temperatura Média da Câmara de Ensaio (Média dos 3 pontos):	°C	32,61	32,55	-0,2%
Consumo total	W-h	1.587,37	1.408,43	-11,3%
Consumo médio por hora	W-h/h	80,17	71,34	-11,0%

Observando os números de ciclos de funcionamento verifica-se que ambos os testes atenderam ao requisito da Norma ABNT NBR 8.888 (para refrigeradores sem degelo automático), que é necessário no mínimo, para validação do consumo de energia elétrica, 2 ciclos completos e no mínimo 3 h de medição.

Já analisando o número de ciclos e o tempo médio dos ciclos de funcionamento é possível observar que o teste sem poeira apresentou mais ciclos (+12 ciclos; +18,2%), com menores durações (-2 min e 40 s; -14,9%). Observando-se o tempo de compressor desligado de ambos os casos, conclui-se que não houve variação significativa (apenas 0,1%). Já em relação ao tempo de compressor ligado, no teste sem poeira, o refrigerador demorou na média 27% menos tempo para atingir a temperatura interna mais baixa.

As temperaturas internas do refrigerador foram semelhantes, porém com uma variação de 1,9% entre os testes com e sem poeira. Contudo, o teste sem poeira consumiu menos energia elétrica e obteve a menor temperatura interna.

Observando as temperaturas do condensador é possível verificar que o teste sem poeira trabalhou com temperaturas um pouco mais baixas, da ordem de 2%, sendo que desta forma o ΔT com a temperatura ambiente caiu (temperatura interna da câmara), significando menos consumo de energia.

Em relação às temperaturas da Câmara, estas se mantiveram estáveis nos dois testes, tendo uma variação de apenas 0,2%. Na Norma ABNT NBR 8.888 são permitidas variações pontuais de até 4,7% (1,5 °C) e nos testes foi verificado que a variação máxima foi de 0,96 °C, não ultrapassando 3%. Desta forma, fica claro que durante as aproximadamente 20 h de testes em ambos os casos (com poeira e sem poeira), as condições de contorno foram muito semelhantes.

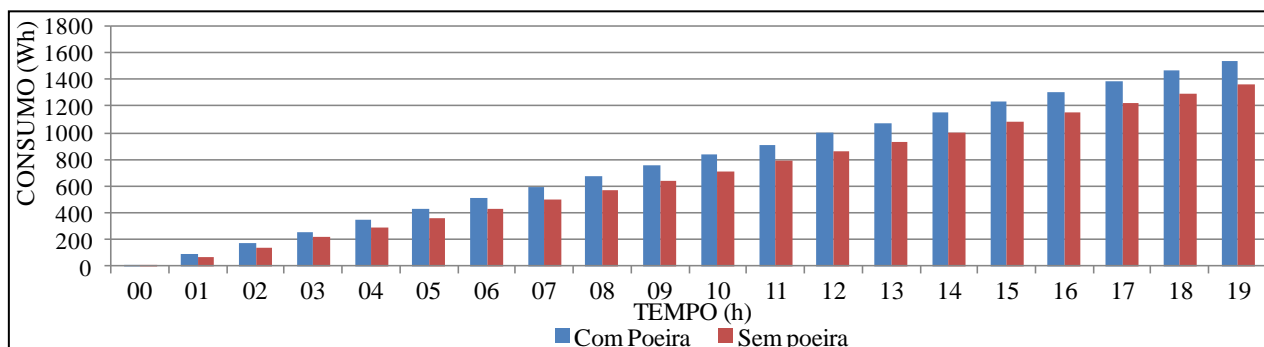


Figura 15. Comparação do Consumo de Energia Elétrica com e sem poeira

Comparando o consumo de energia elétrica do refrigerador nos testes, Fig.15, com e sem poeira, e possível observar que o refrigerador quando está sem poeira consome significativamente menos energia elétrica de forma contínua. Se observarmos também a Tab. 2, é possível ainda concluir que esta diferença é de 11%. Consumido o refrigerador no teste com poeira 1.587 Wh e no teste sem poeira 1.408 Wh. O consumo específico com poeira foi de 80 Wh a cada hora. e sem poeira 71 Wh a cada hora.

4. CONCLUSÕES

Após o teste com poeira, pode-se observar que o consumo específico do refrigerador “sujo” foi de 80 Wh por h; e que as médias das temperaturas internas se mantiveram em torno dos 4,9 °C. A câmara durante todo o teste se manteve dentro da temperatura pré-estabelecida, com uma temperatura media de 32,6 °C.

O teste sem poeira no condensador foi realizado de maneira semelhante ao teste com poeira, seguindo os procedimentos estabelecidos na Norma ABNT NBR 8.888, uma vez atingido o regime de estabilidade. Nesse caso, constatou-se que o refrigerador “limpo” consumiu especificamente 71 Wh por horas e que as médias de suas temperaturas internas

foram de 4,8 °C. A câmara durante todo o teste se manteve dentro da temperatura pré-estabelecida, com uma média de 32,6 °C.

Por meio da análise dos resultados verificou-se que tanto as temperaturas da câmara como as do refrigerador permaneceram estáveis, com e sem poeira. Já o consumo de energia elétrica sofreu uma redução aproximada de 10% no caso sem poeira, o que pode ser justificado por uma menor carga no compressor, devido às temperaturas de condensação, apesar de pouco, terem sido mais baixas devido ao condensador trabalhar mais livre. Isso ocorre, provavelmente, devido a uma troca mais eficiente no condensador pelo fato da poeira isolante não estar presente.

Analisando os tempos de compressor ligado e os ciclos de ativação e desativação do compressor de ambos os testes, pode-se observar que quando o compressor estava desligado os dois testes tiveram os mesmos padrões de tempos e temperaturas. Já com o compressor ligado é possível reafirmar que o compressor trabalha com mais facilidade/menos carga, uma vez que o refrigerador no teste sem poeira demorou cerca 25% menos tempo para chegar à mesma temperatura de desativação do termostato.

Desta forma, é possível embasar e justificar estudos que evitem a deposição de poeira nos condensadores de sistema de refrigeração, tanto residenciais como industriais, trazendo uma significativa contribuição para uma sociedade mais sustentável e consciente. Ainda para estudos futuros a respeito do tema, sugere-se a realização de testes de deposição para verificação do aumento de consumo de forma temporal, devido ao acúmulo de poeira, possibilitando a construção de uma curva e consequente verificação do comportamento desta deposição ao longo do tempo.

Agradecimentos

À equipe do LACPA - Laboratório de Automação e Controle de Processos de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, principalmente ao Prof. Dr. Vivaldo Silveira Junior que cedeu prontamente a câmara climática utilizada nestes estudos, e ao técnico de laboratório Izaias de Brito Cunha que auxiliou em todo processo da realização dos testes.

À CAPES, FAPEMIG e ao CEFET-MG por todo apoio técnico e financeiro.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 8.888 – Refrigeradores e Congeladores Elétricos: Medição de Consumo de Energia – Método de Ensaio. São Paulo, Junho de 1985.

ABNT. NBR 12.863 – Câmara de ensaios para refrigeradores, congeladores e aparelhos similares de uso domésticos – Construção e controle - Padronização. São Paulo, Junho de 1993.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE ENERGY IMPACT CAUSED BY THE DUST IN THE CONDENSERS OF RESIDENTIAL REFRIGERATORS

Rodrigo Lana de Almeida, kinderla@hotmail.com

José Henrique Martins Neto, henrique@des.cefetmg.br

Frederico Romagnoli Silveira Lima, fredrsl@des.cefetmg.br

CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, <http://www.cefetmg.br/>

R2 - COMPONENTS E EQUIPMENT

Abstract. *The investigation consisted the development of an experimental methodology that allowed determining the energy consumption of a residential refrigerator with dust accumulation of twenty years. Additionally, with the purpose of comparison, the same refrigerator was clean and undergoes tests to investigate energy consumption without dust accumulation. For the experiments, it was necessary to use a climate chamber which allowed performing tests under controlled conditions, maintaining the temperature constant at 32 ° C. The test methodology was based on national standards. The fridge with accumulation of dust showed an increase in energy consumption of about 10% than that measured considering the same equipment without dust accumulation.*

Keywords: *Dust, Cooler, Condensers, Fridges and Experimental Analysis.*