

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**

Fatec Santo André

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Lucas Carvalho Cussolin

Thales de Oliveira Manoel

Vitor Morales Campos

**Estudo da adulteração do etanol combustível por água e metanol
utilizando o sensor BR-FFS**

Santo André

2018

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Lucas Carvalho Cussolin

Thales de Oliveira Manoel

Vitor Morales Campos

**Estudo da adulteração do etanol combustível por água e metanol
utilizando o sensor BR-FFS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Fatec Santo André como
requisito parcial para obtenção do título
de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Prof. Me Jhonny Frank Sousa Joca.

Santo André

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

C986e

Cussolin, Lucas Carvalho

Estudo da adulteração do etanol combustível por água e metanol utilizando o sensor BR-FFS / Lucas Carvalho Cussolin, Thales de Oliveira Manoel, Vitor Morales Campos. - Santo André, 2018. – 45f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2018.

Orientador: Prof. Ms. Jhonny Frank Sousa Joca

1. Eletrônica. 2. Etanol. 3. Metanol. 4. Legislação. 5. Impostos. 6. Governo. 7. Combustível. 8. Postos de Gasolina. 9. Adulteração. 10. Sensor BR-FFS. I. Manoel, Thales de Oliveira. II. Campos, Vitor Morales. III. Estudo da adulteração do etanol combustível por água e metanol utilizando o sensor BR-FFS.

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 13 DE DEZEMBRO DE 2018.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA “**Estudo
da adulteração do etanol combustível por água e metanol
utilizando o sensor BR-FFS**” DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE
DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. JOHNNY FRANK SOUSA JOCA _____

MEMBROS:

PROF. CARLOS ALBERTO MORIOKA _____

PROF. FERNANDO GARUP DALBO _____

ALUNOS:

LUCAS CARVALHO CUSSOLIN _____

THALES DE OLIVEIRA MANOEL _____

VITOR MORALES CAMPOS _____

AGRADECIMENTO

Ao nosso orientador Jhonny Frank Sousa Joca pelo incentivo, e pelo tempo dedicado aos experimentos, sempre debatendo e sugerindo ações para o enriquecimento do trabalho. Ao professor Wesley Becari pela grande ajuda nos experimentos feito na USP para a realização do nosso trabalho. Ao professor Armando Antônio Maria Laganá por deixar que o nosso grupo fosse fazer os experimentos na USP. Ao professor Paulo Alexandre Pizará Hayashida que ajudou o nosso grupo quanto tínhamos alguma dúvida. Ao professor Adriano Ribolla que ajudou com as informações necessárias referente ao sensor.

RESUMO

A adulteração de combustível é uma prática comum. Os grandes postos praticam essa fraude para economizar, se utilizando de adição de diversas substâncias aos combustíveis. São exemplos, a adição de água e metanol ao etanol e a adição de porcentagens de etanol à gasolina em níveis superiores aos limites impostos pela legislação vigente. Essa prática além de ilegal, prejudica o desempenho do motor e pode gerar prejuízos financeiros para o consumidor, causando o aumento da probabilidade de falhas e problemas mecânicos. Além disso, o governo deixa de arrecadar impostos. Neste trabalho utilizamos o sensor BR-FFS (*Flex Fuel Sensor*) da empresa Continental para avaliação de adulteração do Etanol. Analisamos o funcionamento do sensor *Flex Fuel* visando detectar a adulteração do Etanol com adição de água em porcentagens diferentes das permitidas por lei, conforme especificado no *Datasheet* do sensor e também se é possível detectar a adição de Metanol no etanol, já que o sensor, em teoria, apenas verifica a quantidade de água no combustível, de acordo com a condutividade medida. Realizados os testes, tivemos como resultado que, o sensor *Flex Fuel* se mostrou eficiente relação a detecção de fraude por adição de água no etanol, conforme a descrição do seu *Datasheet*. Porém, ele não demonstrou capacidade de detectar a adulteração de metanol no combustível.

Palavras-chave: Adulteração, Combustíveis, Etanol, Metanol, Sensor.

ABSTRACT

Fuel adulteration is a common practice. The great posts practice this fraud to save money, if using of addition of diverse substances to the fuels. Examples are the addition of water and methanol to ethanol and the addition of percentages of ethanol to gasoline at levels above the limits imposed by current legislation. This practice, in addition to illegal, impairs the performance of the engine and can generate financial losses for the consumer, causing an increase in the probability of failure and mechanical problems. In addition, the government stops collecting taxes. In this work we used the BR-FFS (Flex Fuel Sensor) sensor from the Continental company for the evaluation of ethanol adulteration. We analyzed the operation of the Flex Fuel sensor in order to detect the adulteration of the Ethanol with addition of water in percentages different from those allowed by law, as specified in the Datasheet of the sensor and also if it is possible to detect the addition of Methanol in ethanol, since the sensor, in theory, only checks the amount of water in the fuel, according to the measured conductivity. Once the tests were carried out, we found that the Flex Fuel sensor proved to be efficient in detecting fraud by adding water to ethanol, as described in its Datasheet. However, it did not demonstrate the ability to detect the adulteration of methanol in the fuel.

Keywords: Adulteration, Fuels, Ethanol, Methanol, Sensor.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivos	13
1.3	Metodologia	13
2	COMBUSTÍVEIS	14
2.1	Aspectos Históricos	14
2.2	Tipos de Combustíveis.....	14
2.2.1	Gasolina	15
2.2.1.1	Tipos de Gasolinas no Brasil.....	15
2.3	Etanol.....	16
2.3.1	História do Etanol	17
2.3.2	Etanol no Brasil.....	18
2.3.3	Tipos de Etanol No Mercado e suas Características.....	19
2.3.4	Metodologias para a Avaliação da Qualidade	21
2.4	Metanol.....	22
2.4.1	Controle Do Teor De Metanol No Etanol Combustível.....	23
2.5	Adultrações Do Etanol	23
2.6	Consequências do Uso do Etanol Adulterado	25
3	MOTORES FLEX	26
3.1	O que são Motores Flex?.....	26
3.2	Motores Flex no Brasil.....	28
3.2.1	Sensor Flex Fuel.....	29
3.2.2	Características Técnicas	31
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	37
5	CONCLUSÃO	42
6	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	43
7	BIBLIOGRAFIA.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Molécula do Etanol.	17
Figura 2 - Evolução do uso do Etanol.	18
Figura 3 - Amostras de Álcool hidratado e Anidro.	24
Figura 4 - Velas de Ignição.	26
Figura 5 - Produção de automóveis por tipo de combustível, Brasil, 1970-2013.	27
Figura 6 - Descrição do componente do sensor.	30
Figura 7 - T.Pulso X Temperatura do Combustível.	31
Figura 8 - Lógica de Funcionamento.	32
Figura 9 - Frequência x Porcentagem de Etanol.	32
Figura 10 - Diagrama do Sensor.	34
Figura 11 - Circuito Pull-Up.	35
Figura 12 - Sensor Flex Fuel.	35
Figura 13 - Circuito e sensor Utilizados.	37
Figura 14 - Sinal Gerado pelo Sensor.	38
Figura 15 - Relação de porcentagem de Metanol no Etanol.	38
Figura 16 - Relação de Porcentagem de Metanol no Etanol.	39
Figura 17 - Relação de Porcentagem de Água no Etanol.	40

LISTA DE SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

DNPM- Departamento Nacional da Produção Mineral.

CNP- Conselho Nacional do Petróleo

OAPEC – Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo.

NBR- Normas Brasileiras

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

MTBE- Éter Metil Terciário Butílico

ECU- Unidade Eletrônica de Controle

LCR- Medidor de Capacitância, indutância e Resistência

BR-FFS – Brazilian Flex Fuel Sensor

Lista de Quadros

Quadro 1 - Métodos ABNT para Análise de Etanol.....	20
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - % de Água e Metanol	36
Tabela 2 - Dados teóricos x Dados reais	41

1 INTRODUÇÃO

A adulteração do combustível se tornou um grande problema para os consumidores. Por mais que haja fiscalização da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) sobre os postos, muitos conseguem burlar a fiscalização e continuam vendendo os combustíveis adulterados para o consumidor final com preços menores para atrair os clientes, com a falsa promessa de estarem vendendo Etanol ou Gasolina de qualidade de acordo com as normas da ANP.

1.1 Motivação

A motivação desse trabalho é avaliar e identificar possíveis fraudes do Etanol com um sensor utilizando grandezas físicas, propriedades químicas e eletrônica embarcada como base.

1.2 Objetivos

Comprovar com pesquisas, testes e análise de dados obtidos que, o sensor *Flex Fuel* consegue detectar com efetividade a adulteração de Etanol com adição de água em diversas quantidades, e analisar se é possível o sensor detectar a adulteração de etanol por adição de metanol.

1.3 Metodologia

A coleta de dados do sinal de saída do sensor Flex Fuel Sensor foi realizada utilizando um osciloscópio, para diversas amostras de Etanol com a adição de água e de metanol em diversas proporções, visando estabelecer uma relação entre o teor dos adulterantes e o sinal de saída.

2 COMBUSTÍVEIS

Nesse capítulo, abordaremos um pouco da história do combustível e os tipos de combustíveis.

2.1 Aspectos Históricos

No decorrer da história, a relação do homem com a natureza, foi responsável por várias transformações. Pela busca de uma vida mais confortável, se acabou trilhando o desenvolvimento de vários tipos de combustíveis que marcaram a história humana.

De acordo com Rochinha (2016, pg. 20 apud DIONYSIO e MEIRELLES): Os indícios mais antigos de movimentação econômica relacionada a combustível no Brasil tiveram início em 1892, com a autorização obtida pelo fazendeiro chamado Eugênio Ferreira de Camargo para perfurar o primeiro poço de petróleo. No ano de 1933 foi criado o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e em 1938 foi fundado o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), ele foi o primeiro órgão regulamentador de combustível no Brasil, junto a primeira legislação que nacionalizou a exploração de petróleo no Brasil. Em 1953 foi fundada o Petróleo Brasileiro S/A, conhecida hoje como Petrobras, com a lei 2004 pelo então o ex-presidente Getúlio Vargas. A intenção da empresa Petrobras tem sido desde aquele momento, é fazer um grande investimento em pesquisas e tecnologia para a exploração do petróleo, visando desse modo a autossuficiência do Brasil em combustível fóssil e petróleo de forma geral. (2016, pg. 20 apud DIONYSIO e MEIRELLES)

No Brasil, a agência regulamentadora e responsável pela especificação e fiscalização da qualidade de combustíveis é a Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural e Combustível (ANP), que foi criada no dia 15 de janeiro de 1998.

A utilização do álcool etílico combustível foi iniciada no Brasil no ano de 1974, essa utilização foi impulsionada por dois motivos: Sucessivas crises no setor açucareiro e a tentativa de diminuir a dependência do petróleo.

2.2 Tipos de Combustíveis

Serão tratados nesses subcapítulos, os combustíveis mais utilizados no Brasil.

2.2.1 Gasolina

O combustível chamado por gasolina é um produto que é obtido por meio do refino do petróleo e a sua composição vai depender da sua utilização, se vai ser utilizada para aviação ou automotiva.

Dias (2008), expõe que a gasolina que é utilizada no ramo automotivo é um combustível composto por hidrocarbonetos (constituídos com átomos de carbono e hidrogênio) e em menor quantidade, por produtos oxigenados. Esses hidrocarbonetos (contendo cerca de 4 a 12 átomos) são mais leves do que aqueles que compõem o óleo e o diesel. A gasolina se tornou o combustível mais utilizado nos automóveis por apresentar uma alta energia de combustão e pela boa capacidade de mistura com o ar em um carburado. A gasolina no Brasil é vendida aos consumidores com uma adição de etanol anidro em sua composição. Essa mistura do etanol e a gasolina são obrigatórias para toda gasolina automotiva vendida no país. Com essa mistura consegue aumentar a octanagem, que desse modo reduz o consumo de petróleo e realiza uma queima mais limpa do combustível. A quantidade de etanol na gasolina não pode passar de $27 \pm 1\%$, senão ela já é considerada uma gasolina adulterada.

2.2.1.1 Tipos de Gasolinas no Brasil

A Agência Nacional do Petróleo especifica e estabelece os requisitos de desempenho dos três tipos de gasolina para a comercialização em postos de combustíveis ou consumidores finais: Gasolina Tipo C, Gasolina Aditivada e Gasolina *Premium* Tipo C.

Gasolina Comum Tipo A: É produzida pelas refinarias de petróleo e são entregues direto para as companhias distribuidoras. Ela é constituída basicamente de uma mistura de naftas numa proporção tal que enquadre o produto na especificação que é prevista. Esta gasolina é comercializada entre refinarias e distribuidores, ou seja, não disponível para ao consumidor final.

Gasolina Premium Tipo A: Está gasolina apresenta uma formulação especial, esta é obtida a partir da mistura de naftas de elevadas octanagens (nafta craqueada, nafta alquilada, nafta reformada) e eles fornecem ao produto maior uma resistência a detonação, do que aquela que é fornecida pela Gasolina Comum Tipo C.

Gasolina Comum Tipo C: Essa é a gasolina encontrada disponível mercado, ela é comercializada nos postos revendedores e é utilizada em automóveis, motos,

embarcações aquáticas etc.é preparada pelas companhias distribuidoras que adicionam álcool etílico anidro à Gasolina Comum Tipo A.

A porcentagem deste álcool na gasolina Tipo C deve ser de 27% em volume, tendo a margem de erro de 1%, ou seja, se estiver entre 26% até 28%, ele está de acordo, desde modo atendendo o que é previsto pela Legislação, obedecendo a Resolução nº 1, de 4 de março de 2015.

Gasolina Aditivada: São adicionados aditivos que conferem a gasolina características especiais. Nesse caso, a gasolina comum passa a ser vendida como Gasolina Tipo C aditivada. Esses aditivos que são adicionados na gasolina, possuem características detergentes e dispersantes, e desse modo melhoram o desempenho do produto. E desse modo contribuem para minimizar a formação de depósitos no carburador e nos bicos injetores, assim como os coletores e hastes e sedes das válvulas de admissão.

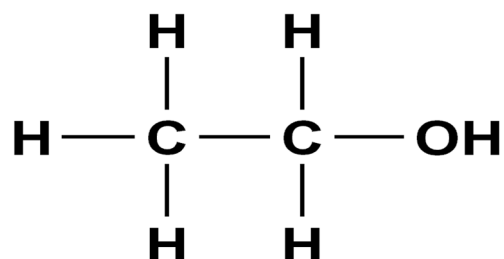
Gasolina *Premium* Tipo C: Essa gasolina é preparada pelas companhias distribuidoras através da adição do álcool etílico anidro à Gasolina *Premium* Tipo A, nas mesmas porcentagens praticadas para a gasolina comum. Ela se difere da gasolina comum pela maior octanagem. Ela é indicada para veículos cujos seus motores possuem uma alta taxa de compressão.

2.3 Etanol

“Também conhecido como álcool etílico, é uma substância orgânica obtida a partir da fermentação de açúcares, a hidratação do etileno ou a redução de acetaldeído, encontrado em bebidas alcoólicas” (Voniask, 2016, p.14).

No Brasil ela é utilizada como combustível de motores, constituindo assim um mercado em ascensão para um combustível obtido de maneira renovável. A figura 1 mostra a estrutura da molécula do etanol.

Figura 1 - Molécula do Etanol.



Fonte: Autores.

2.3.1 História do Etanol

Somente a partir da Segunda Guerra Mundial, o etanol ganhou uma importância internacional. Em um cenário de confronto intenso, o acesso ao petróleo passou a ser utilizado como uma forma de estratégia. Desse modo a Alemanha, para aumentar os seus estoques decretou que a gasolina em seu país tivesse um percentual de 50% de etanol em sua mistura. Eles também utilizaram o etanol ao petróleo para poder mover seus foguetes e mísseis.

“Em 1970 a Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo (OAPEC) decretou um embargo de fornecimento de petróleo que desse modo provocou uma enorme crise de abastecimentos nos Estados Unidos e seus aliados, Europa Ocidental e no Japão” (Leite, 2013, p.61).

Após essa crise ficou evidente uma necessidade de investimento em combustíveis alternativos para poder mover os automóveis e as indústrias.

2.3.2 Etanol no Brasil

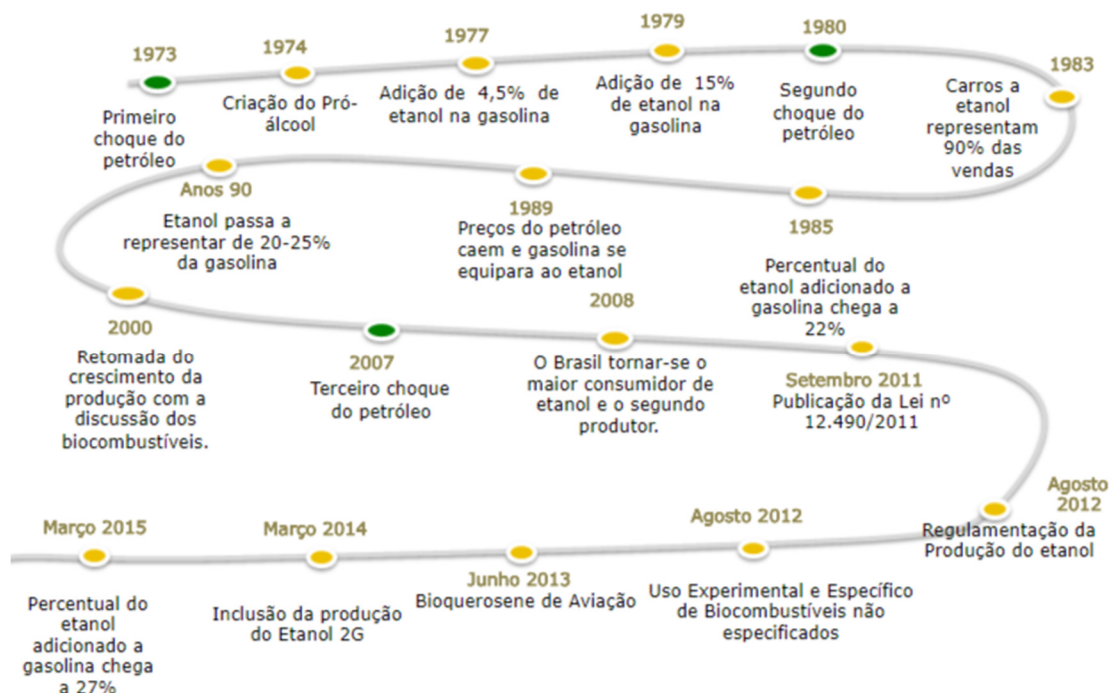
No Brasil a extração da cana de açúcar para produzir o etanol existe desde 1920, mas apenas em 1931 que ele passou a ser misturado na composição da gasolina. Em outro reflexo causado pela *OAPEC*, o etanol ganhou maior incentivo no Brasil através do programa chamado “Proálcool”. Ele foi criado em 1975 com a intenção de promover a independência energética brasileira, e desenvolver uma indústria de carros que fossem movidos apenas com o etanol (Stockert, 2008, p.31).

O Brasil não é apenas o maior produtor de cana é, também, o primeiro do mundo na produção de açúcar e etanol e conquista, cada vez mais, o mercado externo com o uso do biocombustível como alternativa energética (Abreu, 2017, p. 50).

“Ele é considerado melhor para o meio ambiente, pois colabora com a diminuição de gases do efeito estufa” (Nunes, 2017, p.15).

A Figura 2 ilustra a evolução quanto ao uso do etanol desde os anos 70.

Figura 2 - Evolução do uso do Etanol.



Fonte: ANP (Agência Nacional de Petróleo e Gás).

Em março de 2014, ocorreu a inclusão da produção do Etanol 2º geração, que é produzido a partir da palha e do bagaço da cana-de-açúcar. Resíduos que são

descartados pelas usinas durante a produção de açúcar e etanol de cana, mas que podem ser utilizados como matéria-prima para o etanol 2º geração (Siaming, 2018).

2.3.3 Tipos de Etanol No Mercado e suas Características

O álcool hidratado é o álcool misturado com água, vendido nos postos como etanol. Para poder ser comercializado, a ANP estabelece vários critérios de qualidade ao produto, obedecendo a Resolução ANP n° 19/2015.

Em relação a seu aspecto, o etanol precisa ser límpido e isento de impureza. Isso significa que o líquido deve ser uniforme, da mesma cor, e sem nenhum resíduo sólido em sua mistura, o método para definir a qualidade é apenas visual. Sendo o etanol hidratado uma mistura feita basicamente de álcool e água, ele não possui coloração, precisando ser transparente.

Em relação à massa específica (densidade) do etanol hidratado, ele precisa ter entre 807,6 a 811,0 Kg/m³, levando-se em conta a temperatura de 20° C. Caso o etanol atinja uma marca de 799,8 a 802,7 kg/m³, ele poderá ser vendido como etanol hidratado *Premium*, desde que atenda aos outros pré-requisitos e possua uma excelência também em relação ao teor alcoólico, de acordo com a norma NBR 5992.

Já o teor alcoólico do etanol hidratado estipulado pelo ANP precisa estar entre 95,1 e 96° INPM (unidade de medida equivalente à porcentagem de álcool na mistura). Em relação à massa alcoólica, ela precisa ter entre 92,5 e 93,8% da massa total do etanol hidratado. O etanol será considerado *Premium* caso, além da baixa densidade, tenha entre 95,5 e 97,7% da massa e 97,1 a 98,6% de volume quando ele for importado, distribuído ou revendido.

Com relação ao pH, ele precisa estar entre 6 ou 8, de modo a não possuir pronunciada corrosividade.

Quadro 1 - Métodos ABNT para Análise de Etanol.

Método	Título
NBR 5891	Regras de arredondamento na numeração decimal
NBR 5992	Álcool etílico e suas misturas com água-Determinação da massa específica e do teor alcoólico - Método do densímetro de vidro
NBR 8644	Etanol combustível- Determinação do teor de resíduo por evaporação
NBR 9866	Etanol combustível - Determinação da acidez total por titulação colorimétrica
NBR 10422	Etanol combustível - Determinação da concentração de sódio - Método da fotometria de chama
NBR 10891	Etanol combustível- Determinação da condutividade elétrica
NBR 10891	Etanol hidratado combustível - Determinação do pH - Método potenciométrico
NBR 10894	Etanol combustível - Determinação da concentração de cloreto e sulfato - Método da cromatografia de íons
NBR 11331	Álcool etílico - Determinação da concentração de ferro e cobre - Método da espectrofotometria de absorção atômica
NBR 13993	Etanol combustível - Determinação do teor de hidrocarbonetos - Método volumétrico
NBR 15531	Etanol combustível - Determinação do teor de água - Método volumétrico de Karl Fischer
NBR 15639	Álcool etílico e suas misturas com água - Determinação da massa específica e do teor alcoólico - Método da densimetria eletrônica
NBR 15888	Etanol - Determinação do teor de água - Método coulométrico de Karl Fischer
NBR 15559	Etanol combustível - Determinação do teor de material não volátil por evaporação
NBR 16041	Etanol combustível - Determinação dos teores de metanol e etanol por cromatografia gasosa
NBR 16047	Etanol combustível - Determinação de acidez total por titulação potenciométrica

Fonte: Os autores

O álcool anidro, também conhecido por álcool absoluto, é aquele que possui quase cerca de 99,5% de etanol e apenas 0,5% de água. Como combustível, ele é comercializado misturado à gasolina, com intuito de melhorar o rendimento e diminuir os índices de poluição.

Da mesma forma que o etanol hidratado, ele precisa ser límpido e livre de impurezas, porém ele se diferencia em relação à sua cor. Com o intuito de diferenciá-los, é preciso ser adicionado à mistura um pigmento de coloração laranja ao álcool anidro. A Resolução ANP n° 19/2015 regula o tipo de pigmento a ser adicionado, que precisa, entre outras coisas, ser solúvel em etanol e insolúvel em água.

A densidade do álcool anidro tem que ser de no máximo 791,5 Kg/m³, não havendo especificação de um limite mínimo. A medida desse quesito também é em relação à temperatura de 20°C.

O uso do etanol como combustível em geral, está a cada dia ganhando mais força no mundo. Um exemplo é na Suécia, que utiliza um combustível chamado E85, que possui 85% de etanol e 15% de gasolina, e o país também está convertendo a frota de ônibus para etanol (Bilaardt, 2008, p.33).

O etanol adicionado à gasolina age como oxigenante tornando a queima do combustível mais limpa com baixa emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados. A melhora na queima se dá devido à presença do oxigênio na molécula do etanol, que também eleva a octanagem da gasolina (Dias, 2008, p.27).

2.3.4 Metodologias para a Avaliação da Qualidade

Para verificar se o etanol anidro ou hidratado atende aos requisitos de desempenho e composição, a ANP utiliza diferentes metodologias de teste. Quanto às provas sobre os requisitos mais simples, aspecto e cor bastam à verificação visual, porém nos outros é necessária à realização de procedimentos em laboratório. Os métodos são realizados de acordo com as Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.4 Metanol

O metanol é um composto orgânico da família dos álcoois, com um átomo de carbono, três átomos de hidrogênio e uma hidroxila cuja fórmula é CH_3OH , sendo líquido à temperatura ambiente.

É um dos mais importantes compostos na indústria química, sendo usado como matéria-prima para sintetizar produtos químicos, tais como formaldeído, éter metil-ter-butílico (MTBE) e ácido acético, que, por sua vez, são usados na produção de adesivos, solventes, pisos, revestimentos (Gonçalves, 2017, p.38).

“No mercado brasileiro, possui papel crucial para produção do biodiesel, que é um combustível renovável adicionado ao diesel de origem fóssil, sendo utilizado na reação de transesterificação com triglicerídeos” (Cartoni, 2009, p.17).

Atualmente, em escala industrial, é produzido predominantemente a partir do gás natural pelo processo de reforma valor ou gaseificação do carvão, sendo obtido o gás de síntese, composto principalmente de CO , na correta proporção para a síntese do metanol (Gonçalves, 2017, p.39).

“A utilização do Metanol como combustível é muito criticada, pois ele polui o meio ambiente, outro problema que podemos citar é em casos de incêndios, há dificuldades no controle da chama já que ela é limpa e clara” (Ribeiro, 2017, p.4).

Considerando a toxicidade do produto, seu potencial como adulterador do etanol combustível e da gasolina, os riscos à saúde humana e à segurança pública e privada, quando armazenado e movimentado sem as devidas precauções, a ANP passou a regulamentar o metanol, através das Resoluções ANP nº 696/2017 e nº 697/2017, incluindo-o na definição de solvente e adequando seus atos normativos a fim de tornar mais efetivo o controle do metanol no mercado nacional.

Ele é um *commodity* global, pois pode ser utilizado como combustível e como matéria-prima para muitos processos químicos, sendo um principal reagente para síntese de muitos compostos, portanto podemos observar que o Metanol é vital para a vida moderna (Ribeiro, 2017, p.4).

2.4.1 Controle Do Teor De Metanol No Etanol Combustível

Com a edição da Resolução ANP nº 696, de 31/08/2017, retificada em 03/10/2017, tornou-se obrigatória a análise do teor de metanol no etanol combustível pelos fornecedores de etanol combustível e distribuidores de combustíveis líquidos, devendo os certificados de qualidade e boletins de conformidade contemplar essa característica em todo o produto comercializado a partir de 10/03/2018 (data limite especificada na Resolução ANP nº 712, de 27/11/2017). Tal obrigatoriedade foi estabelecida com o intuito de se coibir o uso do metanol como adulterador do etanol.

2.5 Adultrações Do Etanol

A adição intencional de substâncias proibidas ou em quantidades ilícitas ao etanol caracteriza a adulteração. Essa prática ocorre para tornar o combustível mais barato, aumentando assim a margem de lucro aos comerciantes.

Uma das formas de adulterar o etanol é feita com a adição de água bruta ao álcool anidro para vendê-lo como se fosse o etanol hidratado. Essa adulteração é feita para poder sonegar tributos. Isso acontece, pois, o álcool anidro não sofre com tributação direta quando é comprado para ser adicionado à gasolina.

No caso do álcool hidratado, há tributação. Esse tipo de fraude está sendo combatida através de uma adição de um corante no álcool anidro. Desse modo o consumidor vai conseguir identificar a fraude pela cor, pois o etanol combustível (que contém água) tem que ser incolor.

Se for adicionada água ao etanol anidro, este adquirirá uma cor alaranjada, evidenciando a adulteração (Figura 3). Outra opção de se detectar a adulteração sem o corante é através da medição da sua condutividade. A condutividade do etanol não pode ultrapassar de 350 μ S/m.

Figura 3 - Amostras de Álcool hidratado e Anidro.



Fonte: Albuquerque (2016).

Além da adição de água, o etanol está sendo adulterado com o metanol, que é mais barato e apresenta propriedades físico-químicas muito semelhantes, o que dificulta a identificação da fraude.

A adulteração utilizando o metanol é realizada a fim da obtenção de vantagens econômicas, devido à disponibilidade e ao menor custo do metanol em relação ao etanol. Uma das causas para a adulteração é fato de o etanol ser obtido a partir do açúcar, em que ambos os produtos competem no mercado, de modo que esse aspecto se reflete no preço do etanol, encarecendo-o.

Deve-se destacar que essa adulteração lesa o consumidor em vários aspectos, como o maior risco para saúde, uma vez que o metanol possui toxicidade mais elevada que o etanol, e um maior consumo de combustível decorrente do menor poder calorífico do metanol. Uma das dificuldades em detectar a fraude é a semelhança do metanol e o etanol, sendo praticamente impossível identificar uma mistura de ambos por meio da análise de densidade, que é usualmente utilizada em postos de combustíveis.

A ANP, a partir da Resolução n° 7 de 2011, estipula a técnica de cromatografia gasosa para identificação de metanol em etanol combustível, sendo a quantidade máxima permitida de 0,5% de metanol em etanol. Para a gasolina A e C a quantidade máxima permitida de metanol é de 0,5%.

No dia a dia dos postos de combustíveis, para evitar multas, autuações e garantir um combustível de qualidade para o consumidor, é necessário realizar o

controle de qualidade sobre os combustíveis adquiridos das distribuidoras, ou seja, após o recebimento do combustível o agente varejista deve enviar amostras para laboratórios efetuar a análise cromatográfica prevista na Resolução ANP 40/2013. O problema deste procedimento é o custo elevado da análise, além da demora da confecção do laudo técnico, normalmente fornecido pelos laboratórios que realizam este tipo de análise.

2.6 Consequências do Uso do Etanol Adulterado

Entre os principais prejuízos que isso causa ao automóvel, estão os resíduos em bicos injetores e válvulas, nas velas de ignição e na câmara de combustão, a perda de potência, o aumento de consumo e a famosa “batida de pino”.

Etanol adulterado ou de má qualidade podem causar carbonização ou superaquecimento das velas de ignição, pois é possível a produção de uma crosta branca nos bicos injetores e nas velas de ignição; A ponta do isolador pode ficar esbranquiçada. Em casos extremos (Pré-ignição), os eletrodos podem se fundir ou desaparecer completamente, levando também a fusão do isolador, podendo inclusive furar o pistão.

Dificuldades na partida, falhas do motor e perda de potência são alguns problemas que podem ser causados pela ação do combustível de má qualidade nas velas de ignição (Mori, 2018).

No caso da carbonização, a ponta ignífera da peça fica totalmente coberta com resíduos de carvão. Já em situações onde há acúmulo de resíduo vermelho na ponta da vela, indica o uso de combustível com óxido de ferro. A figura 4 mostra velas automotivas avariadas em decorrência do uso de combustível de má qualidade.

Figura 4 - Velas de Ignição.



Fonte: NGK.

Conseqüentemente afetando o desempenho do automóvel, com o aumento do consumo e uma maior queima do combustível.

A detonação é um problema que afeta o funcionamento do motor e devem ser corrigidos para não comprometer a vida útil do motor e evitar a o consumo exagerado, a perda de potência e a emissão de poluentes na atmosfera.

A pré-ignição é causada por vários motivos. Um deles é o surgimento de depósitos de carvão na cabeça do pistão e em algumas partes no interior do cilindro. Quando o motor trabalha por alguns instantes esse carvão interfere fazendo com que a mistura de ar e combustível exploda fora do terceiro tempo no ciclo do motor. Esta explosão pode acontecer no segundo tempo quando o pistão sobe, comprimindo a mistura, gerando pressão e aumentando a temperatura dos gases junto com a brasa do carvão fazendo a mistura explodir antes do tempo.

Outros fatores que provocam a pré-ignição são os pontos quentes na câmara de combustão, velas excessivamente quentes, e o principal, o combustível adulterado gerando muito resíduo de carvão.

3 MOTORES FLEX

Nesse capítulo vamos falar um pouco da história dos motores *Flex*, pois a advento desta tecnologia impulsionou o uso do etanol nos últimos 15 anos.

3.1 O que são Motores Flex?

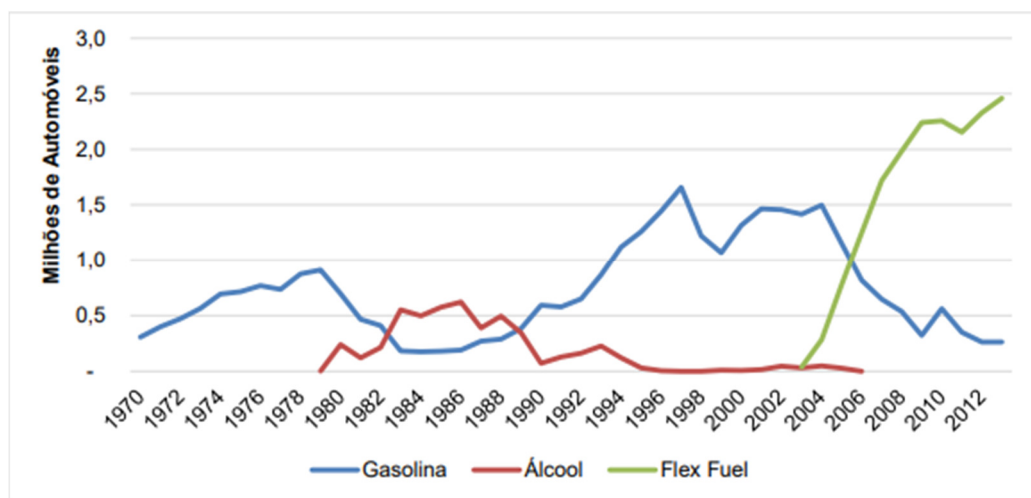
É um veículo com motor de combustão interna de 4 tempos (Ciclo Otto) que tem a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível em seu tanque e que são queimados na câmara de combustão simultaneamente.

O motor *Flex* nasceu nos Estados Unidos no começo de 1990. Ele foi criado como uma solução para que os americanos pudessem abastecer os seus carros com o combustível etanol em vez de gasolina, e a enorme dependência do petróleo produzido pelos países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Lira, 2015, p.5).

No início dos anos 2000, é realizada a introdução da tecnologia *flex-fuel*, no mercado automobilístico com o primeiro modelo. Para ser mais exato, em março de 2003, essa nova etapa inicia-se com um combustível alternativo a gasolina. Com a Volkswagen fabricando o primeiro veículo *flex-fuel* no Brasil, o Gol 1.6 2003.

Essa tecnologia embarcada foi de extrema importância, pois possibilita um funcionamento estável dos automóveis, não importando o combustível ou a mistura no tanque. A Figura 5 mostra um gráfico, que comprova a rápida difusão dos modelos *flex* e quanto foi importante para a indústria automobilística.

Figura 5 - Produção de automóveis por tipo de combustível, Brasil, 1970-2013.



Fonte: Anfavea (2014).

O que difere a tecnologia *flex* dos motores movidos a álcool nos anos 80, é simplesmente o sistema de alimentação do combustível. Os motores movidos a álcool no século passado, utilizavam-se carburadores, que é uma tecnologia mecânica, enquanto os motores *flex* atuais utilizam a injeção eletrônica, cujo seu funcionamento está atrelado com a ECU (Unidade eletrônica de controle), na qual é possível que os ajustes eletrônicos e mecânicos sejam mais eficazes, fazendo com que o motor funcione próximo do ideal de consumo e rendimento (Lima, 2017, p.25).

Alguns fatores contribuíram para a tecnologia deslançar no país, umas delas, foi a aprovação do governo federal da lei “Frota Verde”, em 1998, que obrigava a frota de veículos oficiais para veículos a etanol em um prazo de 5 anos. Um outro fator, em 2000, foi uma apresentação realizada na IPT, voltado a tecnologia *flex-fuel*, que reuniu todas empresas automotivas, para debater a viabilidade da tecnologia no Brasil. Também em 2000, o preço do etanol caiu, sendo viável para seu uso em grande escala.

No Brasil, somente no início da década de 1990, com a ajuda dos fatores mencionado acima e com um *Software Flex Fuel Sensor*, desenvolvido no Brasil. Com um algoritmo, era possível calcular o a composição dos combustíveis, extraindo informações dos sensores do veículo. A partir dessas informações dos sensores, o programa determina a quantidade de combustível que será injetada no motor. O sinal recebido através da sonda lambda, da composição dos gases resultantes da combustão, permite o ajuste a ser feito porque a central memoriza a última proporção utilizada e se encarrega, quando necessário, de acionar a partida a frio (Piacente, 2006, p.32).

“Após o primeiro veículo *Flex* lançado no Brasil, em 2003, em apenas cinco anos, mais de 90% dos veículos novos comercializados no país contavam com a tecnologia *flex-fuel*” (Junior, 2011, p.90).

A primeira geração de motores *flex-fuel* manteve a base do conhecimento dos motores a (etanol) com uma potência e taxa de compressões menores. A segunda geração procurou dar um tratamento intermediário entre o etanol e a gasolina. Na terceira geração, chegou-se ao máximo de compressão do motor para se alcançar, respectivamente, maior torque e potência. Por fim, na última geração de motores *flex*, tanque de gasolina ao lado do motor foi retirado do sistema, com o objetivo de melhoria de partida a frio dos veículos. Esses tipos de inovações trazem à tona as possibilidades de exportação da tecnologia *flex* para outros países ou em regiões. mais frias do Brasil (Mesquita e Sugano, 2011).

3.2 Motores Flex no Brasil

O primeiro carro com motor *Flex* foi produzido em 2003 pela *Volkswagen*. A partir desse ano, as produções desses motores *flex* aumentaram rápido. Atualmente eles representam 88,6% das vendas de automóveis e comerciais leves no mercado interno, só não alcançou em 100% por causa da importância do diesel tem no mercado. Passaram 15 anos desde a criação do veículo *Flex*, atualmente as vendas totais acumulam em mais de 30,5 milhões.

De 2003 a 2007, as vendas anuais de automóveis e veículos comerciais leves com essa tecnologia *Flex Fuel*, aumentaram de 48 mil para aproximadamente 2 milhões de unidades.

3.2.1 Sensor Flex Fuel

Neste trabalho utilizamos o sensor *Flex Fuel* da Continental. Também conhecido como *Flex Fuel Sensor* (FFS) é um dispositivo cuja função é de medir o percentual de etanol e a temperatura do combustível antes de ser entregue ao motor.

Sendo assim, um dispositivo que tem a função de identificar a proporção de combustível antes da queima do mesmo.

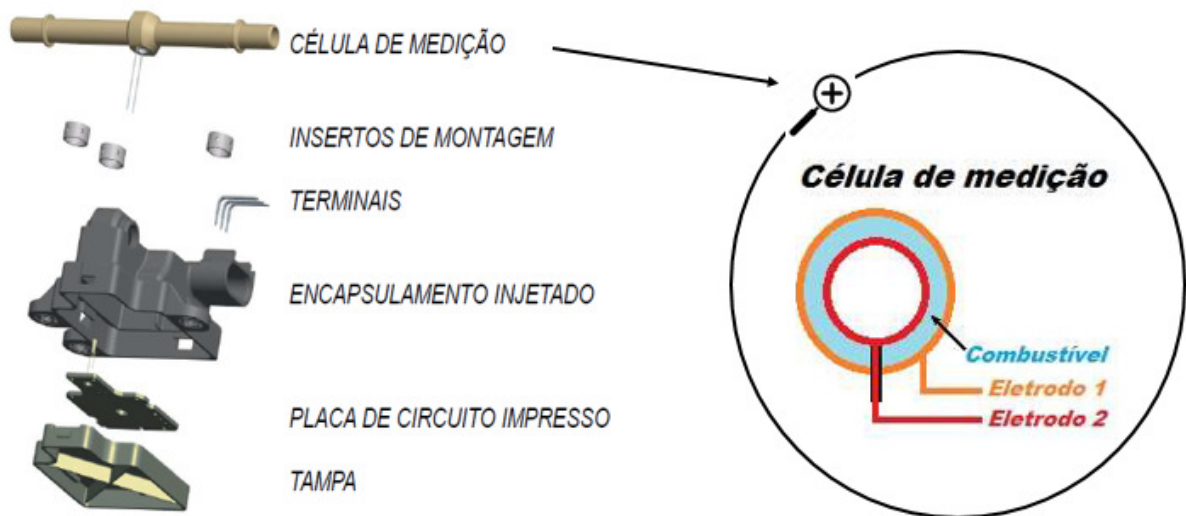
A sua utilização é necessária em alguns motores de alto desempenho para impedir uma degradação prematura de seus componentes, em ocasiões onde o regime é severo e houve uma mudança brusca do combustível utilizado.

O sensor deve ser conectado à linha de suprimento de combustível no veículo, e à medida que o combustível flui através do sensor, determinará o teor total de etanol do combustível. O sinal de saída do sensor é entregue ao módulo de controle do motor para possível adaptação e mudança do estado do motor.

O sensor deve ser instalado na linha de baixa pressão do veículo, pois a pressão máxima suportada pelo sensor é de 6 bar. O sensor *Flex* é instalado, logo depois do filtro de combustível, em seguida indo para a bomba de alta pressão.

O sensor é composto por um tubo que passa o combustível, esse tubo é considerado a célula de medição, Junto a essa célula, também se encontra o sensor de temperatura. O Sensor é encapsulado injetado, e contém os terminais para ligação do sensor. Dentro desse encapsulamento, possui a placa de circuito impresso, e por fim, a tampa do sensor, como podemos ver ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Descrição do componente do sensor.



Fonte: Os Autores

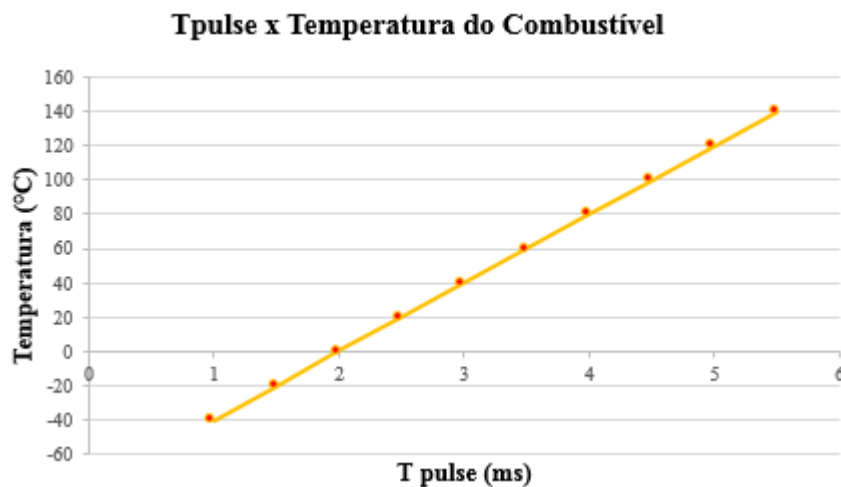
O sensor de combustível utiliza por princípio a medição da capacitância e da condutividade do combustível. No caso da capacitância, esta é alterada pela propriedade de sua permissividade e sua permissividade relativa é alterada pela quantidade de oxigênio contida em cada um dos dois tipos de combustível.

A quantidade de etanol em uma massa de combustível torna-se então uma função bem definida de sua permissividade e condutividade em função da temperatura.

A permissividade ou constante dielétrica é uma constante física que descreve como um campo elétrico afeta e é afetado por um meio.

Em relação a temperatura, é medida para corrigir a permissividade, e medir a temperatura do combustível inserido no motor. Como podemos ver na Figura 7, o Datasheet do sensor informa que a faixa do sinal de temperatura (T_{pulse}) gerado pelo sensor será sempre de 1 milissegundo e 5 milissegundos, sendo que 1 ms será -40°C e 5ms será de 125°C , com isso, é possível calcular a temperatura do combustível de acordo com a fórmula informada no datasheet. A fórmula é $((T_{pulse} - 1\text{ms}) * 41.25^{\circ}\text{C/ms}) - 40^{\circ}\text{C}$

Figura 7 - T.Pulso X Temperatura do Combustível.



Fonte: Os autores.

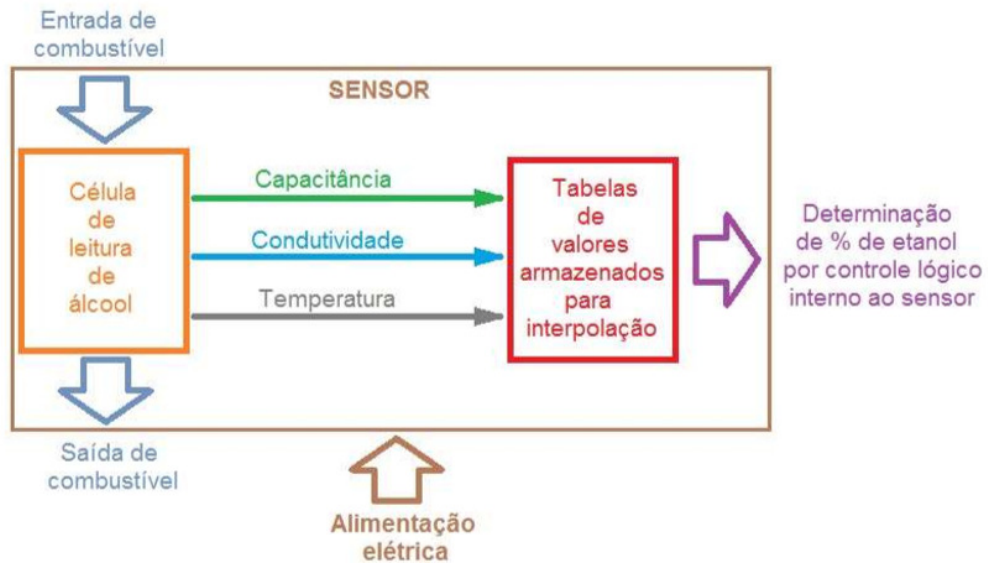
3.2.2 Características Técnicas

Como dito anteriormente, é possível extrair do sensor *Flex Fuel*, a capacitância, condutividade e temperatura do sensor. Em relação a capacitância, ela é a medida de capacidade de um capacitor conseguir armazenar energia elétrica. Essa grandeza é utilizada para o sensor diferenciar o etanol da gasolina baseando na sua capacitância.

Ela é alterada pela propriedade de sua permissividade. E a permissividade é uma constante física, que é determinada pela habilidade de um material de se polarizar em resposta a um campo elétrico aplicado, e dessa forma, cancelar parcialmente o campo dentro do material. Por exemplo, em um capacitor uma alta permissividade do dielétrico faz com que uma mesma quantidade de carga elétrica, seja guardada com um campo elétrico menor, portanto, a um potencial menor, levando a uma maior capacitância do mesmo.

Já em relação da condutividade, ela é medida para verificar a quantidade de água no etanol combustível. Pois a condutividade da água é muito maior que a do etanol, com isso com o excesso ou uma quantidade maior de água, é possível detectar a quantidade de água no etanol. A condutividade elétrica é usada para especificar o carácter elétrico de um material. Ela é simplesmente, o inversamente proporcional a resistividade. Como podemos na Figura 8 a lógica de funcionamento do sensor.

Figura 8 - Lógica de Funcionamento.

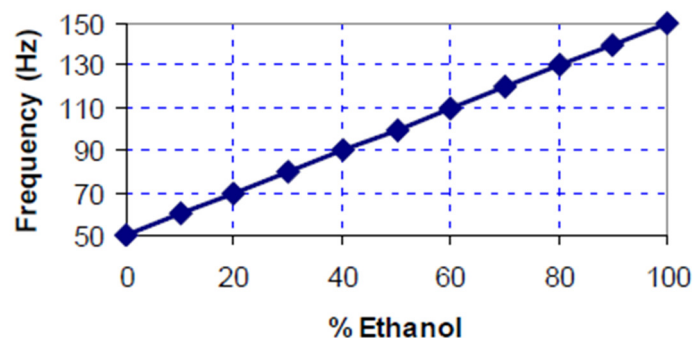


Fonte: Os Autores.

Um sinal de saída de frequência (50 Hz - 150 Hz) corresponde à concentração do volume total de etanol percentual (0 - 100%) dentro de uma faixa de temperatura ambiente de - 40 ° C a 125 ° C. Como podemos ver na Figura 9 a correlação da porcentagem de Etanol e a frequência gerada pelo sensor.

Figura 9 - Frequência x Porcentagem de Etanol.

Output Frequency vs % Ethanol



Fonte: Continental (2014).

Caso existam falhas no sistema, tais como condutividade acima da especificada (causadas, por exemplo, por adulteração), problemas elétricos,

problemas de memória, entre outros, o sensor sai de sua faixa de frequência de trabalho e entra em valores de frequência não especificados em sua curva, ou seja, acima de 150Hz.

Um caso prático indica que valores tais como 169Hz até 190Hz podem ser utilizados para caracterização de falhas. Com isso, podemos afirmar que, O *software* é projetado de tal forma que ao representar o etanol, a saída é fixada entre 0% e 100% de etanol. A faixa de frequência do sinal é, portanto, limitada a 50-150Hz (0% - 100% Etanol).

A composição do combustível é atualizada a cada 225 ms. Se, por qualquer motivo, este valor não puder ser determinado de forma confiável, o valor da frequência é forçado para uma frequência do código de Erro (170-190 Hz) até o momento em que um conteúdo válido de Etanol possa ser determinado. A frequência de saída é continuamente atualizada.

Códigos de erro entre 170 Hz e 179 Hz são reservados para falhas internas do sensor e garantem a substituição do sensor.

O código de erro 180 Hz indica que a composição do combustível está fora da faixa de medição do sensor (capacitância). Este código de erro pode sugerir que água livre está presente no combustível.

O código de erro 190 Hz indica que a composição do combustível está fora da faixa de medição do sensor (condutividade). Esse código de erro pode sugerir que a água iônica não esteja presente no combustível.

A alimentação do FFS, pode ser entre 9 e 18 Volts. E sua corrente máxima é de 25mA. Já a temperatura máxima do combustível suportado pelo equipamento é de 90° C. sensor pode ser operado com combustíveis superiores a 90°C. No entanto, a saída de sinal correta só pode estar dentro da especificação de desempenho em temperaturas de combustível < 90°C. Já a sua temperatura ambiente que o sensor suporta é de - 40° C a +125°C. Na saída do sensor, é possível alimentar entre 3 e 18 Volts, e a corrente máxima é de 11 mA.

A precisão do sensor é de +/- 2,5%. Ela é uma função de cinco fatores, precisão de medição capacitiva relativa, medição de temperatura dimensional da célula de medição, interpolação da tabela de *software* e calibração.

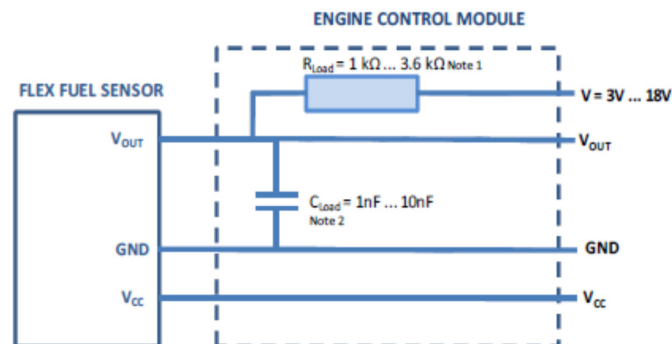
A influência desses fatores pode resultar em um desvio de +/- 2,5% (em volume absoluto) da concentração real de etanol. Não é esperado que a imprecisão do sensor aumente ao longo da vida útil do produto. A precisão do sensor pode ser

reduzida com a presença de depósitos de combustível excessivos e não uniformes na célula de medição.

A adição de contaminação por água emulsionada (uma solução homogênea pela qual o excesso de água é absorvido pelo álcool ou acima dos limites permitidos) diminuirá a precisão do sensor. A magnitude do erro é proporcional à quantidade de contaminação da água e à concentração de etanol. O erro será maior nas concentrações mais baixas de etanol e menor nas maiores concentrações de etanol. A contaminação livre da água (uma solução heterogênea pela qual o excesso de água é separado do álcool) pode ser detectada pelo sensor, resultando em um código de saída de erro de diagnóstico.

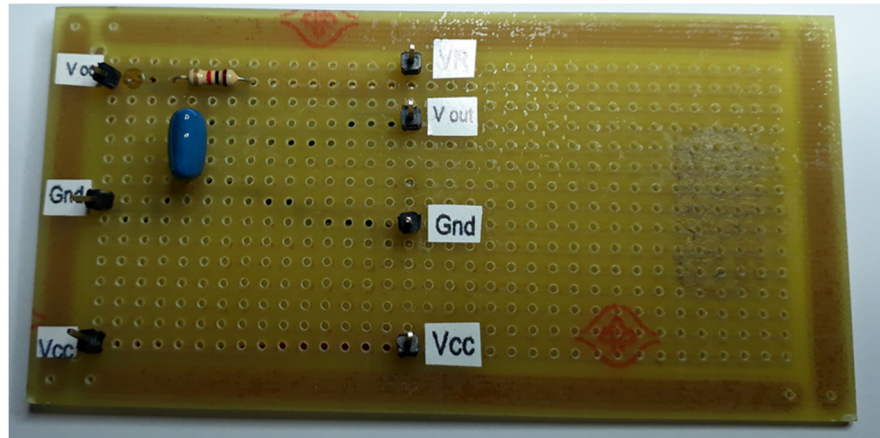
O sensor é composto por um terminal de três fios. Sendo eles, Alimentação (V_{cc}), Terra ($Ground$), e o sinal de saída do sensor (V_{out}). Para medirmos o sinal de frequência do sensor, é necessário um circuito de *pull-up*, composto por um resistor e um capacitor. Sendo assim, é possível realizar a leitura do sinal de saída. Nos nossos testes realizados, utilizamos um resistor de 1000 Ohms, e um capacitor de 1nF.

Figura 10 - Diagrama do Sensor.



Fonte: Continental (2014).

O sensor deve trabalhar para ter um funcionamento adequado, utilizando o equipamento *Keysight E4980AL*, chegamos ao objetivo principal do trabalho, medições e verificações de frequências, condutividade, temperatura e capacitância do sensor *Flex Fuel*, para analisarmos como o sensor reage com adulterações no etanol, adulterando com água e metanol e realizando medidas num osciloscópio.

Figura 11 - Circuito Pull-Up.

Fonte: Os autores.

Como podemos ver na figura 11, o circuito de *Pull-up* que fabricamos de acordo com o Datasheet, utilizamos um resistor de 1000 Ohms e um capacitor de 1nF, pois alimentamos a saída do sinal do sensor em 5 Volts, lembrando que a corrente limitada é de 5 miliamperes.

Figura 12 - Sensor Flex Fuel.

Fonte: www.continental-automotive.com

Alimentamos o sensor *Flex Fuel* em 12 Volts, simulando a tensão de uma bateria veicular, dentro da faixa de acordo com a sua especificação, entre 9 volts á 18 Volts. A saída do sinal do sensor deve ser interligada a um circuito, que chamamos *de pull-up*. Com esse circuito, é possível verificar o sinal de saída, utilizando o osciloscópio. Junto a esse circuito a saída dele deverá ser alimentada em uma tensão

entre 3 a 18 Volts na alimentação do sensor. Para nossos testes, alimentamos em 5 volts, já que o resistor de *pull up* utilizado foi de 1000 Ohms.

Colocando um canal de saída do osciloscópio na saída do circuito de *pull-up*, será possível a verificação do sinal de frequência que o sensor está gerando. Com isso verificaremos baseando na faixa de frequência que o sensor trabalha, de acordo com o seu *Datasheet*.

As misturas de etanol combustível contendo quantidades crescentes de água foram preparadas em balões volumétricos de 50 mL, nos quais foram colocadas quantidades crescentes de água, seguidos da adição de etanol absoluto (isento de água) até completar o volume do balão. De modo análogo, foram produzidas misturas contendo quantidades crescentes de metanol diluído em etanol, em diferentes porcentagens, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - % de Água e Metanol

Água	Metanol (% menor)	Metanol (% maior)
0%	0,20%	1%
10%	0,30%	5%
20%	0,40%	10%
30%	0,50%	15%
40%	0,60%	20%
50%	0,70%	25%
60%	0,80%	30%
70%	0,90%	
80%	1,00%	
90%		
100%		

Fonte: Os Autores.

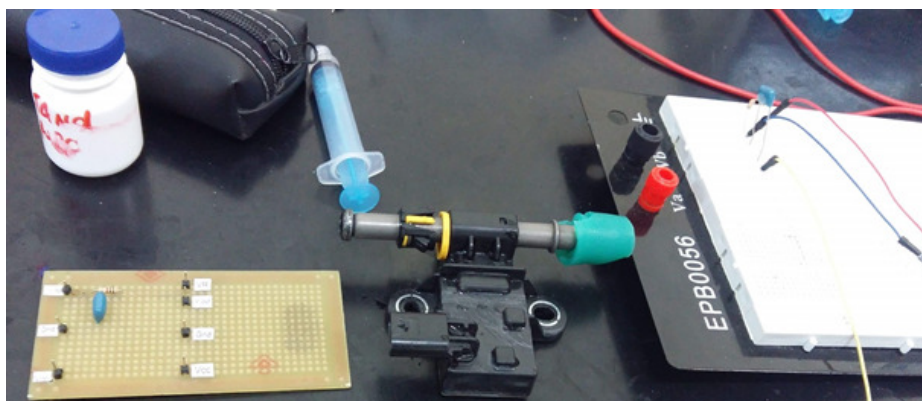
A água deionizada nada mais é que um tipo de água comumente utilizada em laboratórios e na indústria, que na verdade, sofreu um processo de remoção de íons (cátions/ânions) através de um sistema de resinas. Ela pode ser parcial ou total de acordo com os métodos de eliminação escolhidos e o grau de remoção necessário. Através do processo de deionização da água é possível obter-se água com elevado grau de pureza .

A definição dos testes utilizando as porcentagens acima, teve o intuito de verificar como o sensor trabalha com essas pequenas adulterações, já que de acordo com as Normas da ANP, o máximo permitido de metanol no Etanol combustível é de 0,50%.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos foram realizados com o sensor da Figura 13, junto ao circuito de *Pull-up* e as misturas obtidas de Etanol com misturas com Metanol e Água.

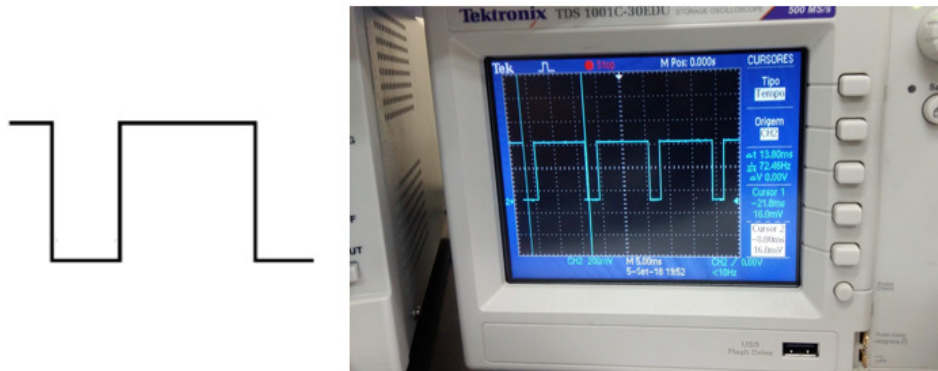
Figura 13 - Circuito e sensor Utilizados.



Fonte: Os Autores

Utilizamos o osciloscópio *Tektronix* TDS 1001C-30EDU fornecido FATEC Santo André, para verificação de saída do sinal do sensor, como observado anteriormente, o sinal de saída assemelha-se a um sinal quadrado, que nesta faixa de frequência é baixo de 50Hz a 150Hz, sendo assim observamos um sinal de ciclo de onda quadrada. Como podemos ver na Figura 14 a forma de onda gerada pelo sensor.

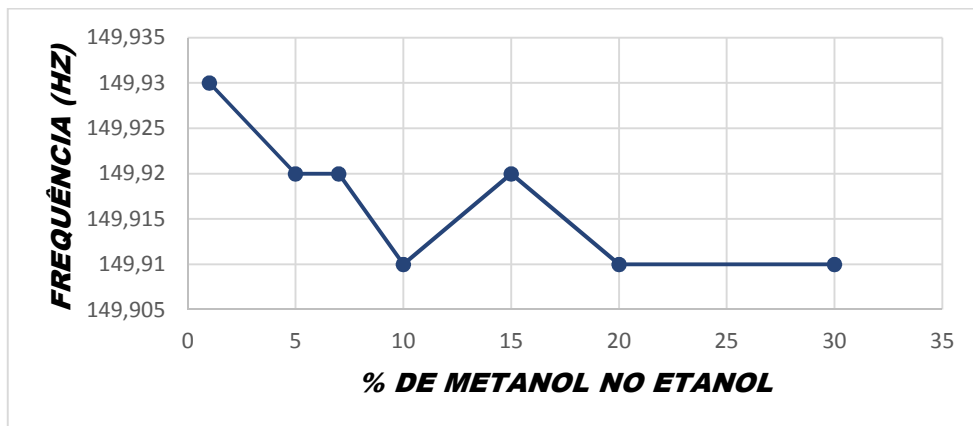
Figura 14 - Sinal Gerado pelo Sensor.



Fonte: Os Autores.

Podemos analisar na Figura 15 a relação de porcentagem de Metanol no Etanol, os dados obtidos referentes a porcentagem de metanol adicionada no etanol. Com essa análise, podemos verificar, que os valores de frequência, analisados no osciloscópio, variam entre 149 a 151 Hz, não correspondendo com o esperado.

Figura 15 - Relação de porcentagem de Metanol no Etanol.

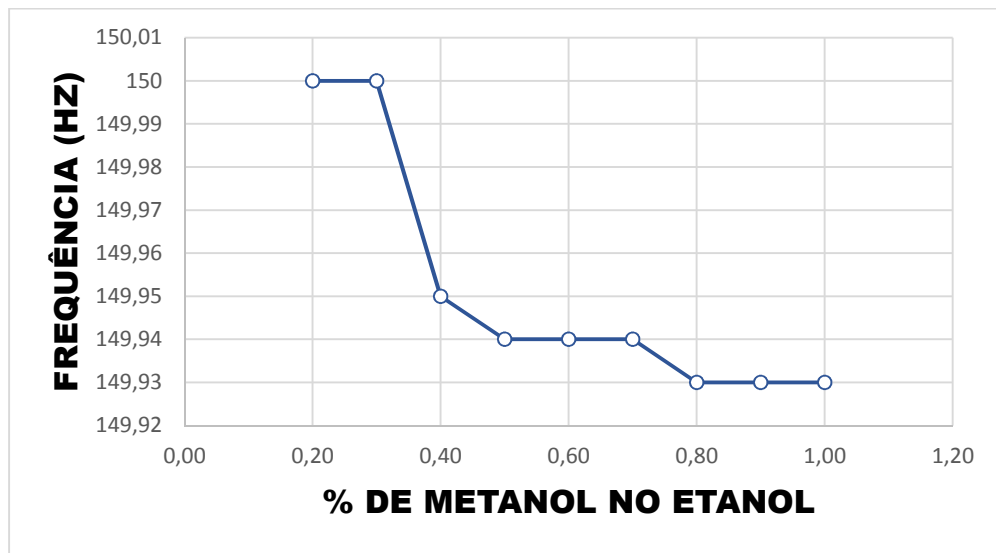


Fonte: Autores

Em seguida, podemos realizamos os testes com porcentagens baixas, para verificar como o sensor atua. Como podemos ver na Figura 16. O propósito de utilizar essas porcentagens de metanol baixa, é por razão que o máximo permitido de metanol no etanol combustível é de 0,5% de acordo com a Resolução, a presença do metanol no etanol pode ser de no máximo 0,5 % do volume total do etanol, de acordo com a Resolução ANP N° 40 DE 25/10/2013.

O resultado, como esperado tivemos uma variação baixa em relação a todas as porcentagens medidas. Comprovando que o sensor não consegue verificar a adulteração de Metanol no Etanol. As faixas de frequências não correspondem com o funcionamento adequado do sensor.

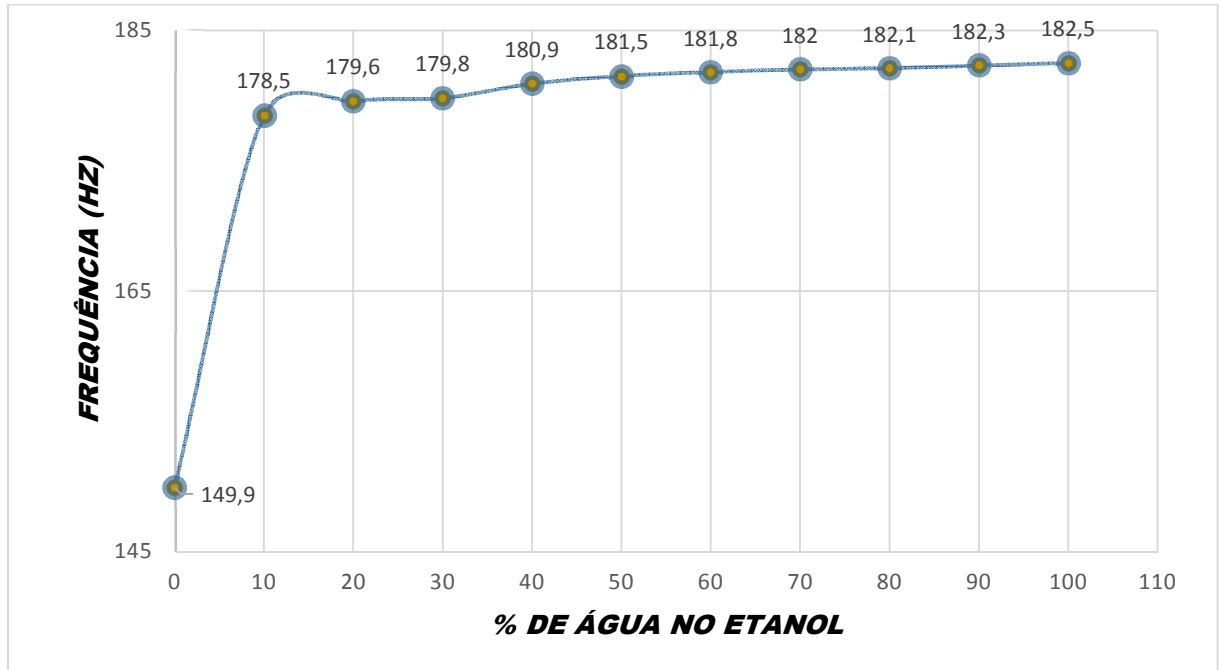
Figura 16 - Relação de Porcentagem de Metanol no Etanol.



Fonte: Autores

A Figura 17 se refere as porcentagens de água adicionadas ao Etanol. Como podemos verificar abaixo, ao obter um aumento na porcentagem de água, a frequência tende a aumentar chegando aos valores de erro do sensor. O código de erro 180 Hz indica que a composição do combustível está fora da faixa de medição do sensor (capacitância). Este código de erro pode sugerir que água livre está presente no combustível. O código de erro entre 175 HZ á acima de 190 HZ, nessa faixa de erro é gerado um erro que indica que a composição do combustível está fora da faixa de medição do sensor, em relação a condutividade. Esse código de erro pode sugerir que água acima do valor permitido esteja presente no combustível.

Figura 17 - Relação de Porcentagem de Água no Etanol.



Fonte: Autores

E abaixo podemos verificar apenas uma relação entre as extremidades de nossas medições, o sensor em vazio, comprovando que o sensor está funcionando corretamente, em 50 Hz. O etanol, na teoria, adquirido no posto de combustível, trabalhando dentro da faixa adequada entre 150 Hz. E o etanol adicionado com uma alta porcentagem de água contida no combustível, trabalhando na faixa de frequência acima, comprovando uma possível adulteração nesse combustível. Como podemos ver na tabela 2 a relação entre os dados teóricos e dados reais, podemos que não existe divergência entre os valores

Tabela 2 - Dados teóricos x Dados reais

	Teórico	Real
Sensor em Vazio	50 Hz	49,95 Hz
Etanol 99,5 %	150 Hz	149,94 Hz
Etanol adulterado com água 10%	Entre 175 e 190 Hz	178,5 Hz

Fonte: Autores

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar e testar com experimentos e teste o comportamento do Etanol quando ele está adulterado com água, e comprovar que o sensor *Flex Fuel* da Continental é realmente capaz de detectar a adulteração do Etanol com a adição de água, conforme foram feitos os testes, foi comprovado com os gráficos gerados, que o sensor realmente faz o que foi proposto pela Continental, a detecção de adulteração é eficaz.

Após, o termino dos testes comentado anteriormente, foi feita uma nova experiência para saber, se o sensor teria a capacidade de detectar a adulteração do Etanol com adição do Metanol, repetimos o experimento com a adição de água no Etanol.

Com isso os dados obtidos nesse trabalho mostram que o sensor não consegue detectar a adulteração do Etanol com adição de Metanol

6 PERSPECTIVAS FUTURAS

Implementação do sistema num veículo, visando detectar água no etanol além do permitido já no momento do abastecimento.

Estudo de outras propriedades elétricas ou sensores, visando detectar a presença do Metanol no Etanol.

7 BIBLIOGRAFIA

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em :< <http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.

Abreu, Yolanda Vieira. A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E DO ETANOL NAS NOVAS FRONTEIRAS AGRÍCOLAS: O ESTADO DE TOCANTINS. Disponível em : < http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2017%2C%20n.%2027%20%282016%29/07-Tocantins-07Mai.pdf>. Acesso em: 15 Dezembro de 2018.

Bilaardt, Anna Carolina, *A Internacionalização do Etanol para a União Europeia, 2008*. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do Título de Bacharel - Universidade do Vale do Itajaí. São José. 2008.

Cartoni, Celso Ricardo, *Avaliação de Catalisadores Alcalinos na Produção de Biodiesel Metílico Derivado do Óleo de Soja: Análise Técnica, Econômica e Ambiental, 2009*. 81f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo. Lorena. 2009.

Dias, Lucas Gonçalves, *Micro Sensor Capacitivo para Avaliação de Qualidade de Combustíveis Automotivos*. 2008. 133f. Dissertação de Mestrado-Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo. 2008.

Gonçalves, Ana Luíza, *Utilização de Biomassa Liquefeita na Produção Eletrolítica de Gás de Síntese, 2017*. 182f. Dissertação de Mestrado – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 2017.

Leite, Matheus Pereira, *Sangue – Negro – A relação e a Influência do Petróleo nos Principais Conflitos Bélicos da Humanidade*. 2013. 96f. Monografia de Bacharel – Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2013.

Lima, Renato Gavassa, *Evolução dos Motores a Combustão Interna Ciclo Otto no Brasil.2017*. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de Tecnólogo – Faculdade de Tecnologia Fatec Santo André. Santo André. 2017.

Lira, Fábio Pimenta, *Análise Experimental do Consumo de um Veículo Flex Operando com Diferentes Misturas de Gasolina / Etanol em Tráfego Urbano*. 2015. 70f.

Dissertação para obtenção para o título de Mestre -Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2008.

NGK EXPLICA COMO O COMBUSTÍVEL DE MÁ QUALIDADE AFETA O VEÍCULO. IN: NGK VELAS DE IGNIÇÃO. 2018. Disponível em: <<http://www.ngkntk.com.br/automotivo/ngk-explica-como-o-combustivel-de-ma-qualidade-afeta-o-veiculo//>>. Acesso em 25 Abr. 2018.

Piacente, Erick Augusto, *Perspectivas do Brasil no mercado internacional de etanol*. 2006. 189f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2006.

Portaria MAPA Nº 75 DE 05/03/2015. Disponível em : <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=281775>>. Acesso em 01 de Dezembro de 2018.

Ribeiro, Maria Cecília, *Modelagem e Simulação de Controle de Processos em uma Planta de Produção de Metanol*, 2017. 70f. Projeto Final apresentado ao Curso de Graduação – Universidade Federal Fluminense. Niterói .2017.

Rochinha, Daniel Brás, *Desenvolvimento de Sensores em Reflectometria no Domínio do Tempo para Análise de Combustíveis*. 2016. 133f. Dissertação de Mestrado-Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2016.

Stockert, Andres Ritter Von, *Etanol – Aspectos Históricos, Tecnológicos e Ambientais*. 2008. 61f. Monografia de Bacharelado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2008.

Vosniak, Elaine, *Adulteração de Gasolina por Adição de Solventes: Análise dos Parâmetros Físico-químicos*. 2006. 113f. Dissertação de Mestrado- Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.