

# Impactos das Tecnologias nas Engenharias 6

**Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco  
(Organizadores)**

**Franciele Bonatto**  
**João Dallamuta**  
**Julio Cesar de Souza Francisco**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

## **6**

**Atena Editora**  
**2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 6 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, João Dallamuta, Julio Cesar de Souza Francisco. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 6)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia.  
ISBN 978-85-7247-159-6  
DOI 10.22533/at.ed.596191303

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Dallamuta, João. III. Francisco, Julio Cesar de Souza.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia com contribuições para a melhoria da sustentabilidade. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e processos que visam a melhoria de dados causados ao ambiente.

Outra característica dos capítulos que compõe este livro é o fato de estarem relacionadas com atividades de pesquisa de diferentes naturezas em várias áreas da engenharia e tecnológica, uma visão multidisciplinar com contribuições relevantes por meio de resultados e discussões, muitas de cunho prático e com grande aplicabilidade.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco

# Gestão, Tecnologia e Engenharia: Sustentabilidade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL: MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE COMPUTADORES A PARTIR DO REUSO DO LIXO ELETRÔNICO</b>	
<i>Jocimar Fernandes</i>	
<i>André Rubim Mattos</i>	
<i>Ana Lucia Louzada Fernandes</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913031</b>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>8</b>
<b>SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O SISTEMA LEED E A CERTIFICAÇÃO DA ARENA CASTELÃO</b>	
<i>Antonio Auriseu Nogueira Pinheiro</i>	
<i>Antonio Leandro Cordeiro de Medeiros</i>	
<i>Letícia Oliveira Cunha</i>	
<i>Mérsia Nogueira Maia</i>	
<i>Moisés Rocha Farias</i>	
<i>Narcélio Mesquita Aires Filho</i>	
<i>Thaís Mota Marques</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913032</b>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>20</b>
<b>EVOLUÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DA GASOLINA AUTOMOTIVA NO BRASIL A PARTIR DE 2001</b>	
<i>Vanjoaldo R. Lopes Neto</i>	
<i>Leonardo S. G. Teixeira</i>	
<i>Tailee M. A. Cruz</i>	
<i>Ioneide P. Martins</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913033</b>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>41</b>
<b>TAXA DE EVAPORAÇÃO DA GASOLINA GRID EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b>	
<i>Thiago da Silva André</i>	
<i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i>	
<i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913034</b>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>51</b>
<b>TAXA DE EVAPORAÇÃO DO DIESEL S10 EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b>	
<i>Thiago da Silva André</i>	
<i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i>	
<i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 61**

**ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS**

*João Evangelista Neto*  
*Edry Antonio Garcia Cisneros*  
*José Costa de Macêdo Neto*  
*Eduardo Rafael Barreda del Campo*  
*Weberson Santos Ferreira*  
*Ricardo Wilson Aguiar da Cruz*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913036**

**CAPÍTULO 7 ..... 72**

**ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA GASOLINA E ÓLEO DIESEL COMERCIALIZADOS EM AREIA BRANCA/RN, CONFORME ESPECIFICAÇÕES DA ANP**

*Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado*  
*João Luiz Porfirio da Silva*  
*Ana Catarina Fernandes Coriolano*  
*Jardel Dantas da Cunha*  
*Antonio Souza de Araujo*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913037**

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ULTRASSOM A PARTIR DE GORDURA ANIMAL PROVENIENTE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

*Matheus Cavali*  
*Valéria Pelizzer Casara*  
*Guilherme Martinez Mibielli*  
*João Paulo Bender*  
*Wagner Luiz Priamo*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913038**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

**CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO A SER UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA ROTA ETÍLICA**

*Silvanito Alves Barbosa*  
*João Vicente Santiago do Nascimento*  
*Fernanda de Souza Stingelin*  
*Glauber Vinícius Pinto de Barros*  
*Lucas Alves Batista Santos*  
*Iasmin Souza Cruz*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913039**

**CAPÍTULO 10 ..... 101**

**TRATAMENTO DE ÁGUA DE PRODUÇÃO OFFSHORE**

*Wellington Crispim Cardoso*  
*Guillermo Ruperto Martín-Cortés*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130310**

**CAPÍTULO 11 ..... 112**

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA PERFURAÇÃO OFFSHORE**

*Bianca de Couto Dantas Romualdo*  
*Lúcia Maria de Araújo Lima Gaudêncio*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130311**

**CAPÍTULO 12 ..... 128**

**SIMULAÇÃO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO DURANTE UMA OPERAÇÃO OFFLOADING**

*Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues*  
*Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza*  
*Paulo Emanuel Medeiros Paula*  
*Davith da Silva Campos*  
*Luís Jorge Mesquita de Jesus*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130312**

**CAPÍTULO 13 ..... 134**

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE PREPARO DE AMOSTRA DE PETRÓLEO PARA DETERMINAÇÃO DE ENXOFRE POR ICP-OES**

*Izabel Kaline da Silva Oliveira*  
*Álvaro Gustavo P. Galvão*  
*Larissa Sobral Hilário*  
*Tatiane de A. Maranhão*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130313**

**CAPÍTULO 14 ..... 140**

**POTENCIAL USO DA AGUA PRODUZIDA REAL E SINTÉTICA COMO DISPERSANTE EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS: INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS, DE FILTRAÇÃO E CORROSIVIDADE**

*Jardel Dantas da Cunha*  
*Keila Regina Santana Fagundes*  
*Ana Karoline de Sousa Oliveira*  
*Gecilio Pereira da Silva*  
*Rodrigo Cesar Santiago*  
*Juddson Diniz Medeiros*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130314**

**CAPÍTULO 15 ..... 151**

**UTILIZAÇÃO DE BIOSSORVENTES PARA REMOÇÃO DE BENZENO EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

*Yasmin Maria da Silva Menezes*  
*Evelyne Nunes de Oliveira Galvão*  
*Aécia Seleide Dantas dos Anjos*  
*Raoni Batista dos Anjos*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130315**

**CAPÍTULO 16 ..... 163**

**REMOÇÃO DE FENOL EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS ATRAVÉS DE BIOFILME SUPORTADO EM CARVÃO ATIVADO ESTUDO EM BATELADA**

*Josiane Bampi*  
*Heraldo Baialardi Ribeiro*  
*Tainá Cristini Da Silva*  
*Adriana Dervanoski*  
*Gean Delise Leal Pasquali Vargas*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130316**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>172</b>
<b>AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE VERMICULITA ATIVADA POR LIXIVIAÇÃO ÁCIDA PARA REMOÇÃO DE BTX EM ÁGUA</b>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130317</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>181</b>
<b>ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BTX PRESENTE EM ÁGUA CONTAMINADA COM GASOLINA UTILIZANDO FE/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> COMO ADSORVENTES</b>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130318</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>189</b>
<b>ESTUDO DA REMOÇÃO DE SURFACTANTES DA ÁGUA PRODUZIDA POR MEIO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS</b>	
<i>Letícia Gracyelle Alexandre Costa</i>	
<i>Álvaro Gustavo Paulo Galvão</i>	
<i>Ana Gabriela Soares da Silva</i>	
<i>Henrique Borges de Moraes Juviano</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130319</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>198</b>
<b>ESTUDO DA CONVERSÃO DE ENERGIA USANDO DISPOSITIVOS BASEADOS EM MATERIAIS PIEZO-ELÉTRICO APOIADOS EM PLATAFORMAS APORTICADAS</b>	
<i>Aline de Oliveira Schonarth</i>	
<i>Jorge Luis Palacios Felix</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130320</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIADORES</b> .....	<b>203</b>

## TAXA DE EVAPORAÇÃO DA GASOLINA GRID EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

### **Thiago da Silva André**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal - RN

### **Francisco de Assis Oliveira Fontes**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica, Natal - RN

### **Cleiton Rubens Formiga Barbosa**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica, Natal - RN

### **Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal – RN

### **Isaac Péricles Maia de Medeiros**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal – RN

**RESUMO:** Este estudo apresenta o resultado de análises experimentais que mediram a taxa de evaporação da gasolina GRID (aditivada), realizados para seis valores de temperaturas diferentes, seguido de uma análise de custos das perdas por evaporação aplicada à tanques subterrâneos de postos de combustíveis. A gasolina GRID é formada por uma variada quantidade de elementos químicos, dentre esses os compostos de nitrogênio (N), enxofre (S) e os

compostos voláteis, e por isso, vapores desse combustível quando liberado para atmosfera podem causar danos ao meio ambiente. Quando do uso em postos de combustíveis, esse vapor é liberado quando do abastecimento do veículo ou pelas linhas de respiro do Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustíveis - SASC. Quando o posto não possui proteções contra essas emissões fugitivas, elas atingem flora, rios, lençóis freáticos etc. Além da contaminação dos recursos naturais, a perda por evaporação atinge as finanças do posto de combustível, tanto pelas multas geradas pelas contaminações, quanto pela perda de ativo, a própria gasolina GRID.

**PALAVRAS-CHAVE:** Taxa de evaporação, gasolina GRID, emissões fugitivas, custos.

## 1 | INTRODUÇÃO

O meio ambiente e o desenvolvimento, antes separados, antagônicos, agora têm se juntado com o intuito de preservar o futuro das próximas gerações. Uma nação deve preocupar-se com seu crescimento, sem esquecer-se de preservar à natureza e seus recursos [CHOFREH et al., 2014].

Dentre tantos caminhos para estudos, escolhemos os postos revendedores de combustíveis uma vez que apresentam potencial

poluidor se não adequados às exigências ambientais legais [DIAS et al., 2012].

Em um posto revendedor de combustível as contaminações ao meio ambiente são provenientes devido a vazamentos, emissões de vapores provenientes dos combustíveis, derrames, má estocagem entre outros [FERREIRA; SILVA; LIMA, 2015]. Destaca-se neste artigo o estudo das emissões de vapores provenientes do Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustíveis - SASC - em particular, os tanques subterrâneos.

Controlando essas emissões fugitivas o posto atua de forma sustentável, preservando tanto à natureza [OLIVEIRA, et al., 2008] quanto à saúde financeira do empreendimento.

Este estudo apresenta o valor das emissões por evaporação, gerados pela gasolina GRID Petrobrás, em seis gradientes de temperatura, seguido de uma análise de custos das consequências financeiras para o posto revendedor do não controle dessas emissões.

## 2 | GASOLINA GRID PETROBRÁS

A gasolina GRID Petrobrás é o objeto de estudo, neste trabalho, para estudo da taxa de evaporação e, por conseguinte análise de custos.

A gasolina pertence ao grupo dos LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquids) e PMOS (Partially Miscible Organics Solubility), líquido imiscível menos denso que a água, ou orgânico parcialmente imiscível em água [MINDRISZ, et al., 2006].

Derivada do petróleo, a gasolina é formada por inúmeros compostos químicos (olefinas, hidrocarbonetos aromáticos etc.) dentre os quais se destacam os contaminantes mais solúveis em água, os compostos BTEX, presentes em 18% no peso da gasolina.

A seguir a Tab. 1 apresenta as principais propriedades da gasolina GRID.

Gasolina GRID	
<b>Aspecto (Estado Físico, Forma E Cor)</b>	Líquido límpido de coloração característica.
<b>Odor e limite de odor</b>	Característico.
<b>pH</b>	Não aplicável
<b>Ponto de fusão/ponto de congelamento</b>	Não disponível.
<b>Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição</b>	Não disponível.
<b>Ponto de fulgor</b>	< -43 °C
<b>Taxa de evaporação</b>	Não disponível.
<b>Inflamabilidade (sólido e gás)</b>	Não aplicável.
<b>Pressão de vapor</b>	79 kPa a 37,8 °C
<b>Densidade de vapor</b>	Não disponível.

<b>Densidade relativa</b>	0,73 - 077
<b>Solubilidade</b>	Insolúvel em água
<b>Temperatura de autoignição</b>	Não disponível.
<b>Temperatura de decomposição</b>	Não disponível.
<b>Viscosidade</b>	Não disponível.
<b>Outras informações</b>	Faixa de destilação: 27 – 220°C a 760 mmHg

Tabela 1. Propriedades físico-químicas da gasolina GRID. Fonte: FISPQ

Algumas peculiaridades diferencia a gasolina comum da aditivada, dentre elas destacam-se: a GRID apresenta aditivos detergentes, aditivos redutor de atrito e dispersantes, substâncias essas que contribuem para um melhor desempenho do motor e seus sistemas. Junte-se a isso o fator redutor de depósito de carbono no motor, reduzindo a emissão de gases poluentes, quando comparada a gasolina comum.

### 3 | METODOLOGIA

#### 3.1 Análise Experimental

O experimento foi montado com o intuito de calcular a taxa de evaporação, avaliando a porcentagem mássica evaporada durante o ensaio. Para tanto foram utilizados os seguintes equipamentos: banho termostático, balança de precisão (resolução de 0,0001 g), proveta de 25 ml, termômetro de mercúrio, suporte para fixação da proveta e garras.

A gasolina comum (25 ml) era despejada dentro da proveta. Após isso o peso do conjunto proveta mais base da proveta mais gasolina eram pesados na balança de precisão. De posse desses valores, a proveta com o combustível era colocada no banho até que a temperatura fosse atingida. Chegada à temperatura do ensaio, o conjunto era novamente pesado, anotava-se o valor e a partir daí iniciava a contagem do tempo, uma vez que a taxa de evaporação foi calculada tendo como referência a temperatura em que se desejava. O período de aquecimento até a chegada da temperatura do experimento e sua respectiva perda volumétrica (mássica) não foram o objeto de estudo deste trabalho. Portanto, quando o combustível atingia a temperatura em que se pretendia realizar a análise, os dados (peso) eram anotados, tendo-os como referência inicial.

Os ensaios duravam quatro horas para cada nível térmico e, de meia em meia hora, a proveta com o combustível era retirada para pesagem. A razão para tanto foi construir um gráfico que detalhasse bem o processo de evaporação. Oito pontos, resultados das pesagens, construíram os gráficos que serão apresentados na seção seguinte.

Para controle da temperatura foi colocado em outra proveta com a mesma

quantidade de combustível e semelhante à outra um termômetro de mercúrio para verificação da temperatura da gasolina comum. Esse termômetro ficava em contato direto com o combustível, apresentado a temperatura do mesmo; além disto, o banho termostático apresentava em seu painel digital a temperatura do banho, que nesse caso, foi realizado em água comum.

Dessa forma, com duas provetas no banho termostático em água, uma para controle do nível térmico desejado e outra que era pesada no intervalo de tempo apresentado, é que foi conduzido o experimento.

### 3.2 Equações

O valor do peso do conjunto proveta mais gasolina comum, quando estabilizado na temperatura de estudo, foi a referência. Partindo daí, o valor da primeira pesagem era diminuído do valor de referência, obtendo assim  $\alpha_1$ ;  $\alpha_2$ ; era resultado da subtração do valor pesado na meia hora seguinte menos o valor de  $\alpha_1$  e assim as taxas de evaporação parciais ( $\alpha_1$ ) foram alcançadas.

Para o cálculo da taxa de evaporação média ( $\alpha_{média}$ ), em gramas por hora, foi utilizado a Eq. (1):

$$\alpha_{média} = \frac{\sum_1^8 \alpha_i}{4} \quad (1)$$

Na equação (1),  $\alpha_1$  é dado em gramas. Como foram oito pesagens do decorrer das quatro horas, o quatro aparece no denominador da equação acima, para que a taxa de evaporação seja expressa por unidade de hora.

A porcentagem de volume vaporado ( $\beta$ ) foi obtida com a Eq. (2).

$$\beta = \left( \frac{\alpha_{média}}{\omega_\alpha - \omega_\theta} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Onde  $\omega_\alpha$  é o peso do conjunto proveta mais combustível após o aquecimento necessário para se atingir a temperatura do ensaio e  $\omega_\theta$  é o peso da proveta mais seu suporte (sem combustível).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados a seguir os resultados das análises experimentais para a gasolina GRID Petrobras. Os gráficos mostram o peso total evaporado no decorrer do tempo, a taxa de evaporação média (grama/hora) e o percentual (médio) por hora de volume evaporado em função da temperatura.

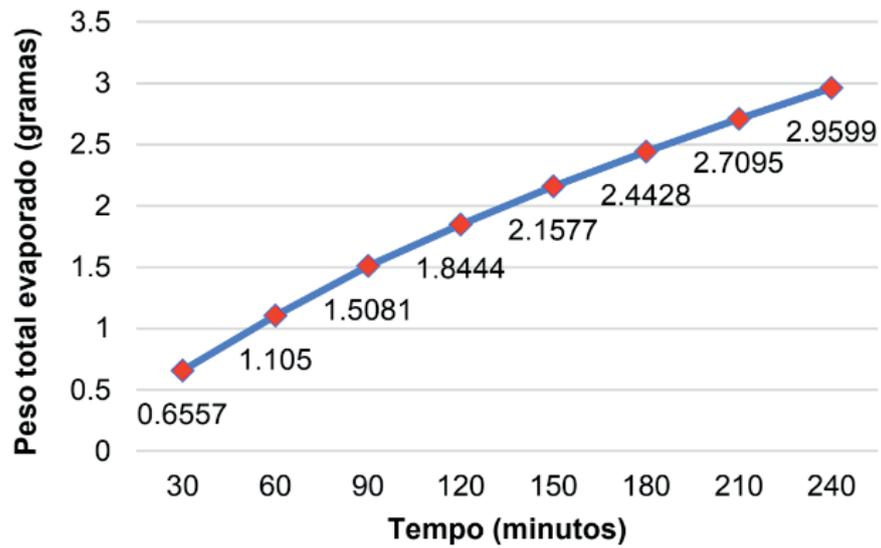


Figura 1. Peso evaporado (grama/hora). Gasolina GRID a T = 55 °C.

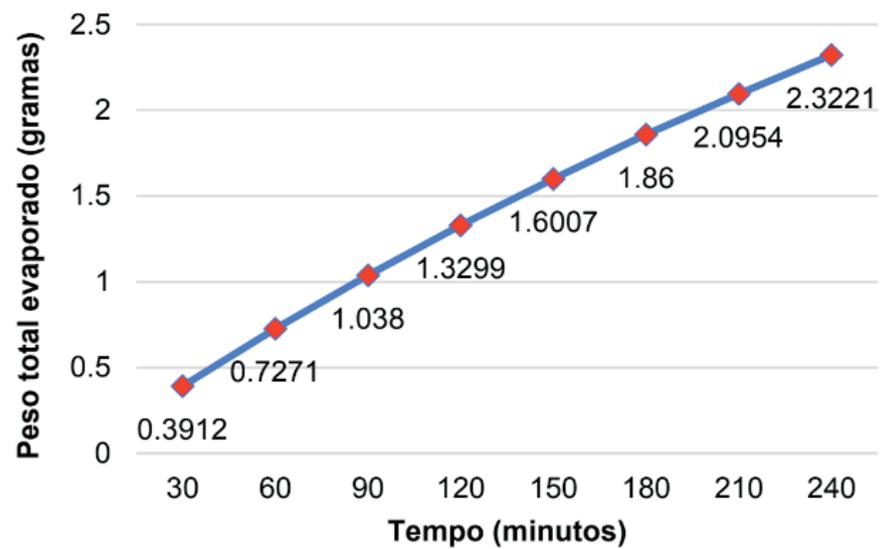


Figura 2. Peso evaporado (grama/hora). Gasolina GRID a T = 50 °C.

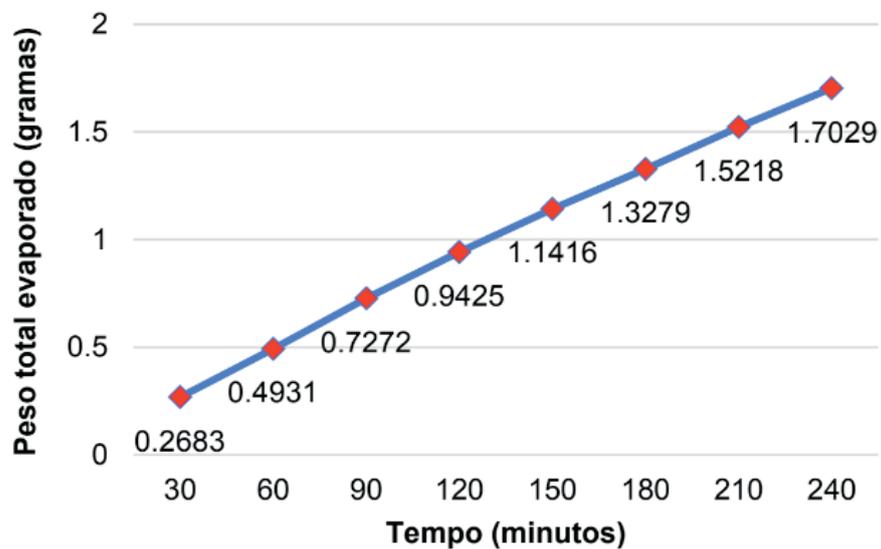


Figura 3. Peso evaporado (grama/hora). Gasolina GRID a T = 45 °C.

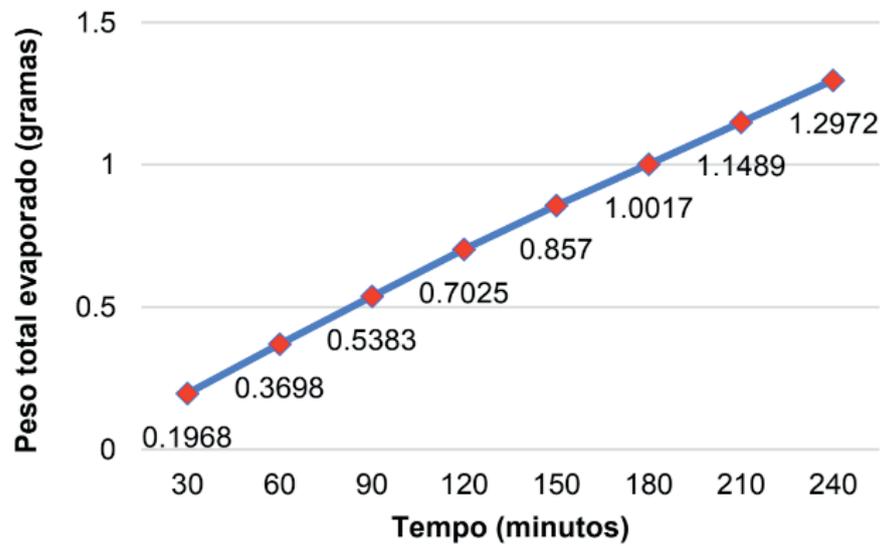


Figura 4. Peso evaporado (grama/hora). Gasolina GRID a T = 40 °C.

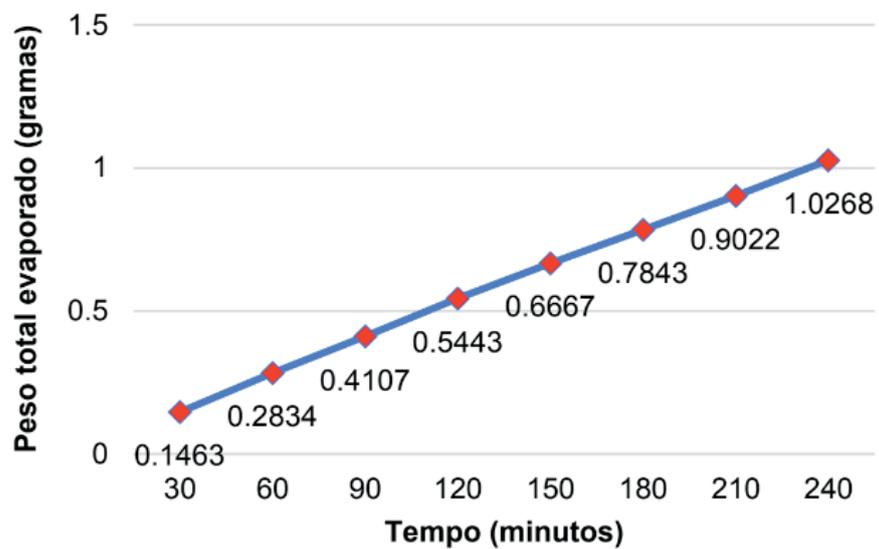


Figura 5. Peso evaporado (grama/hora). Gasolina GRID a T = 35 °C.

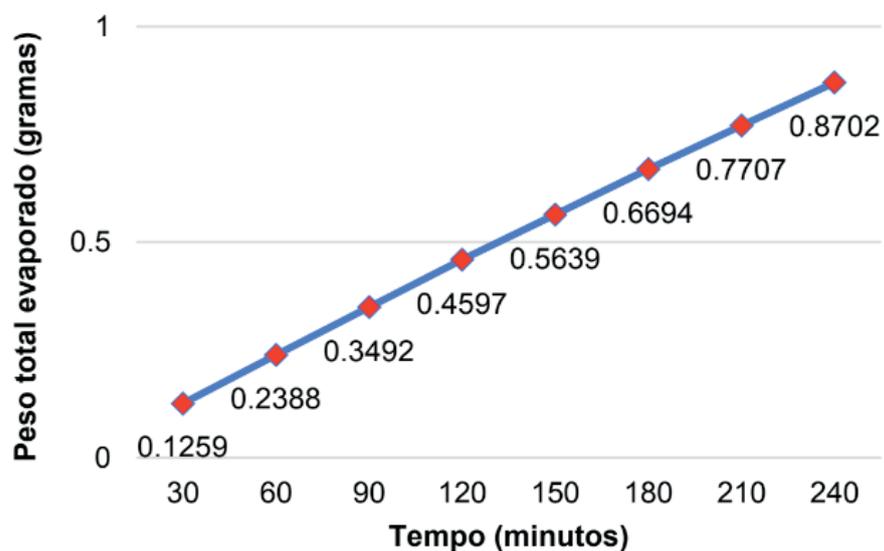


Figura 6. Peso evaporado (grama/hora). Gasolina GRID a T = 30 °C.

Com os resultados expostos observa-se que, para a gasolina GRID, quanto maior a temperatura, maior será peso total evaporado.

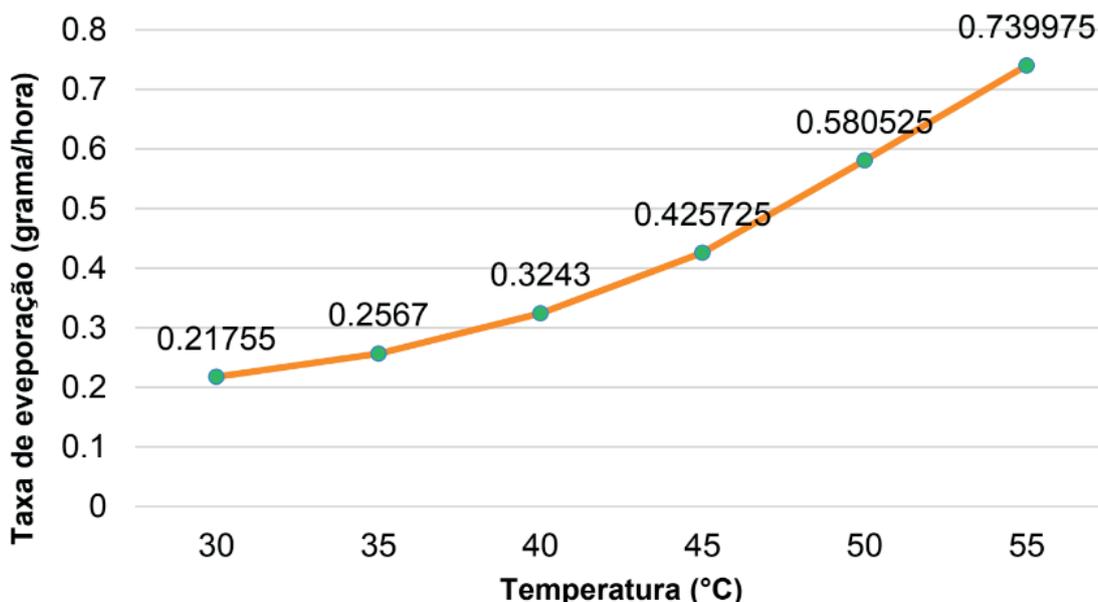


Figura 7. Taxa de evaporação média (grama/hora). Gasolina GRID.

Assim como no caso do peso, a observação do gráfico acima aponta que a taxa de evaporação média (grama/hora) aumenta com o aumento da temperatura. Essas médias são resultados de ensaios com duração de quatro horas pra cada faixa de temperatura.

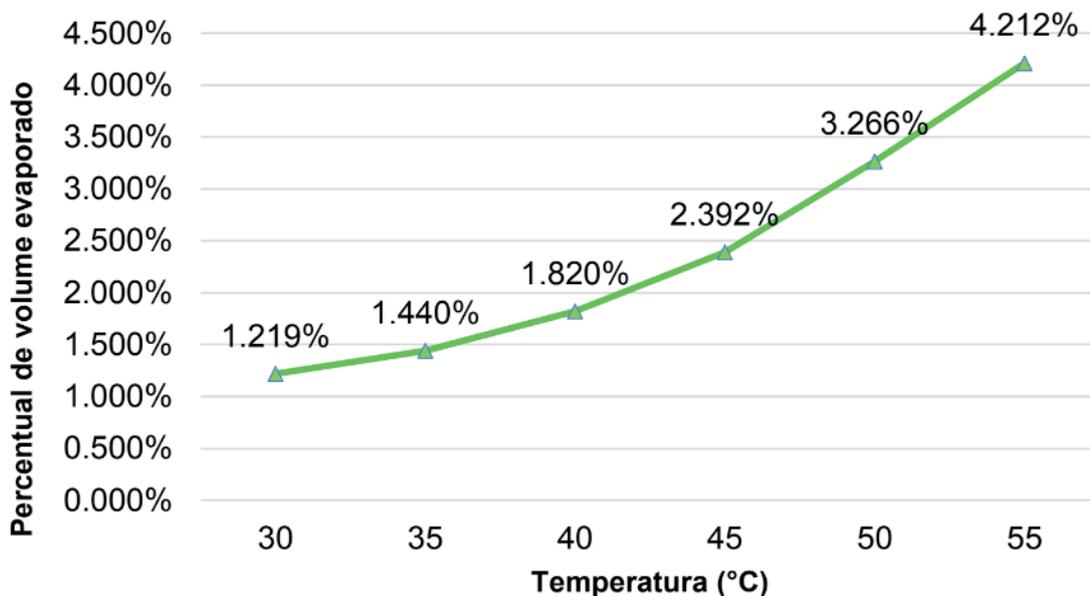


Figura 8. Percentual (médio) por hora de volume evaporado em função da temperatura. Gasolina GRID.

Tomando como referência o volume inicial, conclui-se da figura 8 que o percentual de volume evaporado é diretamente proporcional ao aumento da temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura maior o volume evaporado.

Existe uma norma nacional que estabelece as perdas por evaporação toleráveis

em postos revendedores de combustível é a ABNT NBR 13787 (1997) - Controle de estoque de sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC) –. A referida norma limita que, as perdas diárias por evaporação, não podem ultrapassar 0,6 % do volume.

Merece destaque o seguinte fato: as perdas por evaporação da gasolina GRID, para todas as temperaturas estudadas - em um posto que não promova a minimização ou a redução de emissões fugitivas com o uso de dispositivos para esse fim - estão acima do estabelecido pela norma nacional, 0,6%.

#### **4.3 Análise de custos – Gasolina GRID**

Considerando como volume de controle o tanque de combustível, com capacidade de 5.000 litros, é possível realizar uma análise de custos, tendo como parâmetro de avaliação o volume evaporado (médio) por hora.

Considerando a temperatura de 30 °C, analisando a figura 8 constata-se uma perda de, aproximadamente, 61 litros de gasolina GRID por hora, isso considerando apenas as emissões por evaporação.

Em valores monetários, tomando a referência o valor médio estimado pela Global Pretol Prices, o litro da gasolina comum no Brasil custa R\$ 3,66 (junho de 2016). Logo a perda, por hora, é de R\$ 223,26, chegando a R\$ 6.697,80 em um mês (considerando trinta dias e uma hora de perda de gasolina GRID). Esses valores serão maiores quanto maior for o tempo de evaporação.

Além do prejuízo financeiro, esses vapores não contidos contaminam o meio ambiente, poluindo fauna e flora, ocasionada sérios danos à natureza e a população em geral (OLIVEIRA, et al.,2008).

Segundo ABNT NBR 13787 (1997) o posto quando perde tais valores mensais está enquadrado na condição de não estanque, ou seja, com vazamentos, podendo ter sua licença de operação suspensa ou cancelada e também sofrer a abertura de passivo ambiental.

## **5 | CONCLUSÃO**

Deste trabalho, conclui-se que:

1. O posto que não adote em suas instalações equipamentos e/ou dispositivos que promovam a minimização ou a redução de emissões fugitivas está lesando o meio ambiente e sendo lesado em suas finanças;
2. O peso total evaporado da gasolina GRID é proporcional ao aumento da temperatura;
3. A taxa de evaporação média da gasolina GRID é proporcional ao aumento da temperatura;

4. A perda de volume médio por hora da gasolina GRID é proporcional ao aumento da temperatura;
5. Em todas as temperaturas estudadas, as perdas por evaporação da gasolina GRID, estão acima do limite de perda permitido pelas normas e leis nacionais. Isto pode gerar uma falsa condição de não estanqueidade, ocasionando sérios transtornos ao empreendedor;
6. Perda de ativo do posto de combustível. A perda diária, por hora, da gasolina GRID, isso levando em consideração apenas a evaporação, para a temperatura de 30 °C é de R\$ 223,26.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) pelo suporte financeiro concedido a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- CHOFREH, A. G. et al. **Sustainable enterprise resource planning: imperatives and research directions**. Journal of Cleaner Production, v. 71, p. 139–147, 2014.
- Dias, G. DA M. **Adequação Ambiental**. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte, v. 1, p. 169, 2012.
- Ferreira, C. R. L.; Silva, D. C.; Lima, E. M. DE. **Diagnóstico Ambiental de um Posto Revendedor de Combustíveis (PRC) na Cidade de Natal/RN**. CONEPETRO, 2015.
- Mindrisz, A. C. **Avaliação da contaminação da água subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fósseis, no município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à gestão ambiental**. p. 254, 2006.
- Katsuhiro Okamoto, Norimichi Watanabe, Yasuaki Hagimoto, Koji Miwa, Hideo Ohtani, **Changes in evaporation rate and vapor pressure of gasoline with progress of evaporation**, Fire Safety Journal, Volume 44, July 2009, p. 756-763. dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.03.004.
- Oliveira, V. B. P; Gomes, P. L.; Nascimento, E. A. **Estratégias ambientais em postos de combustíveis: O caso de posto de combustível ecológico**. In: IV Congresso Nacional de Excelência Em Gestão. Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 2009.
- Zhu, L; Chen, J; Liu, Y; Yu, R. G. J. **Experimental analysis of the evaporation process for gasoline**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 25, November 2012, p. 916-922, dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2012.05.002.
- Petrobras Distribuidora S.A. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ. Gasolina Comum**. Nº FISPQ: BR0089, versão 4, 2015.
- Global Petrol Prices. **Brasil - preços da gasolina: Demonstramos os preços**. Disponível em: <[http://pt.globalpetrolprices.com/Brazil/gasoline\\_prices](http://pt.globalpetrolprices.com/Brazil/gasoline_prices)>. Acesso: 14 jun. 2016.

Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 13784: **Armazenamento de líquidos inflamáveis**

**e combustíveis — Procedimento de controle de estoque dos sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC).** Rio de Janeiro, 2013.

Amato, F.; Matoso, F. **Mistura de Etanol na gasolina sobe hoje.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/03/mistura-de-etanol-na-gasolina-sobe-hoje.html>>. Acesso: 28 mar. 2016.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-159-6

