

Monografia de Graduação

Avaliação das propriedades físico-químicas de sistemas diesel aditivados com óleo vegetal

Angélica Mara de Góes Martins

Natal, julho de 2011

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

TÍTULO:

“Avaliação das propriedades físico- químicas de sistemas diesel aditivados com óleo vegetal”

ALUNA:

Angélica Mara de Góes Martins

ORIENTADORES:

*Afonso Avelino Dantas Neto
Eduardo Lins*

COLABORADOR:

Manoel Reginaldo Fernandes

PERÍODO:

Março/2010 a Janeiro/2011

Dedico essa monografia:

À Deus, por estar ao meu lado sempre;
à minha tia, Maria do Socorro de Gois,
que me educou.

Dedico à minha mãe, Maria das
Graças, à minha irmã, Andréa, ao meu
irmão, João Martins, e à minha família.
Dedico especialmente à minha sobrinha
Alice.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a meu Deus, meu porto seguro nos momentos difíceis.
Obrigado por ter me concedido esta benção!

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de graduação de Engenharia Química, pelas condições proporcionadas.

À ANP que através do PRH-14 me ajudou com o financiamento.

Aos meus orientadores, professor Afonso e professor Eduardo, por terem me guiado durante este projeto.

Ao doutorando Manoel Reginaldo Fernandes por ter me passado seus conhecimentos.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. ASPECTOS TEÓRICOS	11
2.1. ÓLEO DIESEL.....	14
2.2. ÓLEO VEGETAL.....	14
2.3. BIODIESEL	16
2.5. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	17
2.5.1. <i>Viscosidade</i>	17
2.5.2. <i>Número de cetano e Índice de cetano</i>	18
2.5.3. <i>Densidade</i>	19
2.5.4. <i>Ponto de Fulgor</i>	19
2.5.5. <i>Corrosão e desgaste</i>	19
2.5.6. <i>Volatilidade</i>	20
2.5.7. <i>Calor de vaporização</i>	20
2.5.8. <i>Ponto de névoa</i>	20
2.5.9. <i>Teor de enxofre</i>	21
2.5.10. <i>Facilidade de manipulação</i>	21
2.5.11. <i>Resíduos de carvão</i>	21
2.5.12. <i>Cinzas</i>	22
2.5.13. <i>Água e impurezas</i>	22
3. METODOLOGIA	24
3.1. PREPARAÇÃO DO BIODIESEL	28
3.2. OBTENÇÃO DOS SISTEMAS ADITIVADOS.....	28
3.3. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS SISTEMAS ADITIVADOS	29
3.3.1. <i>Viscosidade</i>	29
3.3.2. <i>Índice de cetano</i>	30
3.3.3. <i>Densidade</i>	31
3.3.4. <i>Ponto de Fulgor</i>	32
3.3.5. <i>Corrosividade</i>	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1. VISCOSIDADE.....	35
4.2. ÍNDICE DE CETANO.....	37
4.3. DENSIDADE.....	44
4.4. PONTO DE FULGOR.....	45
4.5. CORROSIVIDADE.....	45
5. CONCLUSÕES.....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

Lista de Figuras

Figura 01	15
Figura 02	16
Figura 03	17
Figura 04	28
Figura 05	29
Figura 06	30
Figura 07	31
Figura 08	32
Figura 09	33
Figura 10	36
Figura 11	36
Figura 12	37
Figura 13	37
Figura 14	38
Figura 15	38
Figura 16	39
Figura 17	39
Figura 18	40
Figura 19	40
Figura 20	41
Figura 21	41
Figura 22	42
Figura 23	42
Figura 24	43
Figura 25	44

Lista de Tabelas

Tabela 01	35
Tabela 02	43
Tabela 03	45
Tabela 01	45

Capítulo 1
Introdução

1. INTRODUÇÃO

O Brasil por ser um país extremamente consumidor de diesel tem suas refinarias voltadas para produção desse combustível. Porém, a demanda não é suprida levando a uma expressiva importação do mesmo. Isto ocorre porque o país tem uma grande frota de veículos voltada para o transporte de carga e de passageiros, e também pelo diesel ser consumido em motores de embarcações, navios e no uso de termoelétricas.

Fatores como a emissão de poluentes, o aumento no consumo de diesel, a disponibilidade e distribuição do mesmo, a substituição dos combustíveis fósseis, que são não-renováveis, e a preocupação com o meio ambiente, incentiva o estudo dos combustíveis alternativos.

Para a diminuição dos poluentes e do consumo de diesel, a adição de combustíveis renováveis junto ao diesel tem se mostrado uma maneira mais rápida e efetiva. Além disso, o motor não necessitaria de mudanças, já que as propriedades desse novo combustível aditivado não se alteram significativamente.

Óleo vegetal e biodiesel se apresentam como combustíveis renováveis. O primeiro foi utilizado por Rudolf Diesel assim que projetou o seu primeiro motor. O seu uso não foi consolidado devido ao baixo preço dos derivados de petróleo no seu contexto. Entretanto, após a crise do petróleo nos anos 70, o aumento do preço dos combustíveis derivados deste impulsionou a busca por novos combustíveis. Os óleos vegetais possuem quase os mesmos valores de calor que o diesel. O problema em seu uso está na sua alta viscosidade, já que os motores diesel têm seus sistemas de injeção sensíveis a esta propriedade. A alta viscosidade também impossibilita a combustão completa, resultando em coque no motor.

Como solução para a diminuição da viscosidade de óleos vegetais, pode-se fazer os sistemas aditivados com o diesel ou utilizá-los na produção do Biodiesel. A reação de transesterificação, a qual tem como produto o biodiesel, proporciona a este uma viscosidade aproximada ao diesel, e suas propriedades têm valores próximos. O biodiesel pode ser derivado de óleos vegetais e gordura animal, com álcool comum (etanol, renovável) ou metanol (origem fóssil).

O projeto consiste em estudar as propriedades físico-químicas, analisar as emissões e a curva de potência desses sistemas aditivados.

Capítulo 2

Objetivo

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é a concepção de uma formulação à base diesel aditivado com biodiesel e óleo vegetal, qualificando a mesma para o emprego em motores diesel, contando que as propriedades analisadas desse sistema, e o seu comportamento no motor, estejam dentro dos requeridos pela legislação.

Capítulo 3

Justificativa e

Relevância do Trabalho

3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O Brasil por ser um país extremamente consumidor de diesel, e ter suas refinarias voltadas para produção de diesel, ainda importamos diesel. Isto ocorre porque o Brasil tem uma grande frota de veículos voltada para o transporte de carga e de passageiros, e também pelo diesel ser usado em motores de embarcações, navios e no uso de termoelétricas.

O aumento no consumo de diesel, a busca por um aumento no desempenho dos motores, a preocupação com o meio ambiente e a possibilidade de extinção das reservas de petróleo tem despertado o interesse pelo estudo dos combustíveis alternativos. (Fernandes, M. R., 2005).

Dentro deste contexto, sistemas aditivados à base diesel se apresentam bastante promissoras, pois estudos buscam diminuir a demanda desse combustível, procurando melhorar o desempenho dos motores e reduzir às emissões de poluentes para o meio ambiente.

Capítulo 4
Aspectos Teóricos

4. ASPECTOS TEÓRICOS

O objetivo do trabalho é investigar as propriedades físico-químicas dos sistemas aditivados para avaliar esses sistemas como futuros combustíveis. Para um melhor entendimento segue alguns aspectos teóricos:

4.1. Óleo diesel

O óleo diesel é uma fração do petróleo obtido por meio do processo de destilação. É composto por hidrocarbonetos com moléculas de 9 a 20 átomos de carbono, que podem ser classificadas em parafinas, olefinas, naftênicos e aromáticos. O tipo de petróleo que origina o diesel dita a predominância de um ou outro hidrocarboneto, e sua distribuição relaciona-se com as propriedades físico-químicas, como densidade, poder calorífico, viscosidade, número de cetano, entre outras. O poder calorífico médio (ou calor de combustão) do diesel é de 11.000 kcal/kg.

Seu uso abrange motores de combustão interna, nos quais a ignição ocorre pelo aumento de temperatura ao invés de faíscação. Sua ampla aplicação inclui automóveis, ônibus, caminhões, tratores, embarcações, navios e unidades geradoras de energia.

4.2. Óleo vegetal

Óleo vegetal é uma gordura que tem como principal constituinte os triglicerídeos. Sua extração é feita, predominantemente, das sementes, de forma mecânica ou química. São insolúveis em água, porém são solúveis em solventes orgânicos.

É uma fonte energética renovável. Devido à diversidade de espécies vegetais oleaginosas no país, presta um papel socioeconômico e ambiental, viabilizando um desenvolvimento sustentável sem agressão ao meio ambiente.

Foi usado por Rudolf Diesel em seu primeiro motor, no entanto, estudos mostram a existência de algumas desvantagens no uso direto de óleos virgens como o depósito de carbono no motor; a obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores, a diluição parcial do combustível no lubrificante, o comprometimento da durabilidade do motor e um aumento considerável em seus custos de manutenção.

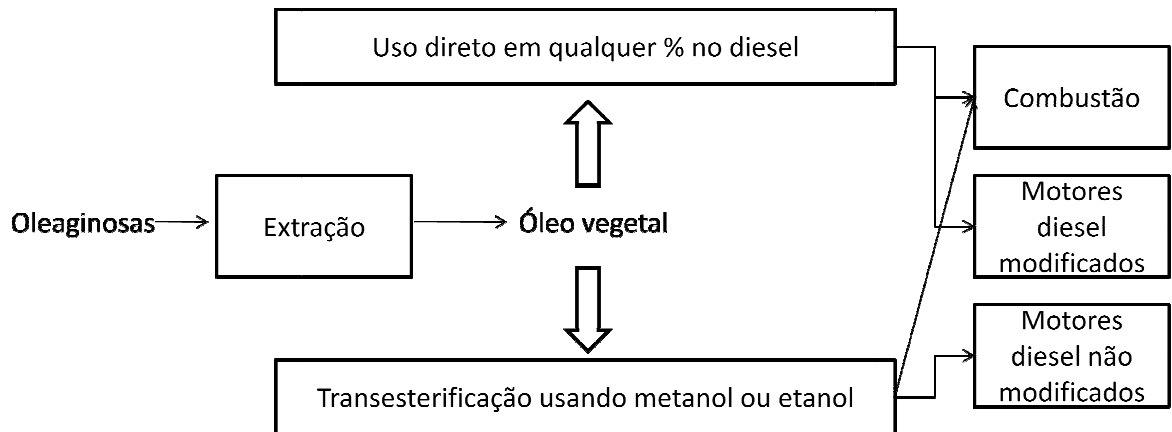


Figura 01: Utilização do óleo vegetal como combustível

Uma das vantagens do óleo vegetal é o seu ciclo de vida, como um ciclo fechado. Culturas retiram o CO₂ da atmosfera via fotossíntese. O óleo é extraído dessas culturas que pode ser usado diretamente como combustível ou, depois de pertinentes transformações, combustível pode ser obtido e quando queimado, irá produzir CO₂ que será absorvido pelas plantas (Fig.01) (Alonso, 2008).

- Vantagens ambientais dos Óleos Vegetais:
 - Total redução das emissões de enxofre
 - Redução de 50% das emissões de CO
 - Redução de 65% das emissões de partículas
 - Redução de 50% das emissões de hidrocarbonetos
 - Menor influência no efeito estufa do que os combustíveis fósseis
- Vantagens energéticas dos Óleos Vegetais
 - Fonte de energia renovável
 - Redução da dependência de combustíveis fósseis
 - Balanço energético positivo
- Vantagens socioeconômicas dos Óleos Vegetais
 - Uso de terras marginais para fins energéticos
 - Mantém emprego e renda nas áreas rurais
 - Evita migração populacional
 - Motiva a criação de emprego em várias agroindústrias
 - Contribui para a criação de novos empregos
- Vantagens do uso de misturas para fins de aquecimento

- O óleo é obtido a partir de plantas convencionais, no que resultaria em um aumento de rentabilidade e produção, cujo preço pode ser controlado para que esse novo mercado exista.
 - Óleos vegetais não tem problemas de armazenamento quando usados como combustíveis.
- Desvantagens
 - ocorrência de excessivos depósitos de carbono no motor
 - obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores
 - diluição parcial do combustível no lubrificante
 - comprometimento da durabilidade do motor
 - aumento considerável em seus custos de manutenção. (Nag et al., 1995; Piyaporn et al., 1996 citado por Kucek, 2004).

4.3. Biodiesel

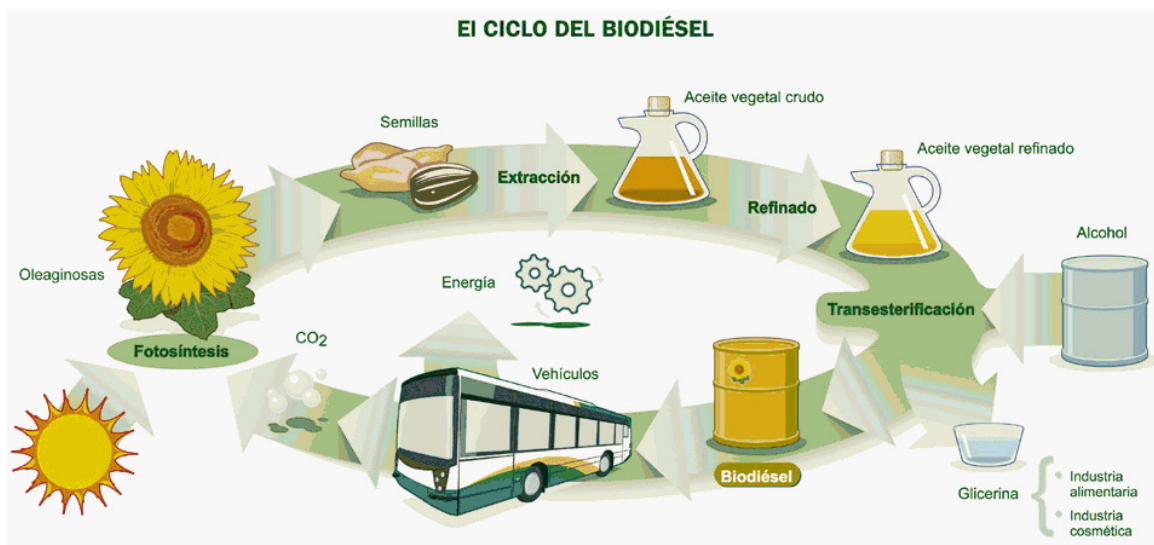


Figura 02: Ciclo do Biodiesel.

O Biodiesel é um combustível renovável (Fig 02). produzido através da reação de transesterificação de triglicerídeo com álcool (metanol ou etanol) (Fig.03).

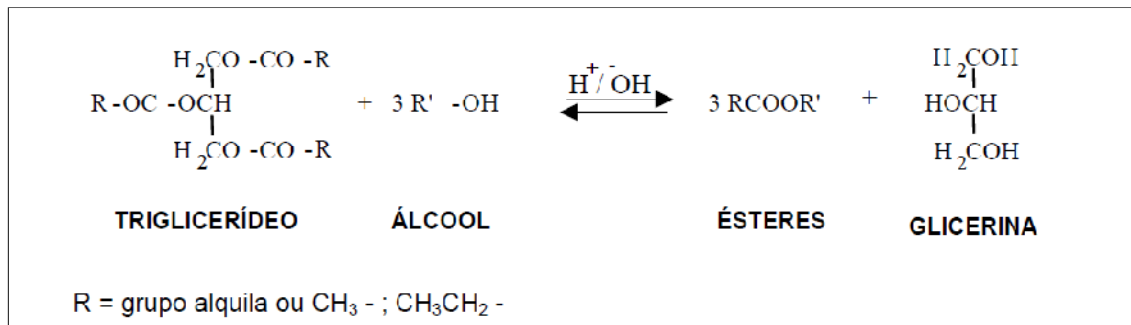


Figura 03: Reação de transesterificação de triglicerídeos (óleos vegetais) com metanol para a produção de ésteres

O Biodiesel originou-se com as propostas de modificação de óleos vegetais em meados da década de 70, através do processo químico de transesterificação, cujos objetivos eram os de melhorar a sua qualidade de ignição, reduzir o seu ponto de fluidez e ajustar os seus índices de viscosidade e de densidade específica (Mittelbach et al., 1983; Shay, 1993).

4.4. Propriedades físico-químicas

Para um desempenho adequado dos motores, é necessário algumas especificações quanto as propriedades de um combustível.

Algumas dessas propriedades são requeridas como dados de entrada para predizer e diagnosticar o modelo de combustão do motor. Ao mesmo tempo é necessário saber se esses sistemas aditivados estão dentro das especificações padrões para combustíveis diesel (Benjuema, 2007). Segue algumas definições dessas propriedades.

4.4.1. Viscosidade

É uma medida da resistência oferecida pelo fluido ao escoamento. Controlar essa propriedade implica em preservar a característica lubrificante, permitir a eficiência da atomização do combustível e a sua completa combustão. A influência da viscosidade em motores diesel pronuncia-se na forma do jato vaporizado.

Valores de viscosidade abaixo da faixa de especificação possibilitam o desgaste do sistema de injeção. Valores acima podem levar a uma ineficiente atomização do

combustível, tendo como consequência a combustão incompleta. A alta viscosidade é a principal propriedade combustível que justifica o abandono relativamente generalizado do emprego de óleos vegetais puros como combustíveis diesel alternativos

A Viscosidade especificada de acordo com a resolução da ANP para combustíveis diesel está na faixa de 2,0 a 5,0 cSt a 40 °C.

4.4.2. Número de cetano e Índice de cetano

O número de cetano é uma escala que foi estabelecida para descrever a qualidade de ignição do diesel e seus componentes. Geralmente, um composto que tem alto número de octanas tende a apresentar um baixo número de cetano e vice-versa.

O número de cetano de um combustível diesel é determinado pelo tempo de retardamento da ignição, isto é, pelo tempo que passa entre a injeção do combustível nos cilindros e a ocorrência da ignição. Quanto menor o tempo de retardamento da ignição, maior o número de cetano e vice-versa.

Valores do número de cetano muito altos ou muito baixos podem causar problemas operacionais no motor. Se o número de cetano for muito alto, a combustão pode ocorrer antes do combustível e do ar estarem apropriadamente misturados, resultando em combustão incompleta e na emissão de fumaça. Se o número de cetano for muito baixo, podem ocorrer falhas no moto, trepidação, aumento excessivo da temperatura do ar, aquecimento lento do motor ao ser acionado e, também, fenômenos de combustão incompleta.

A escala de cetano esclarece o porquê de triacilgliceróis, como encontrados em óleos vegetais, gordura animal e seus derivados, serem alternativas adequadas para combustível diesel. O segredo está na cadeia longa, linear e não ramificada dos ácidos graxos, que é quimicamente similar às existentes em n-alcenos de combustível diesel convencionais de boa qualidade.

O número de cetano pode ser medido em um ensaio de motor, porém é esse teste é caro e difícil. Por esta razão, calcula-se o índice de cetano, que é avaliado através de correlações empíricas através de procedimentos padrões (Benjuema, 2007).

A ANP estipula o Índice de Cetano mínimo para o óleo diesel como sendo de 45 (Peralta, 2000).

4.4.3. Densidade

A densidade indica a quantidade de massa por unidade de volume do combustível que é injetada no motor. Como a bomba injetora alimenta o motor com volumes constantes para cada condição de operação, variando-se a densidade, varia-se a massa de combustível injetada.

Valores elevados de densidade causam um enriquecimento da mistura ar/combustível, provocando o aumento das emissões de particulados, monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos. Por outro lado, a variação para valores muito baixos de densidade acarreta perda de potência e problemas de dirigibilidade (Martinelli Jr., 1998, citado por Fernandes, 2005).

4.4.4. Ponto de Fulgor

O ponto de fulgor é a menor temperatura na qual o produto gera quantidades de vapores que se inflamam quando se dá a aplicação de uma chama, em condições controladas.

Essa característica do diesel está ligada a sua inflamabilidade e serve como indicativo de cuidados que devem ser tomados durante o manuseio, transporte, armazenamento e uso do produto. O Ponto de Fulgor não tem interferência direta no funcionamento do motor (Luciano, 1991, citado por Fernandes, 2005).

A ANP estipula o ponto de fulgor mínimo como sendo de 38 °C.

4.4.5. Corrosão e desgaste

A corrosão e o desgaste estão associados ao conteúdo de enxofre, cinzas e resíduos do combustível. O combustível não deve causar corrosão antes da combustão, ou corrosão e desgaste após a combustão. Os componentes do motor e o combustível diesel são feitos para serem compatíveis. Uma vez que o diesel é um bom lubrificante, ele é usado para lubrificar parte da bomba de injeção de combustível (Martinelli Jr., 1998, citado por Fernandes, 2005).

4.4.6. Volatilidade

Volatilidade é a porcentagem de combustível vaporizado a uma dada temperatura quando a pressão atuante for de uma atmosfera.

Uma boa volatilidade assegura um arranque fácil do motor, devido a melhor combustão da mistura, produzindo níveis aceitáveis de particulados (Peralta, 2000, citado por Fernandes, 2005).

4.4.7. Calor de vaporização

O calor de vaporização de um líquido é a quantidade de calor necessária para evaporar um mol deste líquido sem mudar a sua temperatura.

O calor de vaporização pode ter efeito na temperatura da mistura ar-combustível quando o combustível evapora após a injeção. Um baixo calor de vaporização permite uma combustão mais completa, reduzindo as emissões. Um alto calor de vaporização provoca atraso de ignição do combustível, quando este é pulverizado no ar aquecido, devido ao resfriamento da temperatura do ar.

O calor de vaporização é um dos parâmetros mais importante para combustíveis alternativos (Peralta, 2000, citado por Fernandes, 2005).

4.4.8. Ponto de névoa

O ponto de névoa é a temperatura em que as parafinas contidas no diesel podem se separar sob a forma de pequenos cristais.

Os hidrocarbonetos de elevado ponto de ebulição (parafinas) contidos no diesel seriam produtos sólidos na temperatura ambiente se separados dos demais componentes. No óleo diesel eles se mantêm dissolvidos.

Quando se baixa a temperatura do diesel, dependendo da concentração, as parafinas podem se separar do restante sob a forma de pequenos cristais que, no circuito de alimentação dos motores, causariam a obstrução dos filtros de combustível.

O valor máximo legal admitido para o ponto de névoa do diesel no Brasil depende da região e da época do ano, de acordo com o clima. Para reduzir o ponto de névoa faz-se uso de aditivos em dosagens bastante reduzidas (Peralta, 2000, citado por Fernandes, 2005).

4.4.9. Teor de enxofre

Os petróleos contêm compostos de enxofre que no refino são removidos para que o óleo diesel fique com um teor mínimo de enxofre. Quando o diesel é queimado, o enxofre presente se transforma em óxidos de enxofre que são descarregados para a atmosfera ou se transformam em ácidos na câmara de combustão.

Um teor de enxofre menor no diesel reduz desgastes de anéis e cilindros, diminuindo também à formação de depósitos nos cilindros do motor. Para o meio ambiente, uma menor quantidade de enxofre no diesel é extremamente salutar, pois reduz particulado e óxidos de enxofre (Peralta, 2000, citado por Fernandes, 2005).

Os óxidos de enxofre na atmosfera, em contato com vapor de água ali presente se transformam em ácidos, e quando precipita na forma de chuva causa uma série de problemas ao meio ambiente e ao homem. (Fernandes, 2005)

4.4.10. Facilidade de manipulação

O combustível deve ser um líquido de fluxo fácil em quaisquer condições encontradas. Este requisito é medido pelo ponto de escoamento e pela viscosidade do mesmo. Este deve possuir ainda ponto de fulgor alto. Uma das vantagens do motor de ignição por compressão é utilizar combustíveis de baixa periculosidade de incêndio (Nascimento, 1999, citado por Fernandes, 2005).

4.4.11. Resíduos de carvão

Os resíduos de carvão ocorrem quando o combustível é queimado com quantidade limitada de oxigênio. Estes, em alta proporção, contribuem para a formação de depósitos na câmara de combustão e ao redor dos orifícios do injetor, interferindo na forma do jato (Nascimento, 1999, citado por Fernandes, 2005).

4.4.12. Cinzas

As cinzas são teores de resíduos inorgânicos, obtidos após a queima de uma amostra do produto.

A quantidade de cinzas presente em um óleo mede a abrasão que os produtos da combustão podem causar no motor. Além disso, as cinzas presentes na câmara de combustão atrapalham o processo normal de queima do combustível, pois as partículas sólidas aquecidas funcionam como sementes de chama durante a fase de compressão, fazendo com que a mistura sofra combustão em diferentes locais e fora do tempo determinado, podendo aparecer o fenômeno da detonação (Nascimento, 1999, citado por Fernandes, 2005).

4.4.13. Água e impurezas

A água no combustível pode causar danos ao sistema de alimentação, interferir no processo de combustão e provocar corrosão nos reservatórios (Nascimento, 1999).

A água microemulsionada ou emulsionada no diesel, reduz emissões e melhora o rendimento dos motores (Abu-Zaid, 2004).

As impurezas são minúsculas partículas presente no diesel proveniente do processo de refino, ou mesmo, do carregamento e transporte e pode provocar obstrução no sistema de injeção, quando este for injetado na câmara de combustão (Nascimento, 1999, citado por Fernandes, 2005).

Capítulo 5
Estado da Arte

5. ESTADO DA ARTE

Santos, Dodd e Lena (1983) desenvolveram métodos para o estudo de diagramas de fase das misturas etanol/diesel e concluíram que a adição de até 5% de etanol ao diesel era viável, sem grandes variações nas propriedades físico-químicas do combustível.

Andrade (1986) analisou a influência de vários co-solventes na solubilização do etanol no diesel e verificou que para um determinado tipo de diesel, 3% de acetato de butila solubilizou 27% de etanol e 5% deste mesmo co-solvente solubilizou 47% de etanol. Os outros co-solventes utilizados foram: o acetato de etila, o butanol, o tolueno e a acetona, produtos oriundos das indústrias álcool-químicas e petroquímicas.

Xing-cai et. al (2004) investigaram a influência da mistura combustível etanol-diesel na melhoria do índice de cetano, na taxa de liberação de calor e nas emissões de um motor diesel de injeção direta. Foi adicionada a mistura diferentes percentagens (0, 0,2, 0,4 %) de melhoradores de índice de cetano. Os resultados mostraram que o uso da mistura diesel-etanol quando comparada ao diesel aumentou o consumo específico de combustível, houve considerável melhoria na eficiência térmica, diminuição nas emissões de óxidos de nitrogênio e fumo; observaram também que quando foi adicionado melhoradores do número de cetano as emissões de NOx e fumo foram ainda menores. A mistura diesel-etanol pode ser usada em motores diesel com melhoradores de número de cetano. Pois, quando comparadas à combustão do diesel em altas cargas e em baixas cargas a diferença no consumo é muito grande.

Prommes, Apanee e Samai (2007) estudaram diferentes misturas diesel/biodiesel/etanol variando as quantidades de etanol, em diagramas de fases a diferentes temperaturas com o objetivo de estudar as propriedades e as emissões desta mistura e compará-la ao diesel base. As propriedades estudadas foram: densidade, calor de combustão, número cetano e o ponto de fulgor. Concluíram que o elevado índice de cetano do biodiesel poderia compensar a diminuição do número de cetano causado pela presença de etanol. O aquecimento da mistura contendo valor inferior a 10 % de etanol não foi significativamente diferente do diesel base. Com relação às emissões da mistura, foi verificado que o monóxido de carbono e os hidrocarbonetos reduziram em relação ao diesel.

Levando em conta estes fatos, a mistura de 80% de diesel, 15% biodiesel e 5% etanol foi a mais adequada para produção dieshol devido as aceitáveis propriedades do combustível, bem como a redução das emissões.

Greg Wu, Lin e Chang (2007) estudaram as diferentes emissões produzidas por diversos ésteres metílicos de ácidos graxos derivados de óleos usados na alimentação humana e gordura animal na produção de biocombustíveis e a importância da purificação destes combustíveis.

Foram usados no trabalho cerca de 120 litros de resíduos de óleos vegetais e 30 litros de resíduos de óleos de frituras convertidos em três lotes. Estes foram divididos da seguinte forma: dois lotes produzidos a partir de resíduos de óleos vegetais (B01 e B02), e um lote produzido a partir de misturas de 2 % de resíduos de óleo de frituras com resíduos de óleos vegetais (B03). Observaram que os ésteres metílicos dos ácidos graxos utilizados apresentaram maior densidade, viscosidade, ponto de fulgor e baixo poder calorífico quando comparados ao diesel comum.

Nos ensaios em motores de ciclo diesel foi observado também que o B01 apresentou maior formação de monóxido de carbono que o B02 e B03 para velocidades superiores a 1400 rpm. Todos os combustíveis testados apresentaram maior quantidade de dióxido de carbono, óxido de nitrogênio e material particulado quando comparado ao diesel puro.

Eles concluíram houve aumento de emissões para todos os ésteres metílicos testado.

Peckham (2001), da Petróleos Venezuela SA (PDVSA), desenvolveu uma microemulsão água/diesel com o objetivo de reduzir emissões de NOx e material particulado, em um programa de teste especial com a Citgo's, em cinco cidades de Houston, utilizando combustível diesel e novas misturas de diesel em veículos com motores de ignição por compressão.

Os testes foram feitos em rodovias e obedeceu aos limites da Agência de Proteção Ambiental (EPA) norte americano de 500 ppm de enxofre. O conteúdo de água total na microemulsão não foi revelado pela Citgo's, mas Steve Domaic, analista do Departamento de Saúde de Houston, que supervisionou o programa de testes, sugeriu que foi de pelo menos 10%. A microemulsão apresentou estabilidade durante dois anos.

Nos testes com a microemulsão foram observadas reduções de NOx em torno de 30%. Em outros testes feitos com emulsões com aproximadamente 20 % de água as reduções de material particulado chegaram a 50%, mas houve aumento de hidrocarbonetos (18 %) e de monóxido de carbono (10%).

Neste trabalho houve problemas com o armazenamento, por que o combustível microemulsionado teria que ser armazenado em reservatórios separados do diesel puro, o que elevaria muito os custos deste.

Abu-Zaid (2004) avaliou o desempenho de um motor diesel de um único cilindro usando uma emulsão água em diesel. O estudo foi realizado com as relações de 0, 5, 10, 15 e 20 volumes de água/diesel, com o motor operando de 1200 a 3300 rpm. Os resultados indicaram que a adição de 20 % de água na forma de emulsão melhora a eficiência da combustão, aumenta o torque e a eficiência térmica em 3,5% comparada ao diesel. Isso pode ser explicado pela presença da água no meio, que ao vaporizar provoca micro explosões nas gotículas de diesel aumentando a área de reação do combustível e melhorando a eficiência de queima na câmara de combustão.

Nadeem et. al. (2006) estudaram algumas características de um combustível emulsionado como: dosagem de tensoativo, tempo de emulsificação, temperatura do emulsificante e tempo de mistura. Os pesquisadores também analisaram o desempenho e as emissões gasosas em motor diesel. Os pesquisadores verificaram que houve uma redução significativa na eficiência do motor, mas, por outro lado, existem benefícios associados à incorporação de água no diesel quanto a riscos ambientais. Isso, segundo os autores foi devido a maior redução de material particulado, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e óxidos de enxofre das emissões atingido pela emulsão estabilizada por tensoativos contendo 15% de água no seu conteúdo.

Capítulo 6

Metodologia Experimental

6. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

6.1. Preparação do biodiesel

O biodiesel é produzido por transesterificação alcalina do óleo de soja e de girassol refinados com etanol anidro, em excesso estequiométrico, empregando o hidróxido de sódio (NaOH) como catalisador. A reação ocorreu em um reator com capacidade para 3 litros (Fig. 04), com temperatura controlada através de um banho termostático. O tempo da reação corresponde à 1 hora.

Ao fim da reação o álcool em excesso é retirado em um destilador rotativo com pressão reduzida. Dessa forma, a separação das fases biodiesel e glicerina é facilitada, sendo feita por decantação.

A purificação é realizada por lavagem do biodiesel com uma solução de NaCl e água destilada. Após a lavagem o biodiesel é filtrado.



Figura 04: Reator com capacidade de 3L para produção do Biodiesel

6.2. Obtenção dos sistemas aditivados

Os sistemas foram obtidos através da mistura de quantidades determinadas de óleo vegetal (óleo de soja e de girassol) a uma razão de 2%, 4%, 6%, 10% e 20% e de diesel, e de

biodiesel com diesel nas mesmas razões, com a medição da massa de cada componente em uma balança analítica. O sistema foi homogeneizado com o auxílio de um bastão de vidro.

6.3. Análise das propriedades físico-químicas dos sistemas aditivados

6.3.1. Viscosidade

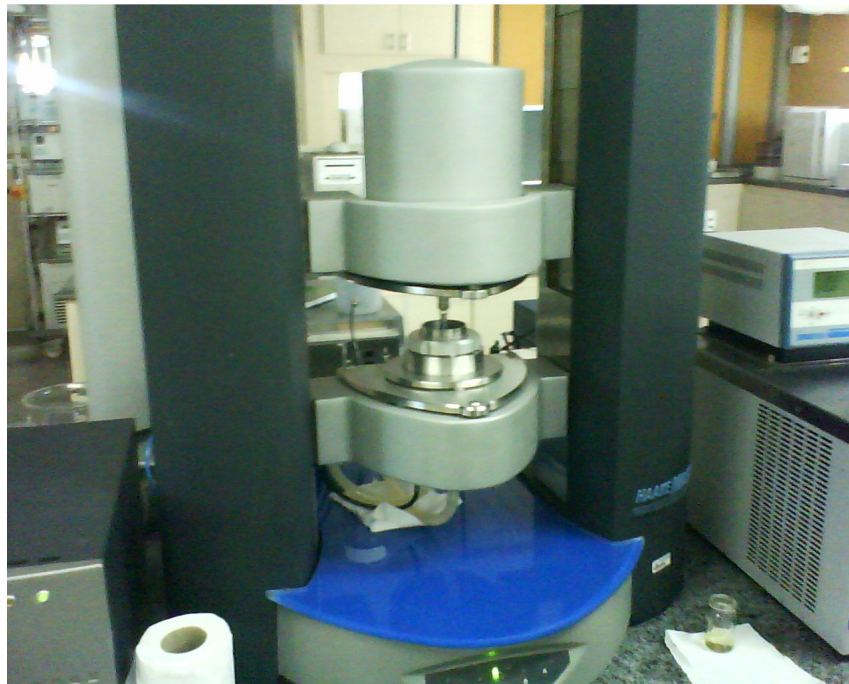


Figura 05: Reômetro Haake-Mars

A viscosidade foi analisada no reômetro Haake-Mars (Fig.05), utilizando o método da variação contínua da taxa de rotação, método ideal para fluidos newtonianos e pouco viscosos. O método utiliza um cilindro para medição e um vaso para inserção da amostra. O gráfico obtido como resposta mostra a viscosidade em função da rotação, e da tensão em função da rotação. O ideal é que os gráficos mostrem uma tendência linear para a viscosidade e constante para a tensão, característica de fluidos newtonianos. O ensaio realiza 100 medições da viscosidade e da tensão em função da taxa de rotação do cilindro, e o valor considerado é a média.

Todas as análises foram realizadas em triplicata para melhor avaliação desses sistemas.

6.3.2. Índice de cetano

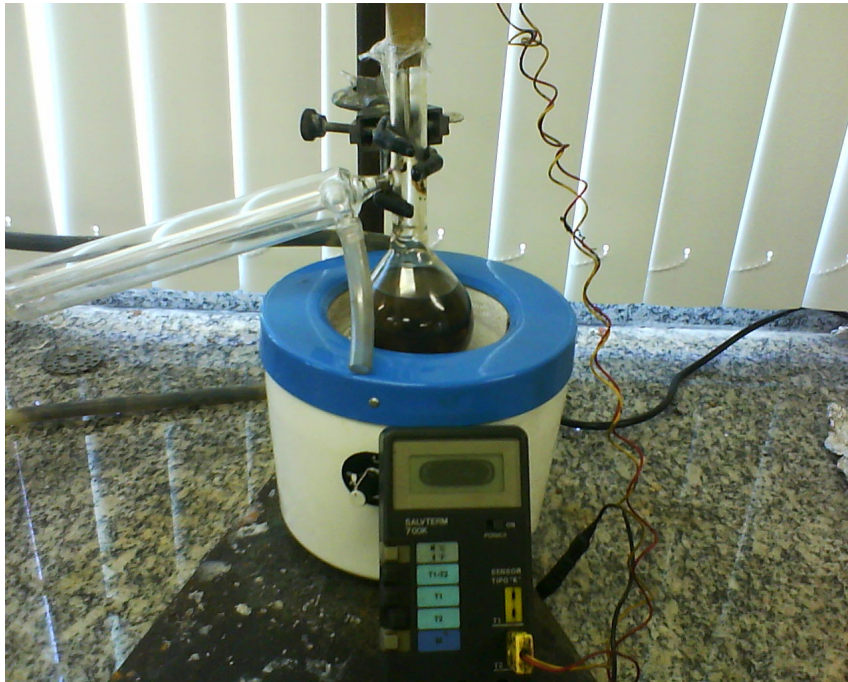


Figura 06: Sistema montado para destilação

O índice de cetano é calculado a partir da densidade e temperaturas da curva de destilação de recuperação de 10%, 50% e 90% do produto. Por meio de um mini-destilador (Fig.06), com um termopar para a medição da temperatura e os valores da densidade (metodologia já descrita), utiliza-se a equação abaixo, que é apresentada nos métodos ASTM D 4737 e na versão da NBR 14759 (2007).

$$IC = 45,2 + 0,0892T_{10N} + [0,131+0,901B]T_{50N} + [0,0523-0,42B]T_{90N} + 0,00049[(T_{10N})^2 - (T_{90N})^2] + 107B + 60B^2$$

Em que:

$$T_{10N} = T_{10} - 215$$

$$T_{50N} = T_{50} - 260$$

$$T_{90N} = T_{90} - 310$$

T₁₀ = temperatura na qual 10% da amostra destilou (°C)

T₅₀ = temperatura na qual 50% da amostra destilou (°C)

T90 = temperatura na qual 90% da amostra destilou (°C)

$$B = \exp[-3,5*(D-0,85)]-1$$

Para cálculos mais elementares, pode-se utilizar apenas a T50, através da seguinte equação:

$$ICC = 454,74 - 1641,416D + 774,74D^2 - 0,554T_{50} + 97,803(\log T_{50})^2$$

Sendo : D = Densidade a 15°C e T₅₀ = Temperatura de destilação de 50% do produto.

As destilações foram realizadas em triplicata para melhor avaliação desses sistemas.

6.3.3. Densidade



Figura 07: Densímetro Digital da Anton Paar

Através do densímetro digital (Fig. 07) da marca Anton Paar, modelo DMA 4500, foi determinada a densidade dos sistemas aditivados a uma temperatura de 20°C. O densímetro digital é constituído de um tubo de amostra oscilante em forma de U e um sistema para

excitação eletrônica, frequência contínua e visor. O mesmo controla e fornece medidas precisas da temperatura.

Na literatura, valores da densidade a 15°C se aproximam bastante do valor destes a 20°C. Além disso, a densidade do diesel varia de acordo com sua composição e origem, logo, o valor da densidade utilizado foi a de 20°C.

A análise da densidade foi realizada em duplicata, visto a exatidão do densímetro digital.

6.3.4. Ponto de Fulgor



Figura 08: Petrotest PM-4

O ensaio é feito em um aparelho de vaso fechado tipo Pensky-Martens (Fig. 08), da Petrotest, modelo: PM-4, semi-automático composto por cuba de ensaio, tampa obturador, agitador, fonte de aquecimento, dispositivo de ignição (chama piloto), banho de ar e placa superior.

O teste consiste basicamente no aquecimento da amostra, seguido de aplicação de uma chama piloto até que os vapores gerados se inflamem, o que é detectado por um lampejo que se apaga logo em seguida. A temperatura registrada no termopar nesse instante correspondente a temperatura de ponto de fulgor. (Fernandes, 2005)

Os experimentos para ponto de fulgor foram realizados em triplicata.

6.3.5. Corrosividade



Figura 09: Teste de corrosividade

O teste é realizado em um equipamento da Koehler (Fig. 09), modelo: K25319, através de imersão de lâmina de cobre, própria para o teste e devidamente preparada, em uma amostra de cada produto mantida a temperatura de 50 °C, por período de 3 horas.

Decorrido esse período a lâmina será retirada, lavada e sua coloração, então, comparada com lâminas padrão de acordo com a ASTM D 130. (Fernandes, 2005)

Capítulo 7
Resultados e Discussão

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Viscosidade

Com o aumento da quantidade de óleo vegetal, observa-se o aumento da viscosidade nos sistemas aditivados. Verificaram-se os seguintes valores (Tab.01):

Percentual mássico Óleo no diesel	Viscosidade cinemática	
	Diesel/Óleo de Soja (cSt)	Diesel/Óleo de Girassol (cSt)
0%	2,95	2,95
2%	3,05	3,14
4%	3,21	3,31
6%	3,39	3,46
10%	3,71	3,78
20%	4,63	4,68

Tabela 01: Valores da viscosidade dos sistemas aditivados

Apesar do óleo de girassol (35,56 cP) ser mais viscoso que o óleo de soja (32,83 cP), verifica-se que os valores da viscosidade de suas misturas são menores que o da soja (Fig.12). Isso pode ser explicado pela melhor interação do óleo de girassol com o diesel do que o óleo de soja com o diesel.

Percebe-se que todos os apresentam-se dentro das especificações para o óleo diesel da ANP, que é de 2 a 5 cSt.

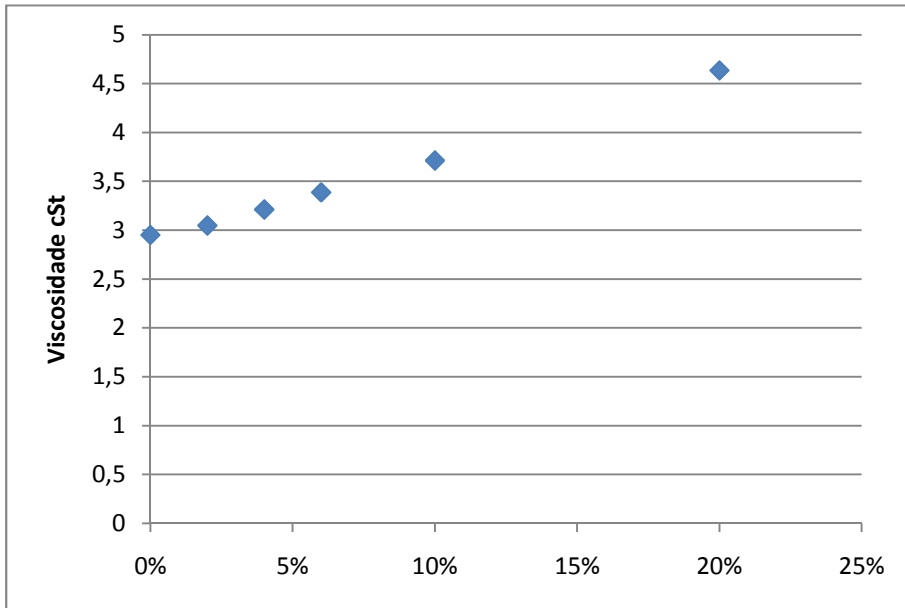


Figura 10: Média das viscosidades em função da quantidade de óleo de soja presente no diesel.

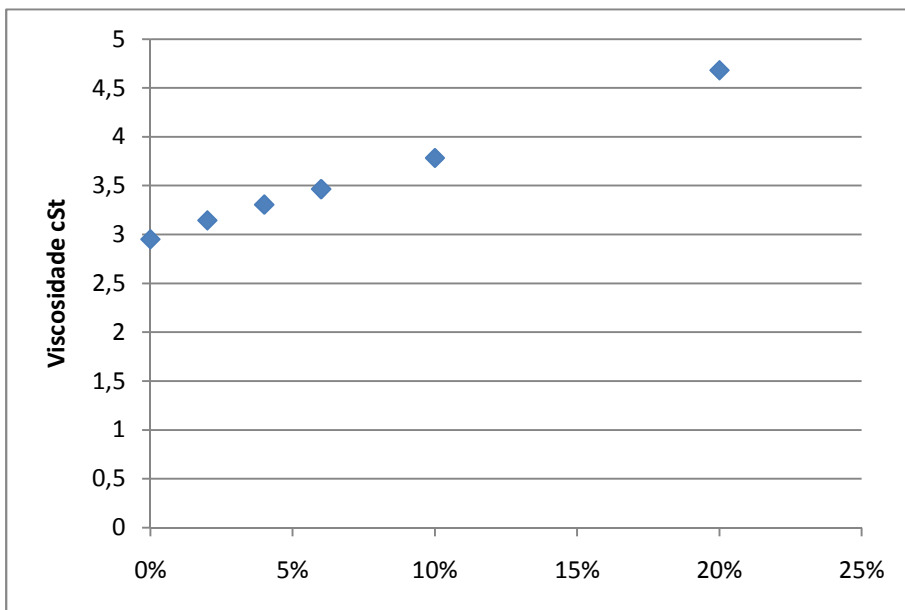


Figura 11: Média das viscosidade em função da quantidade de óleo de girassol presente no diesel.

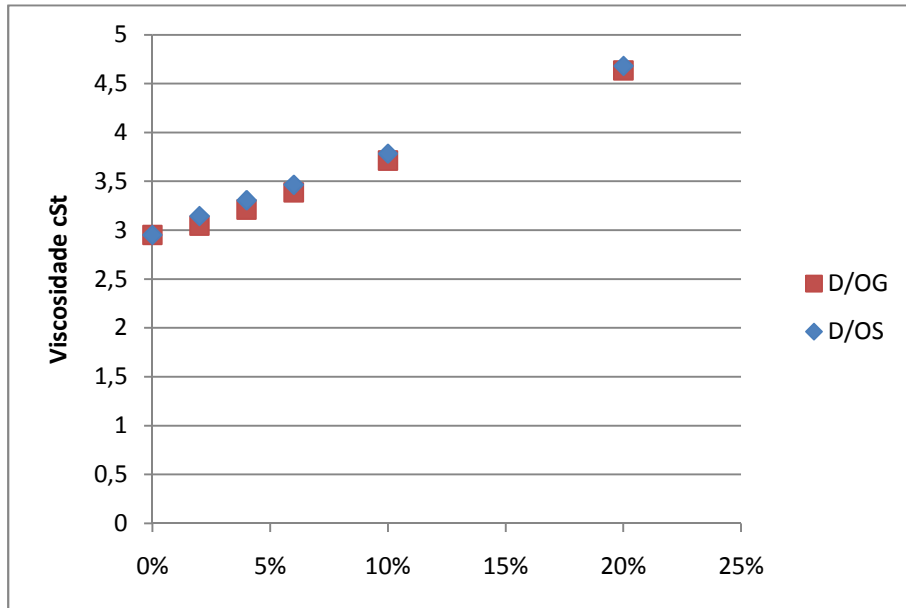


Figura 12: Comparação das viscosidades dos sistemas D/OS e D/OG

7.2. Índice de cetano

A partir dos gráficos obtidos da destilação, foi observado que há uma não-linearidade entre as temperaturas de destilação, o que impossibilitou a realização dos cálculos do índice de cetano pelo primeiro procedimento mostrado na Metodologia. A seguir serão mostrados gráficos das análises realizadas.

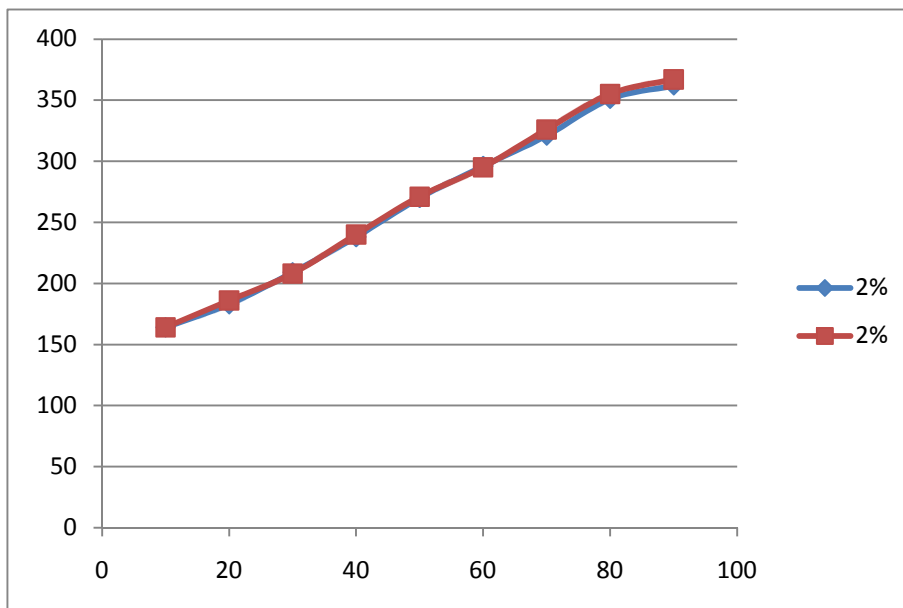


Figura 13: Destilação do sistema 2% óleo de soja em diesel x temperatura do destilado

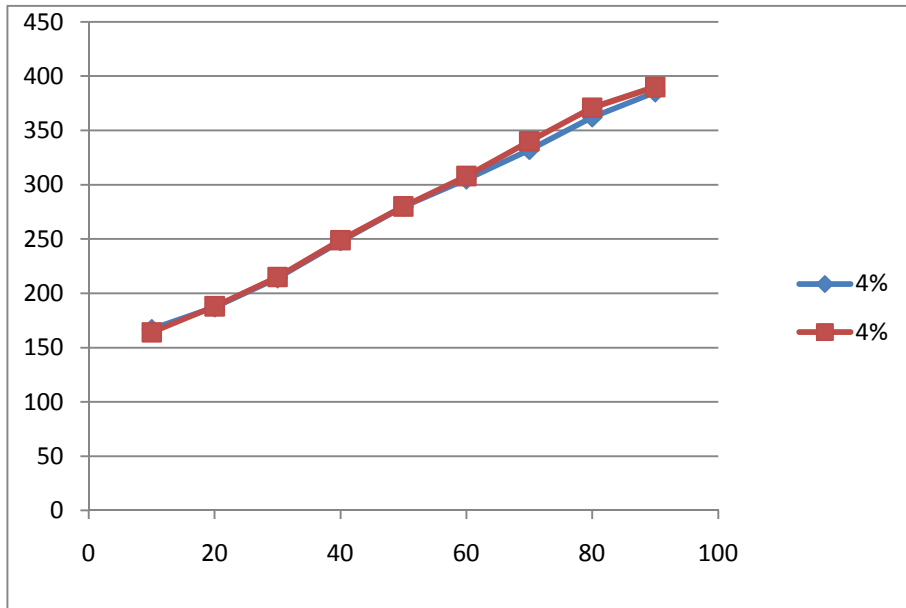


Figura 14: Destilação do sistema 4% óleo de soja em diesel x temperatura do destilado

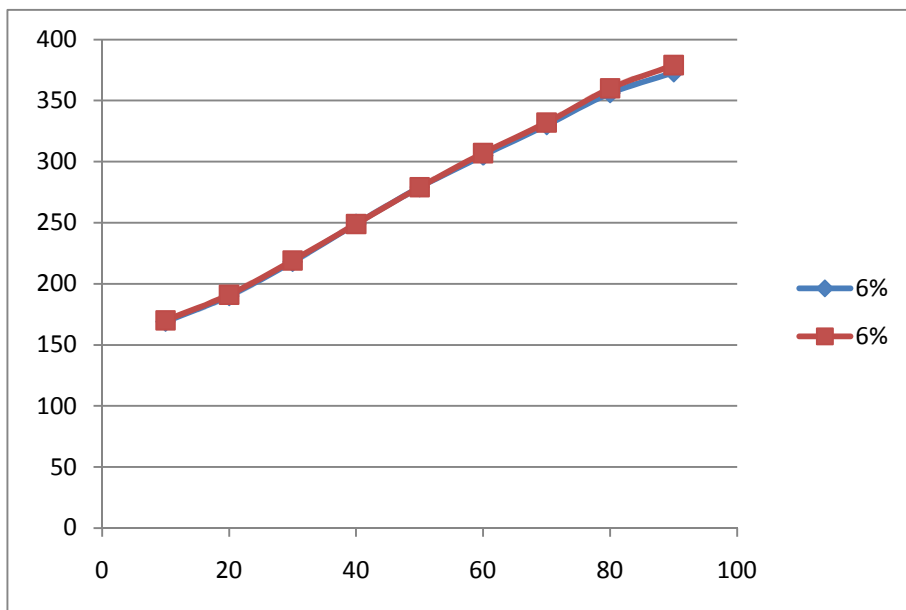


Figura 15: Destilação do sistema 6% óleo de soja em diesel x temperatura do destilado

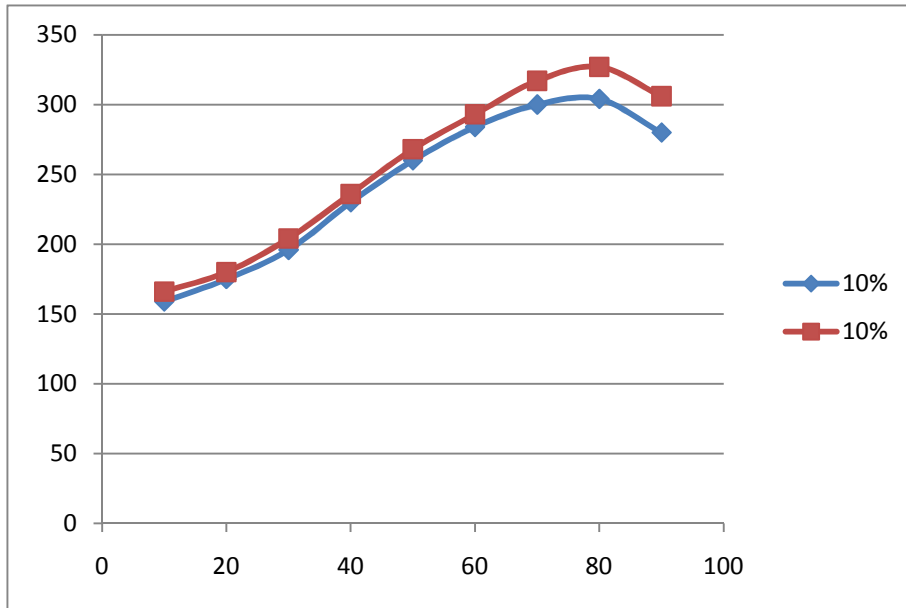


Figura 16: Destilação do sistema 10% óleo de soja em diesel x temperatura do destilado

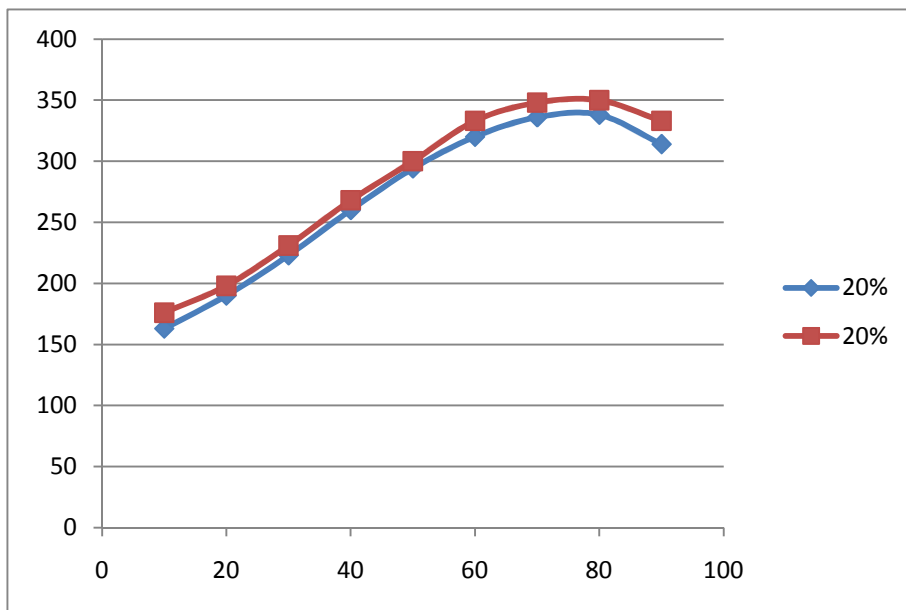


Figura 17: Destilação do sistema 20% óleo de soja em diesel x temperatura do destilado

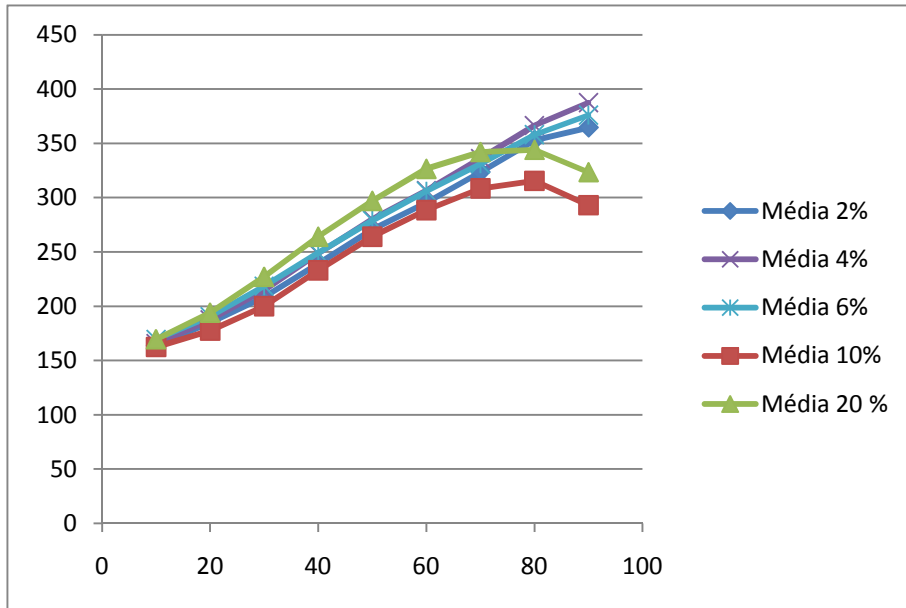


Figura 18: Média dos sistemas aditivados com óleo de soja x temperatura do destilado

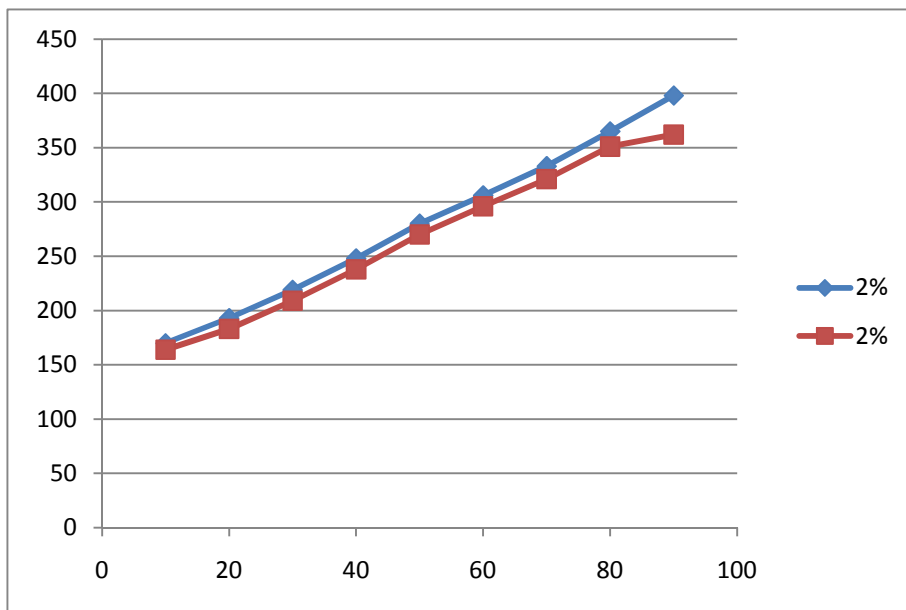


Figura 19: Destilação do sistema 2% óleo de girassol em diesel x temperatura do destilado

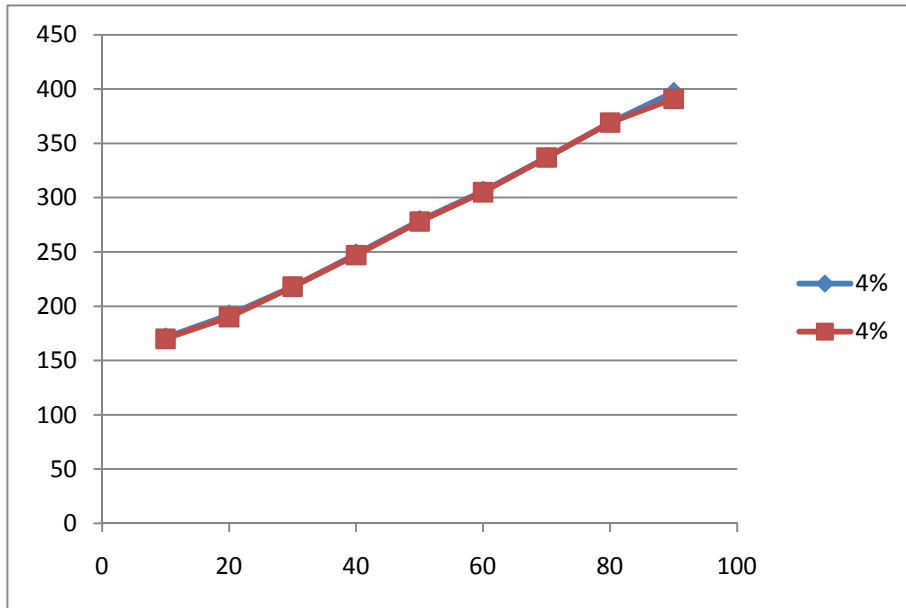


Figura 20: Destilação do sistema 4% óleo de girassol em diesel x temperatura do destilado

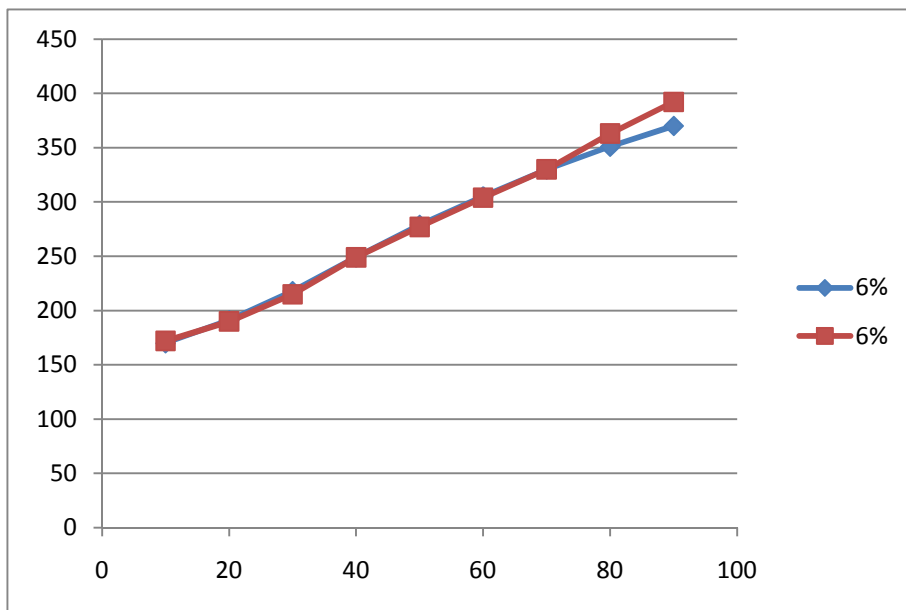


Figura 21: Destilação do sistema 6% óleo de girassol em diesel x temperatura do destilado

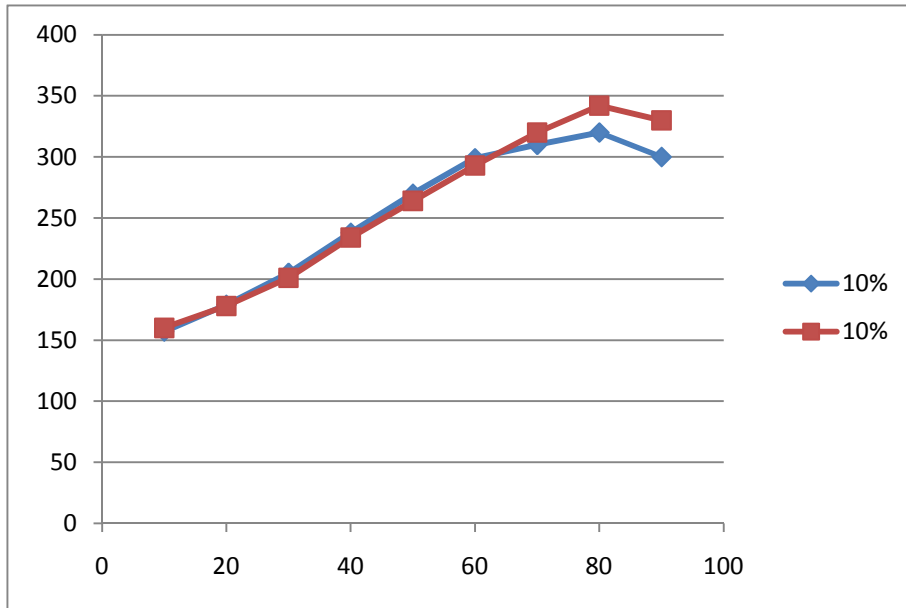


Figura 22: Destilação do sistema 10% óleo de girassol em diesel x temperatura do destilado

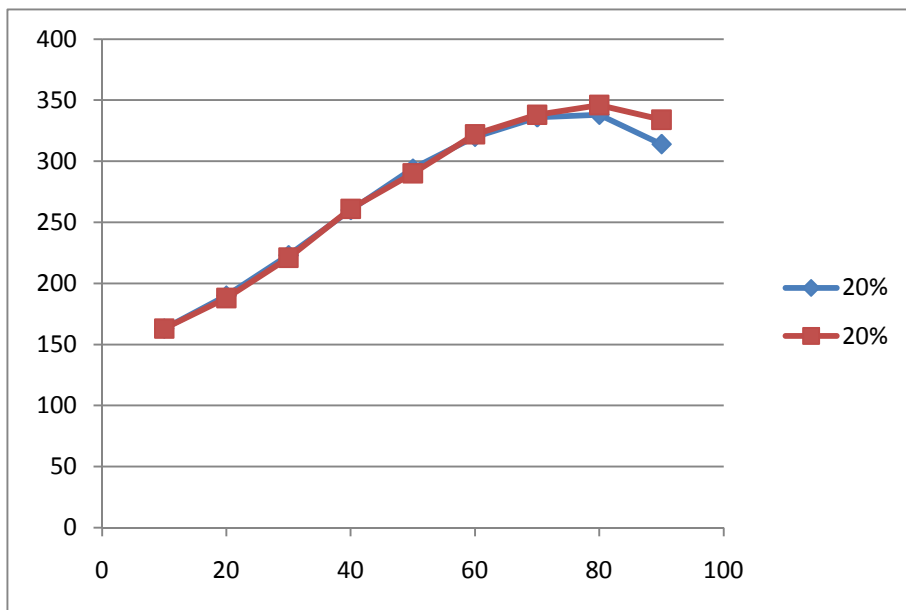


Figura 23: Destilação do sistema 20% óleo de girassol em diesel x temperatura do destilado

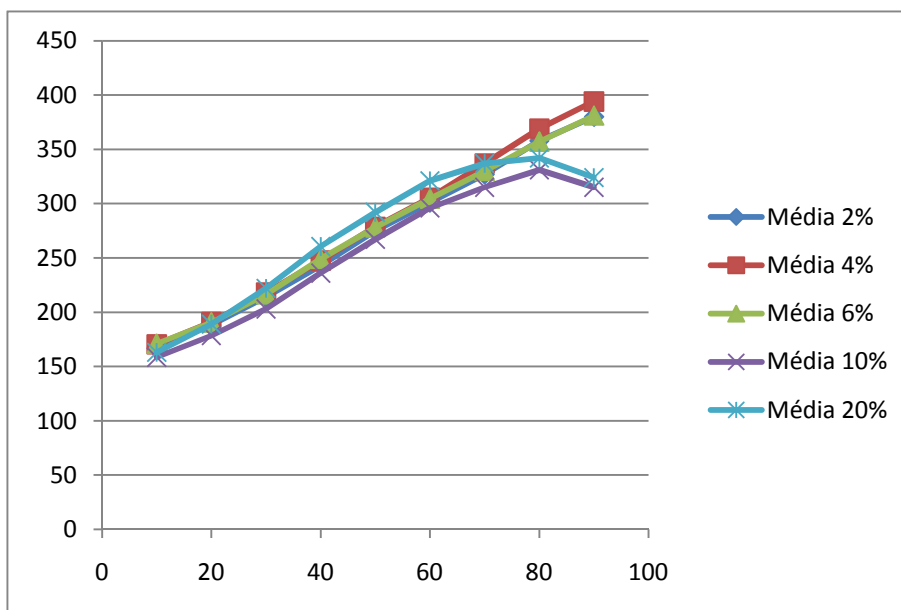


Figura 24: Média dos sistemas aditivados com óleo de girassol x temperatura do destilado

Desta forma, observa-se que com o aumento de óleo vegetal ao sistema, perde-se a linearidade dessa função que é necessária para o cálculo do índice de cetano para as temperaturas T10, T50 e T90. Assim sendo, o índice de cetano será calculado de uma maneira mais elementar, em que usa-se apenas a temperatura T50, visto que na literatura, há ocorrências dessas curvas para sistemas aditivados com biodiesel e o seu índice de cetano foi calculado mostrando bons resultados.

Percentual mássico Óleo no diesel	Índice de cetano	
	Diesel/Óleo de Soja	Diesel/Óleo de Girassol
2%	58,83	59,74
4%	60,03	59,73
6%	59,15	58,96
10%	54,78	55,44
20%	57,65	56,86

Tabela 02: Valores do índice de cetano dos sistemas aditivados

Utilizando os cálculos para T50, observa-se que ainda não há bons resultados, porém, segundo a resolução nº 15 da ANP o mínimo para o índice de cetano é de 45, assim, para esta propriedade, pode-se concluir que os sistemas podem ser usados como combustíveis

7.3. Densidade

Com o aumento da quantidade de óleo vegetal, a densidade do sistema aditivado aumenta.

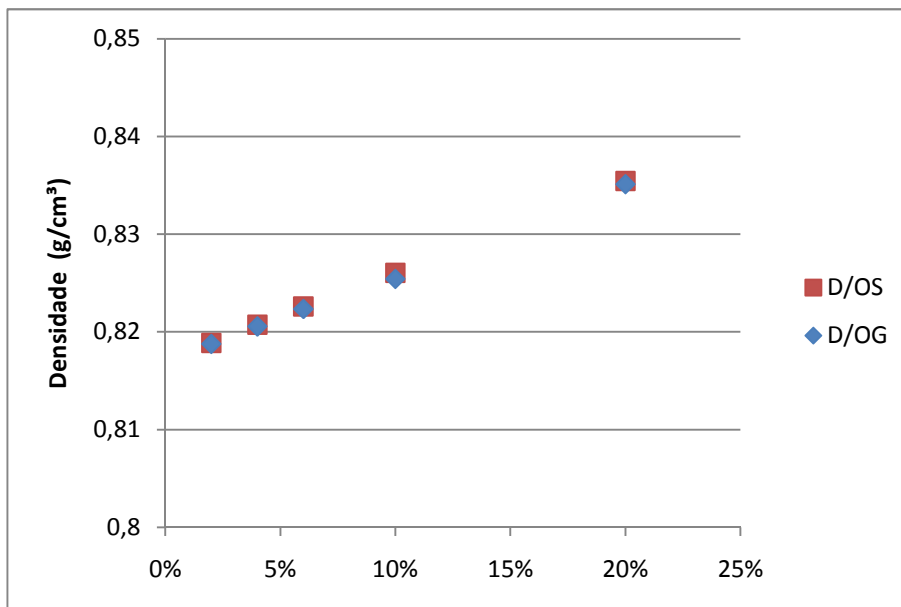


Figura 25: Densidade em função da quantidade de óleo vegetal presente no diesel.

Apenas os sistemas com 2% de óleo vegetal não estão dentro da faixa estabelecida pelas normas vigentes para combustíveis dieséis. Os valores especificados pela ANP são de 820 a 865 kg/m³.

7.4. Ponto de fulgor

Percentual mássico Óleo no diesel	Temperatura do Ponto de Fulgor	
	Diesel/Óleo de Soja (°C)	Diesel/Óleo de Girassol (°C)
0%	38	38
2%	38	38
4%	38	38
6%	38	38
10%	38	38
20%	38	38

Tabela 03: Valores de ponto de fulgor dos sistemas aditivados

Os valores de ponto de fulgor mostraram dentro da especificação da ANP. .O valor mínimo é de 38°C para o combustível diesel.

Apesar do aumento de óleo vegetal as misturas, o ponto de fulgor não foi alterado. Isto pode ser explicado pela ignição nessa temperatura ser realizada pelos vapores dos constituintes do diesel

7.5. Corrosividade

Percentual mássico Óleo no diesel	Corrosividade	
	Diesel/Óleo de Soja (°C)	Diesel/Óleo de Girassol (°C)
0%	1a	1a
2%	1a	1a
4%	1a	1a
6%	1a	1a
10%	1a	1a
20%	1a	1a

Tabela 04: Resultado da corrosividade dos sistemas aditivados.

Todos os sistemas aditivados estão dentro da especificação da ANP, em que a corrosividade deve ser 1.

Capítulo 8

Conclusões

8. CONCLUSÕES

Atualmente, óleos vegetais são uma das possíveis soluções para o problema do aumento de emissões de CO₂ derivados de combustíveis fósseis. Combustão produz CO₂, mas quando um combustível de origem vegetal é queimado, o dióxido de carbono produzido é compensado pela absorção deste pelas plantas através do processo de fotossíntese. Desta forma o ciclo é fechado.

Propriedades básicas dos sistemas diesel aditivados com óleo vegetal foram medidas de acordo com vários procedimentos para a avaliação destes como um combustível alternativo.

Os dados experimentais mostraram que ao aumentar a quantidade de óleo vegetal nas misturas, há um aumento na densidade e na viscosidade dos sistemas.

Com o acréscimo de óleo vegetal ao diesel, a destilação desse sistema mostrou uma curva em relação às temperaturas dos destilados. Por esta razão, o cálculo do índice de cetano não foi tão conclusivo, já que para o mesmo só foi utilizado a T50 (temperatura de 50 mL de destilado). Todavia, a aquisição dessas curvas pode ser um material de posterior estudo.

Os testes de corrosividade e ponto de fulgor mostraram que os sistemas estão dentro da especificação para combustível diesel.

Pela observação destes resultados, pode-se concluir que os sistemas aditivados mostraram-se promissores como combustíveis alternativos, já que se enquadraram nas especificações para combustíveis diesel da ANP.

Capítulo 9

Referências Bibliográficas

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Resolução ANP n. 07**. Rio de Janeiro, 2008. 7f.

AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Resolução ANP n. 15**. Rio de Janeiro, 2006. 12f.

ALONSO, J. S. J; Sastre, J. A. L.; Romero-Avila, C.; Lopez, E. **A note on the combustion of blends of diesel and soya, sunflower and rapeseed vegetable oils in a light boiler**. Biomass and Bioenergy Vol 32, Setembro (2008), pp. 880-886.

BEZERRA. Luciete Alves. **Previsão de propriedades físico-químicas da mistura Biodiesel de soja-diesel mineral utilizando mid/pls**. (Relatório de estágio). Disponível em: < http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH28/Luciete-Alves-Bezerra_PRH28_UFPE_G.pdf > Último acesso em 1 de agosto de 2010.

BENJUEMA, P; Agudelo, J; Agudelo, A. **Basic properties of palm oil biodiesel–diesel blends**. Fuel Vol 87, Agosto (2008), pp. 2069-2075.

DE SOUZA, Tatiana Bittencourt. **Revisão da equação de cálculo do índice de cetano para as características do diesel comercializado no Paraná**, Curitiba -2008. Dissertação (Mestrado) de Disponível em <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/143.pdf>> Último acesso em 1 de agosto de 2010.

FERNANDES, M. R. **Desenvolvimento de um novo combustível microemulsionado base-diesel**. 2003. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, UFRN, Natal, 2005.

GUARIEIRO, L. L. N; Souza, A.F; Torres, E,A; Andrade, J.B. **Emission profile of 18 carbonyl compounds, CO, CO₂, and NO_x emitted by a diesel engine fuelled with diesel and ternary blends containing diesel, ethanol and biodiesel or vegetable oils**. Atmospheric Environment Vol 43, 17, Junho(2009), pp. 2754-2761

KNOTHE, Gerhard; GERPEN, Jon Van; KRAHL, Jürgen; RAMOS, Luiz Pereira. **Manual do Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. ISBN 978-85-212-0405-3.

KUCEK, Karla Thomas. **Otimização da transesterificação etélica do óleo de soja em meio alcalino**, Curitiba -2004. 107 f. Dissertação (Mestrado). Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/~cpgquim/pgq/dissert/M02203.pdf>> Último acesso em 1 de agosto de 2010.

Anexo A
Relatório de Estágio
Supervisionado

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

EMPRESA:

Schlumberger Serviços de Petróleo Ltda

ALUNA:

Angélica Mara de Góes Martins

PERÍODO:

Março/2011 a Junho/2011

Relatório de Estágio Curricular

Aluna: Angélica Mara de Góes Martins

Orientadores:

UFRN: Eduardo Lins

Empresa: Marllus Fontes

Empresa:

Schlumberger Serviços de Petróleo Ltda.

Endereço: Rua Internacional, 500

Granja dos Cavaleiros, Macaé – RJ

Site: <http://www.slb.com>

Nº de Horas: 384

Sumário

Resumo	56
1. Introdução.....	58
2. A Empresa.....	60
3. Fundamentação teórica.....	63
3.1. Testes de pressão em poços	63
3.1.1. Objetivos dos testes	64
3.1.2. Tipos de testes de pressão.....	67
3.1.3. Teste de Formação.....	67
4. Atividades Realizadas	72
4.1. NEST – New Employee Safety Training.....	72
4.2. Atividade Teórica – Estudo DST.....	73
4.2.1. Packer	74
4.2.2. Válvula de Teste	74
4.2.3. TFTV	76
4.2.4. JAR.....	76
4.2.5. Slip Joint.....	77
4.2.6. Safety Joint	78
4.2.7. Válvulas de Segurança.....	79
4.2.8. Válvula de Circulação Reversa.....	80
4.3. Atividade Prática.....	80
5. Conclusão	83
6. Referências Bibliográficas	85

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema de uma coluna típica de teste de formação.....	68
Figura 2: Carta típica de um registrador de pressão externo.	69
Figura 3: FlexPac Packer.....	74
Figura 4: IRDV.....	75
Figura 5: TFTV.....	76
Figura 6: JAR.	77
Figura 7: Slip Joint.	78
Figura 8: Safety Joint.....	79
Figura 9: SBSV e PFSV.	79
Figura 10: SHRV.....	80

Resumo

Este trabalho apresenta o relatório do estágio supervisionado de curso de Engenharia Química, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, realizado na cidade de Macaé, estado do Rio de Janeiro, nas instalações da empresa líder mundial no segmento de prestação de serviços em petróleo e gás, a Schlumberger, de março a junho de 2011.

O estágio concentrou no sub-segmento *Drill Stem Testing* que é responsável pelos equipamentos que fazem parte da coluna de teste no poço de petróleo.

Será apresentada a importância dos testes de pressão em poços de petróleo e os vários objetivos para a execução dos mesmos, e também as ferramentas necessárias para a execução desses testes.

Abordaremos o NEST – New Employee Safety Training, um curso apresentado a todos novos colaboradores da empresa.

Por fim, apresentaremos em pormenores as atividades do sub-segmento Drill Stem Testing (DST), e para auxiliar neste processo serão apresentados os equipamentos físicos utilizados nos processos desse sub-segmento: *packer*, válvula de teste, *Tubing/Fill Test Valve*, JAR, *slip joint*, *safety joint*, válvulas de segurança e válvula de circulação reversa.

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

O presente relatório é resultado das atividades práticas desenvolvidas durante o estágio realizado na empresa Schlumberger Serviços de Petróleo Ltda., na cidade de Macaé, estado do Rio de Janeiro, no período abrangido de março a junho do ano de 2011.

O estágio compôs-se de 384 horas e integraliza a disciplina de “Estágio Curricular Obrigatório”, apresentando-se fundamental para o engrandecimento dos conhecimentos práticos do futuro engenheiro químico, complementando assim as teorias apreendidas durante a graduação deste curso.

Essa disciplina teve como escopo o funcionamento de uma empresa prestadora de serviços na área de petróleo, auxiliando na aquisição de conhecimentos relacionados a equipamentos e serviços oferecidos pela mesma. Importante ressaltar que a empresa onde foram desenvolvidas as atividades, a Schlumberger, é uma multinacional, e atualmente apresenta-se como líder mundial na prestação de serviços relacionados ao petróleo.

O sub-segmento Drill Stem Testing é responsável pelos equipamentos que fazem parte da coluna de teste no poço de petróleo. No organograma da empresa, este sub-segmento faz parte do segmento Well Testing, que é responsável por realizar estudo de viabilidade de novos poços e testes em poços de petróleo já em produção. As atividades de aprendizagem teórica e prática concentraram-se no manuseio, funcionalidade, manutenção e outros dos equipamentos e operações relacionados a testes no interior de um poço de petróleo.

A finalidade de se realizar testes em novos poços de petróleo é verificar a viabilidade econômica para extração do mesmo, através de parâmetros como vazão, temperatura, pressão e tipo de petróleo. Nos poços de petróleo já em produção os testes são utilizados porque à medida que o poço flui a pressão e temperatura sofrem variações, assim como as razões entre seus produtos, ocasionando alterações nos parâmetros de produtividade, fazendo com que tais testes sejam importantes para otimização da produção do poço em questão.

Capítulo 2

A Empresa

2. A Empresa

A Schlumberger Serviços de Petróleo Ltda. é a empresa líder em serviços na área de petróleo, a qual provém soluções em tecnologia, informação e gerenciamento de projetos para seus clientes da indústria do petróleo e gás. Fundada em 1926, hoje a empresa emprega mais de 108.000 pessoas de mais de 140 nacionalidades que trabalham em aproximadamente 80 países.

A empresa se ramifica em dois segmentos de negócios:

- Schlumberger Serviços de Petróleo atua em diversas linhas como, por exemplo, perfuração direcional, cimentação, estimulação, completação, software e serviços de infraestrutura que suportam os principais processos operacionais da indústria.
- Western Geco é a maior empresa do mundo na área de sísmica e fornece avançada aquisição e processamento de dados.

A Schlumberger tem seus principais escritórios em Houston, Paris e em Haia. A receita da empresa em 2010 foi de 27,45 bilhões de dólares.

A empresa já está estabelecida no Brasil há 65 anos, desde que foi contratada pela primeira vez para traçar o perfil de resistividade de um poço. Sua principal base é em Macaé, devido à alta produtividade da região, porém a empresa se encontra também em Aracaju, Rio de Janeiro (apenas escritórios) e outras localidades. Seu principal cliente no Brasil é a Petrobras, pois esta é a maior exploradora da região, porém também existem trabalhos para outras empresas como, por exemplo, a OGX.

A Schlumberger realiza diversos serviços na área de petróleo. A seguir serão listadas as principais atividades da mesma:

- Sísmica: é a geração de ondas acústicas que percorrem para a terra e refletem de volta à superfície para ser gravada por sensores e interpretada por computadores. Isso fornece um retrato subterrâneo de uma possível fonte de petróleo.
- Perfuração e construção do poço de petróleo: é o uso de um equipamento e equipe para a perfuração do poço.

- Registro do poço: é a medição de uma ou mais quantidades físicas dentro ou em torno de um poço.
- Testes do poço: envolve o fornecimento de acesso e medição de dados dinâmicos de reservatório, incluindo a taxa de pressão, temperatura, fluxo e propriedades dos fluidos.
- Completação: é o trabalho realizado para estabelecer a produção segura do reservatório.
- Elevação artificial: são sistemas que são colocados no poço para "levantar" fluidos porque o reservatório não tem a energia suficiente para fazer o fluxo natural do líquido do reservatório à superfície, como exemplos o *gas lift* ou bombas elétricas submersíveis.
- Produção: é a fase da vida do reservatório durante o qual os hidrocarbonetos são trazidos do reservatório através da completação e das instalações de superfície para ser vendido.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

3. Fundamentação teórica

Para uma melhor compreensão do que foi realizado durante o estágio, é necessário uma fundamentação teórica sobre o que são testes de pressão em poços.

3.1. Testes de pressão em poços

Imagine um poço em um reservatório novo, selado nos seus limites externos. Inicialmente o reservatório está em equilíbrio, isto é, em qualquer ponto a sua pressão é a mesma e igual à chamada pressão estática original. Quando o poço é colocado em produção (durante um teste, por exemplo), o equilíbrio das pressões é quebrado: a pressão é menor no poço e vai crescendo à medida que se afasta dele em direção aos limites do reservatório. Quando o volume de fluido produzido é pequeno, em comparação ao tamanho do reservatório, observam-se quedas de pressão (em relação à pressão original) apenas em uma região próxima ao poço. Neste caso, as pressões nas porções do reservatório mais afastadas do poço permanecem iguais à pressão original. Com o avanço da produção, a região afetada (onde se observam quedas de pressão) vai aumentando e, eventualmente, se propaga para todo o reservatório. Quanto mais fluido é retirado maiores são as quedas de pressão observadas. O período de tempo em que o poço está produzindo é chamado de período de fluxo.

Imagine agora que, após certo tempo em fluxo, o poço seja fechado. Embora a vazão de produção seja nula, continuará ocorrendo movimentação de fluidos no reservatório até que não haja diferença de pressão no seu interior. Assim, a pressão medida no poço crescerá com o passar do tempo e, após um longo período, eventualmente se estabilizará. Esta pressão de equilíbrio é denominada pressão média do reservatório. O período de tempo em que o poço está fechado é chamado de período de estática ou período de crescimento de pressão.

A pressão média vai declinando com o tempo à medida que o fluido do reservatório vai sendo produzido. A esse processo de queda da pressão do reservatório (correspondente a certa produção de fluidos) dá-se o nome de depleção.

É importante notar que as variações de pressão observadas ao longo do tempo no poço, tanto no período de fluxo quanto no período de estática, dependem de três fatores:

- 1) das características do reservatório (tamanho, propriedades da rocha, etc.);

- 2) das propriedades dos fluidos nela contidos, e
- 3) do histórico de produção, isto é, do perfil de vazão *versus* tempo.

Assim, conhecendo-se as vazões e pressões no fundo do poço (monitorados durante um teste) e as propriedades dos fluidos produzidos (obtidos a partir de análise de amostras coletadas durante o teste), podem ser obtidas informações a respeito das características da rocha reservatório.

3.1.1. Objetivos dos testes

Diversos tipos de testes podem ser programados e executados, dependendo dos objetivos que se esperam alcançar. Dentre esses objetivos podem ser citados: identificação dos fluidos contidos na formação; verificação da pressão estática e da existência de depleção; determinação da produtividade da formação, dos parâmetros da formação e do dano de formação, além da amostragem de fluidos para PVT (Pressão, Volume e Temperatura).

a) Identificação dos Fluidos Contidos na Formação

Este é um item de suma importância nos testes em poços pioneiros e de extensão, além de indispensável na apropriação de novas reservas de óleo e gás.

b) Pressão estática

As pressões médias e a pressão estática original (no caso de poços novos) são dados importantes, tanto nos estudos do reservatório quanto para o gerenciamento e acompanhamento do campo.

A pressão estática é obtida a partir da análise dos dados do registro de pressão *versus* tempo com o poço fechado (período de crescimento da pressão). Em testes de curta duração (nos quais o volume de fluidos produzidos é desprezível quando comparado com o volume total de fluidos no reservatório), a pressão estática obtida no período de crescimento de pressão coincide com a pressão estática original do reservatório. Em testes de longa duração ou testes em reservatórios depletados, nos quais as pressões nos limites externos do reservatórios já tenham sido afetadas, a análise do crescimento de pressão levará à pressão média atual.

c) Depleção

Com o intuito de se detectar uma possível depleção, os testes em poços pioneiros são compostos usualmente de quatro períodos: primeiro fluxo, primeira estática, segundo fluxo e segunda estática.

O primeiro fluxo, bastante curto, serve apenas para a limpeza do poço, enquanto o segundo fluxo, mais longo, permite a identificação do fluido e a estimativa do potencial do poço. Normalmente os tempos de fluxo são pequenos (isto é, os volumes produzidos nos testes são desprezíveis se comparados com o volume de fluidos do reservatório), de forma que as pressões extrapoladas das duas estáticas são idênticas e iguais a pressão original. Entretanto, em reservatórios pequenos ou marginais, pode ocorrer que a pressão extrapolada da segunda estática seja menor que a da primeira, indicando que a produção do segundo fluxo foi suficiente para acarretar depleção;

A detecção de depleção durante o teste é indicativo de que o reservatório é pequeno (descoberta não-comercial).

d) Produtividade da formação

Quando chega à superfície, o fluido produzido pelo teste passa por equipamentos de fluxo, que podem ser fixos ou ajustáveis. As vazões do teste e as pressões na cabeça do poço são controladas pela restrição imposta ao fluxo. Portanto, a vazão do teste, por si só, não caracteriza a capacidade de fluxo.

A capacidade de fluxo do poço é caracterizada pelo índice de produtividade (IP) definido por

$$IP = \frac{q}{P_e - P_w}$$

onde q é a vazão, P_e a pressão estática (ou média) do reservatório e P_w é a pressão de fluxo no fundo do poço. O índice de produtividade pode ser utilizado para estimar a vazão do poço para diferentes pressões de fluxo, correspondentes a diferentes aberturas nos reguladores de fluxo.

e) Dano de formação

As condições de fluxo na vizinhança do poço podem estar alteradas por diversas razões. Por exemplo, a invasão do filtrado do fluido de perfuração na formação pode

concorrer para que a permeabilidade na zona invadida seja menor que a original. O dano se comporta como uma perda de carga localizada na parede do poço e contribui para que a produtividade seja reduzida. A queda de pressão adicional devida ao dano depende da sua severidade e da vazão do poço.

Pode também ocorrer de a condição de fluxo na região alterada ser melhor que a original, traduzindo na melhoria da produtividade. Neste caso diz-se que o poço está estimulado.

A identificação e quantificação do dano são importantes para se decidir sobre a necessidade e a viabilidade de ser estimular o poço, pois são operações que normalmente envolvem altos investimentos.

f) Amostragem de Fluidos para PVT

O comportamento da mistura de hidrocarbonetos (óleo e gás) contidos na jazida é fundamental em qualquer fase da sua vida produtiva. Os fluidos caracterizados através de análises de laboratório feitas nas amostras de fluidos coletadas durante o teste. Essas análises de laboratório, denominadas genericamente análises PVT (Pressão, Volume e Temperatura), fornecem as propriedades dos fluidos, tais como: fator volume de formação, viscosidade, compressibilidade, razão solubilidade, pressão de saturação, etc.

Um ponto crucial é que os fluidos amostrados sejam representativos do fluido original da formação (isto é, apresentem a mesma composição), por isso é usual a programação de amostragem de fluidos para PVT em testes em poços pioneiros (ou em poços perfurados em zonas ainda não depletadas), antes que a queda de pressão do campo provoque alterações nos fluidos.

Em reservatórios de óleo as amostras são normalmente coletadas no fundo do poço através de amostradores descidos a cabo por dentro da coluna de teste. A pressão de fundo, na profundidade de amostragem, não deve ser menor que a pressão de saturação do óleo, de modo que a amostra seja monofásica, idêntica ao fluido do reservatório. Os reservatórios de gás ou gás condensado retrógrado, assim como os reservatórios de óleo volátil, são amostrados na superfície. Neste caso, são tomadas amostras do gás e do líquido (óleo ou condensado) que estão em equilíbrio no separador. As amostras de gás e líquido serão recombinadas no laboratório, na proporção da RGL (razão gás-líquido) de produção, de modo a se obter o fluido original da formação.

3.1.2. Tipos de testes de pressão

Há diversos de tipos de testes de pressão, sendo eles o Teste de Formação Repetitivo (RFT), Teste de Formação, Teste de Formação a Poço Aberto (TF), Teste de Formação a Poço Revestido (TFR), entre outros. Para interesse desse relatório, apenas será detalhado o Teste de Formação, já que esse é o teste que o sub-segmento DST (Drill Stem Testing) faz.

3.1.3. Teste de Formação

O teste de formação é um método de avaliação das formações que equivale a uma completação provisória que se faz no poço. Consiste basicamente em:

- 1) isolar o intervalo a ser testado através de um ou mais obturadores;
- 2) estabelecer um diferencial de pressão entre a formação e o interior do poço, forçando os fluidos da formação a serem produzidos;
- 3) promover, através da válvula de fundo, períodos intercalados de fluxo e de estática; e
- 4) registrar continuamente as pressões de fundo em função do tempo durante o teste. A análise dos dados coletados durante o teste possibilita avaliar o potencial produtivo da formação testada.

Uma coluna de teste de formação é composta de um conjunto de ferramentas escolhido em função do tipo de sonda (flutuante, posicionamento dinâmico, fixa, etc.), das condições mecânicas do poço (aberto, revestido, direcional, profundidade do intervalo a ser testado, etc.) e dos objetivos do teste.

A figura 01 mostra, esquematicamente, uma coluna básica de teste de formação. De baixo para cima a coluna apresenta:

- **Registrador mecânico de pressão externo.** Constituído de uma unidade de pressão e de uma unidade de registro é capaz de registrar continuamente a pressão em função do tempo. O registrador é dito externo por registrar somente a pressão externa a coluna de teste.

- **Tubos Perfurados.** Permitem a passagem dos fluidos da formação para dentro da tubulação.

- **Obturador.** Quando assentado, suas borrachas vedam o espaço anular,

isolando a formação da pressão hidrostática do fluido de amortecimento contido no espaço anular.

- **Registrador de pressão interno inferior.** É idêntico ao registrador externo, registrando, porém, as pressões por dentro da coluna de teste, abaixo da válvula testadora.

- **Conjunto de válvulas.** Operadas da superfície, permitem a abertura ou fechamento da coluna de teste. Durante a descida da coluna a válvula de fundo evita a entrada de fluido na coluna de teste.

- **Registrador de pressão acima da válvula.** Idêntico aos outros registradores, registra a pressão acima da válvula de fundo.

- **Válvula de circulação reversa** (circulação no sentido do anular para o interior da coluna). Quando aberta no final do teste, conecta o anular com o interior da coluna de tubos, permitindo a remoção dos fluidos produzidos durante o teste.

- **Tubulação.** Coluna de tubos até a superfície.

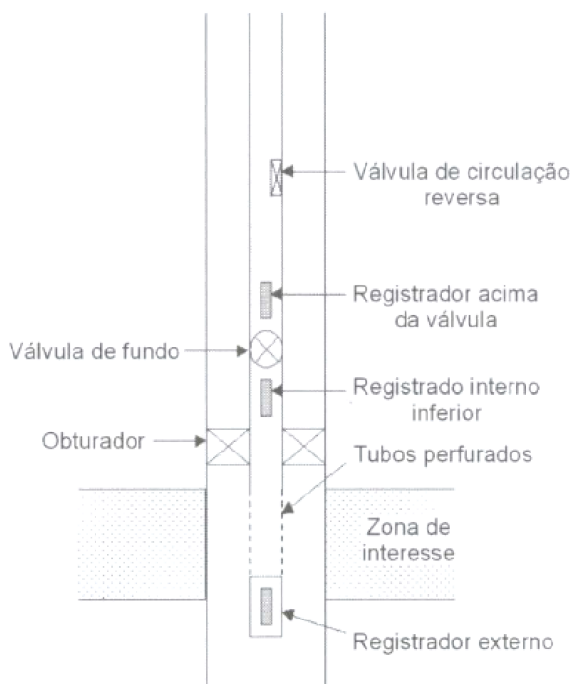


Figura 1: Esquema de uma coluna típica de teste de formação. Fonte: Thomas, 2001

Na figura 02 podem ser acompanhadas as diversas fases do teste e respectivos diagramas de pressão (pressão versus tempo) obtidos pelo registrador externo. Nos diagramas da figura 02 o deslocamento horizontal (da esquerda para a direita)

representa a passagem do tempo, enquanto que a distância vertical, medida em relação à linha base traçada na superfície (linha de pressão atmosférica), é proporcional à pressão atuante no registrador.

Antes da descida da coluna de teste, o poço está cheio de fluido de amortecimento – fluido de perfuração ou de completação com peso suficiente para conter os fluidos das formações.

Durante a descida da coluna, o fluido de amortecimento penetra pelos tubos perfurados e sai pelos orifícios de uma válvula de desvio (by-pass) localizada acima do obturador. A válvula testadora está fechada, e, portanto, a tubulação acima desta é manda vazia.

Na figura 02.a a ferramenta atingiu a profundidade de assentamento do obturador. O diagrama de pressão mostra o aumento da pressão hidrostática exercida pelo fluido de amortecimento, desde a superfície (onde é zero) até a posição de teste, onde é máxima (PHI é a pressão hidrostática inicial).

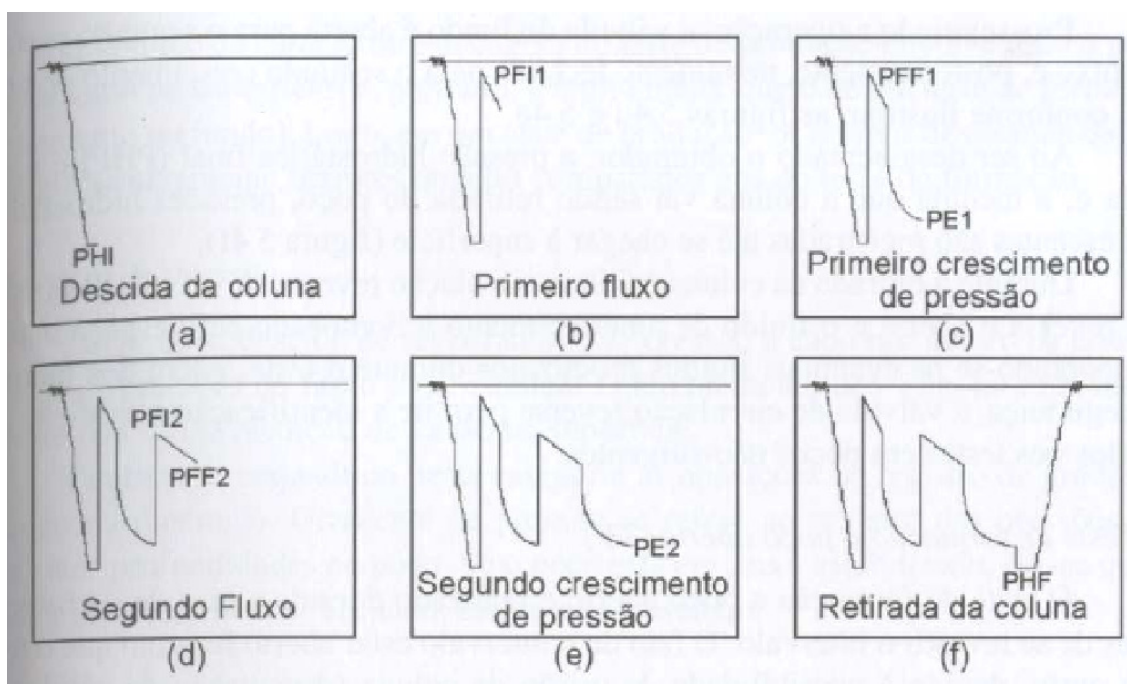


Figura 2: Carta típica de um registrador de pressão externo. Fonte: Thomas, 2001

Após a instalação dos equipamentos de superfície – que permitirão o controle, a medição e o descarte dos fluidos porventura produzidos – o obturador é assentado, isolando o intervalo a ser testado da pressão do fluido de amortecimento. Imediatamente

entra em ação um mecanismo de retardo na válvula de fundo, a qual se abre após alguns minutos. Neste instante, o fluido de completção existente abaixo do obturador se expande para dentro da coluna, liberando a formação da pressão hidrostática. Tem início, então, o primeiro período de fluxo. No diagrama de pressão, a pressão cai de PHI até PFI (pressão de fluxo inicial) quase instantaneamente, pois a formação é comunicada com a pressão atmosférica através da coluna vazia.

À medida que os fluidos vão sendo produzidos, os registradores acusam o aumento da pressão devido ao crescimento de coluna de fluido dentro da tubulação (figura 02.b). Durante os períodos de fluxo, o sopro deve ser observado, e se houver produção de líquido ou gás na superfície, deve ser medida.

Após o primeiro fluxo, a válvula de fundo é novamente fechada e o registrador começa a registrar o primeiro crescimento de pressão, como mostra a figura 02.c. O último ponto registrado do crescimento de pressão é denominado PE1 (pressão estática 1). Durante o período de fechamento, o registrador acima da válvula deverá registrar uma pressão constante e igual à última pressão do fluxo (PFF).

Prosseguindo a operação, a válvula de fundo é aberta para o segundo período de fluxo e, posteriormente, novamente fechada para o segundo crescimento de pressão, conforme ilustram as figuras 02.d e 02.e.

Ao ser desassentado o obturador, a pressão hidrostática final (PHF) é registrada e, à medida que a coluna vai sendo retirada do poço, pressões hidrostáticas decrescentes são registradas até se chegar na superfície (figura 02.f).

Durante a retirada da coluna é feita a circulação reversa. A válvula de circulação reversa é aberta e o fluido de amortecimento é bombeado pelo espaço anular, recuperando-se os eventuais fluidos produzidos durante o teste. Além dos motivos de segurança, a válvula de circulação reversa permite a identificação e medição dos fluidos nos testes em poços não-surgentes.

Capítulo 4

Atividades Realizadas

4. Atividades Realizadas

4.1. NEST – New Employee Safety Training

Para novos colaboradores, a Schlumberger oferece um treinamento mínimo obrigatório de segurança – NEST (Treinamento de Segurança para Novos Empregados).

No primeiro dia de treinamento foi demonstrado o programa QHSE (Quality, Healty, Safety and Environment), um princípio utilizado em toda empresa. Como o próprio nome explica, preocupa-se ao mesmo tempo com a qualidade, saúde, segurança e meio-ambiente no desempenho das atividades.

No segundo dia os tópicos apresentados foram “Observação e Intervenção”, “EPI”, “Direção Defensiva” e “Segurança pessoal”. O primeiro tópico fala sobre a observação das atitudes dos outros funcionários e a intervenção caso essa atitude esteja errada, visando assim à segurança de todos. O segundo tópico fala sobre os equipamentos de proteção individual e a obrigação de usá-los na empresa. O terceiro tópico apresentado foi Direção Defensiva, visto que o maior número de mortes na indústria do petróleo ocorre em acidentes automobilísticos. O último tópico mostrou técnicas para a segurança pessoal do colaborador.

No terceiro dia foram apresentados os assuntos “Identificação de Perigo”, “Meio Ambiente” e “Resposta de Emergência”. Na ocasião, houve uma introdução ao sistema de identificação, redução e informação dos riscos no ambiente de trabalho, como também a resposta de emergência para esses riscos.

No quarto dia foram apresentados os temas: “Primeiros Socorros”, “Materiais Perigosos”, e também “*Accountability*”, que é o código de responsabilidade ao qual todos os funcionários da empresa estão submetidos.

No quinto e último dia, o tópico apresentado foi segurança do trabalho, tanto para colaboradores que trabalham em escritório como para aqueles que trabalham na área de operação. Foram apresentadas técnicas de como se caminhar carregando pesos, métodos de abaixar-se para levantar algo pesado e técnicas de movimentação de cargas. Além do NEST, na rede interna da empresa podem-se encontrar treinamentos online mais específicos para cada setor.

4.2. Atividade Teórica – Estudo DST

Drill Stem Testing (DST) é uma completação temporária através de ferramentas de fundo para controlar o poço, fazendo aquisição de dados para, desta forma, estimar a produtividade do reservatório.

Um teste de reservatório só pode ser realizado em condições dinâmicas, ou seja, o reservatório deve ser exposto a um distúrbio que cause uma variação em sua pressão.

Essa variação de pressão é registrada e interpretada juntamente com as medições de vazão, essas informações irão definir os parâmetros e a geometria do reservatório.

A forma como é criado um distúrbio na pressão do reservatório vai depender de quanto tempo o reservatório está produzindo ou a quanto tempo está fechado:

- Se o reservatório está fechado por longo tempo, o melhor caminho para se criar um distúrbio na pressão é fluir o poço, essa operação é chamada de *drawdown*.
- Se o reservatório está fluindo por longo tempo a melhor opção é fechar o poço para se criar um *buildup*. O distúrbio de pressão pode ser obtido também através da variação (aumento ou redução) de vazão durante o fluxo.

Testes de produção são realizados para:

- Identificar fluidos produzidos e determinar seus respectivos fatores de volume.
- Medir pressão e temperatura do reservatório.
- Obter amostras para PVT
- Determinar a produtividade do reservatório
- Identificar o dano na formação
- Avaliar o tratamento de estimulação

Objetivos de DST são:

- Isolar a zona a ser testada
- Monitorar a resposta dinâmica do reservatório
- Obter dados de fundo
- Controle de fluxo
- Controle do poço

Para a realização dessa atividade são necessárias diversas ferramentas na coluna de teste. Uma das etapas do estágio foi o estudo dessas ferramentas.

4.2.1. Packer

O *Packer*, ou obturador, é um dispositivo que promove selo entre o poço e as paredes do casing, isolando as zonas acima e abaixo dele. O packer também tem como função segurar a coluna de teste. A figura 03 mostra um desenho ilustrativo do Packer.

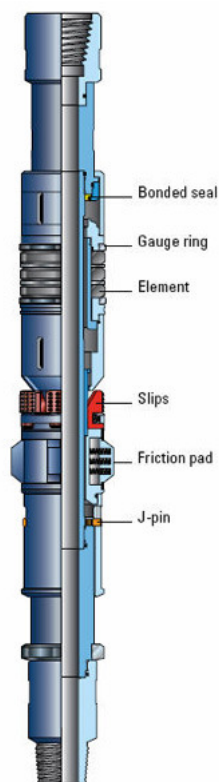


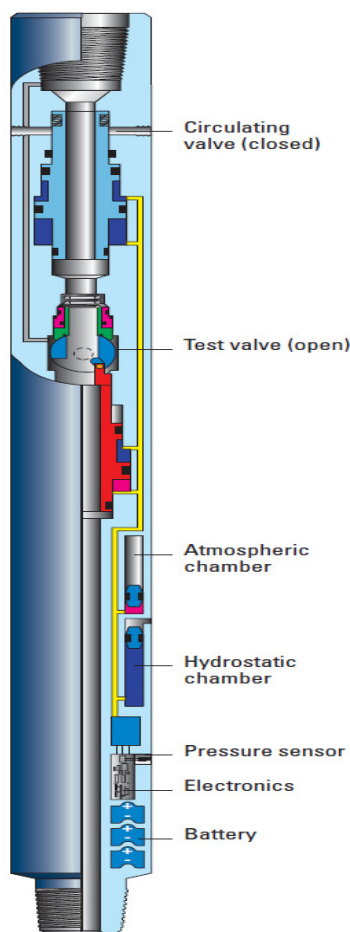
Figura 3: FlexPac Packer. Fonte: Site SLB

4.2.2. Válvula de Teste

A *Intelligent Remote Dual Valve (IRDV)*, é uma ferramenta que combina duas válvulas: uma válvula de teste (controla o fluxo da formação em teste, que vai da coluna até a superfície) e uma válvula de circulação (controla o fluxo entre o anular e coluna de teste).

Ambas as válvulas podem realizar ciclos de forma independente, utilizando o princípio de operação IRIS (Intelligent Remote Implementation System). Os comandos de controle são enviados a partir da superfície na forma de pulsos de pressão no anular. Os pulsos são detectados pelo transdutor de pressão na ferramenta. O microcomputador da ferramenta analisa os pulsos de pressão para diferenciar os comandos da IRDV de outros eventuais comandos de pressão durante o trabalho. Quando um comando da ferramenta é detectado, o microcomputador instrui a parte hidráulica da ferramenta para abrir ou fechar a válvula apropriada.

Dentro do microcomputador, a ferramenta IRDV (figura 04) tem uma extensa biblioteca de comando da ferramenta que é projetado para maximizar a eficiência do trabalho, flexibilidade e segurança.



IRDV intelligent remote dual valve.

Figura 4: IRDV. Fonte: Site SLB

4.2.3. TFTV

A *Tubing/Fill Test Valve* (TFTV) serve como meio de preenchimento e teste de pressão da coluna com fluido enquanto a coluna é descida no poço. À medida que a coluna desce, o fluido entra através das portas de *bypass* da ferramenta.

A ferramenta (figura 05) é operada por aplicação de pressão no anular. Uma vez que ela já testou toda a coluna, ela pode ser ativada, permanecendo travada aberta e com *bypass* fechado.

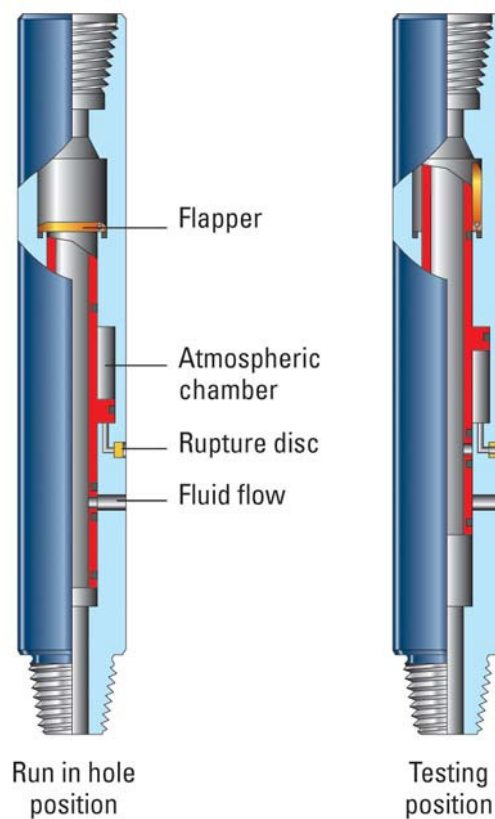


Figura 5: TFTV. Fonte: Site SLB

4.2.4. JAR

O JAR hidráulico (figura 06) é uma ferramenta de grande importância para qualquer tipo de teste com coluna de DST. Se o *packer* ou a cauda da coluna ficarem presos, o JAR pode ser usado para prover um impacto para cima de forma a liberar a coluna de teste.

A ferramenta é basicamente composta de duas partes: um *mandril* que fica conectado à cauda da coluna (parte inferior) e um *housing* fixo ao restante da coluna (parte superior).

O *housing* pode mover-se para cima e para baixo em relação ao *mandril*. Entre o *housing* e o *mandril* há uma câmara de óleo hidráulico separada em parte superior e inferior. Uma vez que a coluna é tracionada, o *housing* move-se para cima em relação ao *mandril* e o óleo do JAR é transferido da câmara superior para a inferior, até que as duas câmaras se comuniquem e ocorra o impacto desejado. Este processo pode ser repetido quantas vezes for necessário.

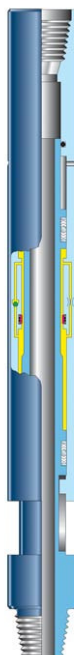


Figura 6: JAR. Fonte: Site SLB

4.2.5. Slip Joint

O *Slip Joint* (figura 07) é uma ferramenta que compensa os efeitos de contração e expansão na coluna de teste. A coluna de teste estará presa em dois pontos (na cabeça do poço e no *packer*) e durante o teste de pressão ela estará submetida a efeitos da pressão e temperatura. Dessa forma o *Slip Joint* tem que ser colocado na coluna de teste. Conseqüências da expansão são rompimento e curvatura da coluna. Já a contração resulta em uma força que puxa o *packer*, o que não é desejado durante o teste.

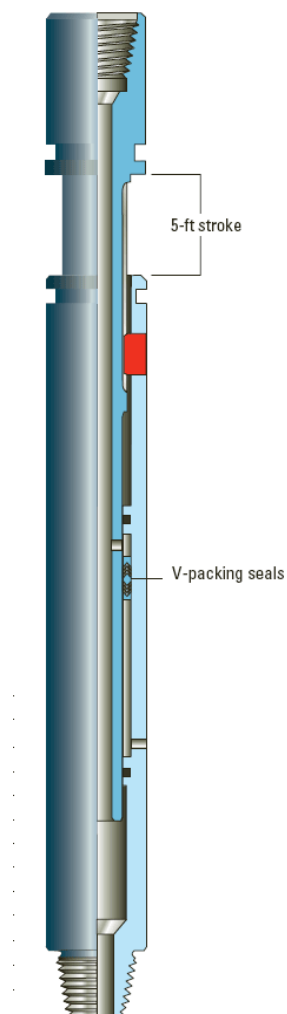


Figura 7: Slip Joint. Fonte: Site SLB

4.2.6. Safety Joint

A junta de segurança (*Safety Joint*) permite a liberação rápida da coluna de DST no caso em que as ferramentas abaixo dela fiquem presas.

A ferramenta (figura 08) possui uma rosca de passo largo para suportar o peso da coluna e permitir fácil desconexão e reconexão.

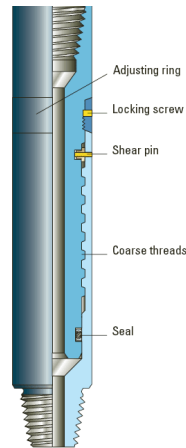


Figura 8: Safety Joint. Fonte: Site SLB

4.2.7. Válvulas de Segurança

As válvulas de fundo de segurança descem no poço na posição aberta e são permanentemente fechadas em resposta a aplicação de uma sobrepressão. O *mandril* de operação é balanceado para a pressão de coluna e fica fixo na posição aberta, evitando fechamento indevido

Após a ruptura de um disco, a pressão hidrostática é aplicada ao mandril de operação, fechando a válvula. O mandril de operação trava a válvula na posição fechada, evitando que esta reabra até que a ferramenta chegue à superfície. A figura 09 mostra duas dessas válvulas: SBSV e PTSV

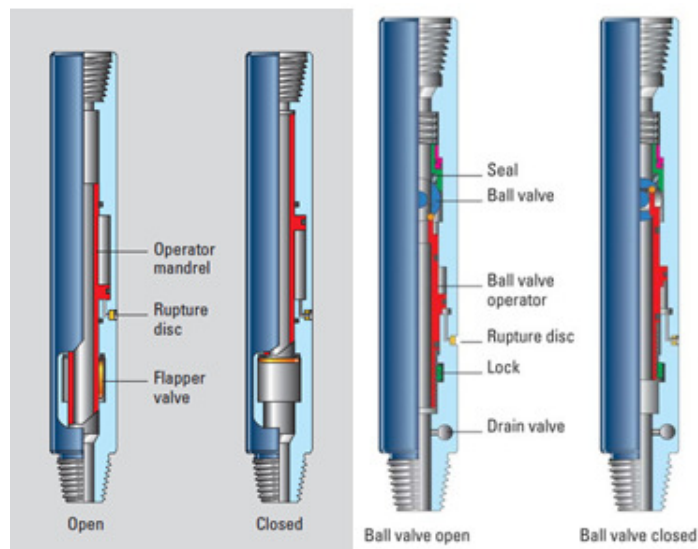


Figura 9: SBSV e PFSV. Fonte: Site SLB

4.2.8. Válvula de Circulação Reversa

A *Single Shot Hydrostatic Reversing Valve* (SHRV) (figura 10) é uma ferramenta de atuação única, ou seja, uma vez operada (aberta), não pode ser fechada novamente se a ferramenta estiver no poço. É normalmente utilizada ao final do trabalho, para realização da circulação reversa.

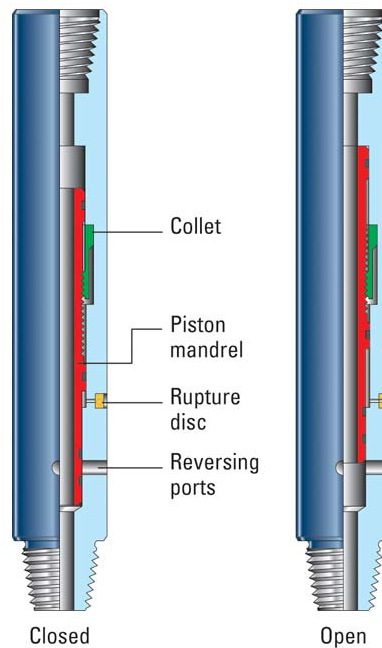


Figura 10: SHRV. Fonte: Site SLB

4.3. Atividade Prática

Além do estudo teórico, durante o estágio foi realizado a manutenção de todas as ferramentas citadas acima. Como as ferramentas são descidas no poço de petróleo sempre após serem utilizadas necessitam de manutenção.

A alta temperatura e pressão que a coluna é submetida, aliada ao ambiente extremamente salino e úmido da plataforma, geram uma grande camada de oxidação. A manutenção geralmente consiste numa limpeza da ferramenta, troca de algumas partes quando necessário, troca dos *o'rings* (anéis de vedação para evitar que o fluido do poço entre no interior da ferramenta) e proteção do metal com graxa ou outros produtos, principalmente a região da rosca.

Após a ferramenta ser montada, é realizado o teste de pressão para averiguar se a ferramenta possui algum vazamento.

Capítulo 5

Conclusão

5. Conclusão

A experiência profissional vivenciada na Schlumberger proporcionou um melhor aproveitamento quanto à prática dos conhecimentos estudados no curso de Engenharia Química.

Todo o trabalho realizado durante os três meses de estágio foi bastante esclarecedor a respeito dos testes de poços de petróleo e da complexidade em executá-los. Ficou evidente a responsabilidade que essa área de atuação exige, principalmente com relação à segurança dos colaboradores e da qualidade dos serviços da empresa.

Desta forma, as atividades realizadas durante o período de estágio foram de grande importância na formação de engenheiro, tanto pelo aspecto técnico, como também do ponto de vista de trabalhar em uma empresa multinacional, respeitando todas suas políticas e regras.

Capítulo 6

Referências Bibliográficas

6. Referências Bibliográficas

INTERNET:

SCHLUMBERGER. Disponível em: <http://www.slb.com> Último acesso em: 5 de junho de 2011.

LIVROS:

THOMAS, J. E. *Fundamentos Engenharia de Petróleo*. Rio de Janeiro. Interciência, 2001.